



UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

FACULTAD DE MEDICINA



CÁTEDRA DE HISTORIA DE LA MEDICINA

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA MÁQUINA DE
ANESTESIA. INTRODUCCIÓN DE LA
VENTILACIÓN ARTIFICIAL

Tesis que, para optar al Grado de Doctor, presenta al Claustro de
la Universidad de Cádiz, el Licenciado en Medicina y Cirugía

D. Pablo Romero Ávila

Dirigida por los Drs. D. Juan Rafael Cabrera Afonso y

D. Carlos Márquez Espinós

2021



FACULTAD DE MEDICINA
DE LA
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plaza Fragela, s/n.
11003 CÁDIZ

JUAN RAFAEL CABRERA AFONSO, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA Y
CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD NUMERARIO (JUBILADO) DE HISTORIA DE LA
MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ,

CERTIFICA : Que D. Pablo ROMERO ÁVILA, Licenciado en Medicina y Cirugía, ha
realizado bajo su dirección las labores encaminadas a la culminación de la
Tesis Doctoral sobre el tema: *Evolución Histórica de la Máquina de
Anestesia. Introducción de la Ventilación Artificial*, que reúne las
condiciones necesarias para ser defendida ante el tribunal
correspondiente.

Lo que certifica, para unir al original de su estudio, en Cádiz, a
Treinta de Junio del Dos Mil Veintiuno.



FACULTAD DE MEDICINA
DE LA
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
Plaza Fragela, s/n.
11003 CÁDIZ

CARLOS MÁRQUEZ ESPINÓS, DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA Y PROFESOR COLABORADOR HONORARIO DE HISTORIA DE LA MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ,

CERTIFICA : Que D. Pablo ROMERO ÁVILA, Licenciado en Medicina y Cirugía, ha realizado bajo su dirección las labores encaminadas a la culminación de la Tesis Doctoral sobre el tema: *Evolución Histórica de la Máquina de Anestesia. Introducción de la Ventilación Artificial*, que reúne las condiciones necesarias para ser defendida ante el tribunal correspondiente.

Lo que certifica, para unir al original de su estudio, en Cádiz, a Treinta de Junio del Dos Mil Veintiuno.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Cabrera Afonso, director de esta tesis, por permitirme la oportunidad de realizar este trabajo bajo su tutela.

Al Dr. Márquez Espinós, codirector de la tesis, por su orientación y sus consejos, tanto en este proyecto de investigación, como en otros ámbitos del trabajo y de la vida.

A Mónica Croni y Christine Ball, del Geoffrey Kaye Museum of Anaesthetic History, por su ayuda y colaboración en la cesión de imágenes.

A Claudia Bustos, de la Universidad de Talca de Chile, por la cesión de sus dibujos.

A mis compañeros de trabajo, actuales y pasados, por ayudarme a crecer personal y profesionalmente.

A mis padres, a quien les debo todo lo que soy.

A mis hermanos, por haber sido mis mejores compañeros de infancia.

A mis familiares y amigos más cercanos, por el cariño constante.

Y, por último, a mi compañera de vida, Maricarmen, por su amor y su apoyo, y por haberme dado lo mejor de mi vida, nuestros hijos Pablo y Alejandra.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Génesis, motivación y objeto del trabajo.	3
1.2. Límites geográficos y cronológicos.	4
1.3. Historia de la cuestión.	6
1.4. Hipótesis y objetivos	11
2. MATERIAL Y MÉTODO	13
2.1. MATERIAL	15
2.2. MÉTODO	16
2.3. FUENTES IMPRESAS	16
2.3.1. Fuentes primarias.....	16
2.3.2. Fuentes secundarias.....	34
3. ESTUDIO CRÍTICO	43
3.1. SIGLO XIX: DESARROLLO DE LA ANESTESIA INHALATORIA	45
3.1.1. Antecedentes.....	45
3.1.2. Demostración pública de Morton (1846). El primer aparato de anestesia	49
3.2. INHALADORES TEMPRANOS	56
3.2.1. Precursores.....	56
3.2.2. Inhalador de éter de Squire	57
3.2.3. Inhalador de éter de Robinson	59
3.2.4. Otros inhaladores tempranos de Inglaterra	62
3.2.5. Llegada de la anestesia a España. Primeros aparatos para la anestesia etérea	65
3.2.6. Aparato de éter de Snow	66
3.2.7. La anestesia en Francia. Aparato de Charrière.....	70
3.3. INTRODUCCIÓN DEL CLOROFORMO POR SIMPSON	76
3.3.1. Métodos abiertos. Máscaras faciales y técnicas de goteo	77
3.3.1.1. Máscara de Skinner	78
3.3.1.2. Máscara de Murray.....	79
3.3.1.3. Máscara de Von EsMarch.....	81
3.3.1.4. Máscara de Julliard.....	81
3.3.1.5. Máscara de Schimmelbusch	82
3.3.1.6. Máscara de Kocher.....	83

3.3.2. Inhaladores de cloroformo	84
3.3.2.1. Inhalador de cloroformo de Murphy	84
3.3.2.2. Inhalador de cloroformo de Snow	85
3.3.2.3. Aparato de cloroformo de Clover	87
3.3.2.4. Inhalador de cloroformo de Sansom	89
3.3.2.5. Inhalador de cloroformo de Junker	91
3.3.2.6. Inhaladores de cloroformo desarrollados en Francia	94
3.3.2.6.1. Aparato de Elser	94
3.3.2.6.2. Aparatos de Charrière para el cloroformo	95
3.3.2.6.3. Aparato de Louis Mathieu	99
3.3.2.6.4. Inhalador de Alphonse Amussat	101
3.3.2.6.5. Inhalador nasal de Auguste Faure	102
3.3.3. La llegada del cloroformo a España	103
3.4. INTRODUCCIÓN DEL ÓXIDO NITROSO. INHALADORES COMPLEJOS	105
3.4.1. Inhalador secuencial de óxido nitroso/éter de Clover	105
3.4.2. Inhalador de éter regulador portátil de Clover	108
3.4.3. Aparato de Hewitt para la anestesia con óxido nitroso-oxígeno	113
3.4.4. Modificaciones del inhalador de éter regulador portátil de Clover	117
3.4.4.1. Aparato de éter de Wilson Smith	117
3.4.4.2. Modificación de Hewitt del inhalador de éter de Clover	118
3.4.4.3. Aparato de Ombredanne	119
3.4.5. Inhalador de cloroformo de Vernon-Harcourt	123
3.4.6. Inhalador de Levy	128
3.4.7. Inhaladores complejos en España	130
3.5. DISPOSITIVOS DE ANESTESIA: MÁQUINAS DE GAS	132
3.5.1. Aparato de oxígeno y cloroformo de Roth-Dräger	132
3.5.2. Aparato de Teter	135
3.5.3. Anesthetizer: aparato de Óxido Nitroso/Oxígeno de Heidbrink	137
3.5.4. Aparato de óxido nitroso-oxígeno de Neu. Introducción de los rotámetros	139
3.5.5. Aparato de óxido nitroso-oxígeno de McKesson	142
3.5.6. Aparato de Cotton-Boothby	145
3.5.7. Aparato de óxido nitroso-oxígeno de Gwathmey	148
3.5.8. Aparato de Jackson	150

3.5.9. Aparato de Boyle	154
3.5.10. Aparato de Marshall.....	159
3.5.11. Aparato de circuito circular cerrado de Sword.....	161
3.5.12. Década de 1930: de las máquinas de gas al nacimiento de las estaciones de trabajo de anestesia “Workstation”. Avances en los medidores de flujo	164
3.6. INTRODUCCIÓN DE LA VENTILACIÓN ARTIFICIAL.....	170
3.6.1. Orígenes y desarrollo de la ventilación mecánica.....	170
3.6.2. Siglo XIX: ostracismo de la presión positiva y apogeo de la ventilación con presión negativa.....	176
3.6.3. Introducción de la ventilación mecánica en procedimientos quirúrgicos.....	181
3.6.3.1. Aparatos de insuflación endotraqueal.....	190
3.6.3.1.1. Máquina de Kelly-Mott para la insuflación endotraqueal	191
3.6.3.1.2. Aparato de insuflación endotraqueal de Shipway	193
3.6.3.1.3. Aparato de insuflación endotraqueal de Magill.....	198
3.6.4. Incorporación del ventilador a la máquina de anestesia.....	199
3.7. VAPORIZADORES MODERNOS.....	211
3.7.1. Vaporizador Oxford	211
3.7.2. Vaporizador O.M.O	214
3.7.3. Vaporizador Copper Kettle de Morris.....	216
3.8. HISTORIA DE LOS ANESTÉSICOS INHALATORIOS	221
3.8.1. Éter.....	221
3.8.2. Cloroformo.....	222
3.8.3. Óxido nitroso	223
3.8.4. Amileno	225
3.8.5. Cloruro de etilo	226
3.8.6. Etileno.....	227
3.8.7. Acetileno.....	228
3.8.8. Ciclopropano.....	229
3.8.9. Halotano.....	230
3.8.10. Éteres Fluorados.....	231
3.8.10.1. Metoxiflurano	231
3.8.10.2. Éteres fluorados modernos.....	232
3.9. MONITORIZACIÓN	234
3.9.1. Monitorización cardiovascular.....	235

3.9.1.1. Medición indirecta de la presión arterial.....	235
3.9.1.2. Electrocardiografía.....	236
3.9.2. Pulsioximetría	238
3.9.3. Temperatura	239
3.9.4. Monitorización de la profundidad anestésica.....	240
3.9.5. Monitorización de la relajación muscular	242
3.10. TECNOLOGÍA RELACIONADA CON LA VÍA AÉREA	245
3.10.1. Intubación endotraqueal.....	245
3.10.2. Dispositivos extraglóicos.....	258
4. CONCLUSIONES	261
5. FIGURAS Y LEYENDAS	267
6. BIBLIOGRAFÍA	289

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Génesis, motivación y objeto del trabajo.

El «aparato de anestesia» es una pieza indispensable en la práctica de la Anestesiología en la actualidad. Los aparatos de anestesia han evolucionado desde simples inhaladores hasta lo que hoy se denominan «estaciones de trabajo de anestesia», que incluyen junto al equipo de anestesia propiamente dicho, la monitorización asociada y los sistemas de alarma y protección.

El equipo de anestesia está formado por el sistema de aporte de gases frescos (oxígeno, aire y óxido nitroso), el vaporizador o vaporizadores anestésicos, el circuito anestésico, el ventilador o respirador, y los componentes para la energía motriz (suministro eléctrico o neumático)¹.

El ventilador es un elemento esencial de estos equipos, una herramienta indispensable en la Anestesiología y Reanimación modernas. Hoy día es inconcebible la posibilidad de realizar una Cirugía Mayor sin un adecuado soporte ventilatorio en un paciente sometido a anestesia general. Sin embargo, esto no siempre ha sido así. Tras el descubrimiento de la anestesia inhalatoria, a mediados del siglo XIX, la cirugía experimentó un gran desarrollo. No obstante, con relativa frecuencia se produjeron fatales resultados debidos a un inadecuado soporte respiratorio, ya que estas intervenciones se realizaron inicialmente con ventilación espontánea y, posteriormente con ventilación asistida².

La introducción de la anestesia locorregional permitió la realización de numerosas intervenciones quirúrgicas con el paciente en respiración espontánea, aunque determinados procedimientos quirúrgicos no pudieron ser abordados únicamente con estas técnicas, especialmente la cirugía de cavidades (abdominal, craneal y torácica). Este hecho limitó el progreso de la Cirugía Abdominal Mayor, Neurocirugía, Cirugía Cardíaca y Cirugía Torácica.

En ese sentido, la integración del ventilador en la máquina de anestesia resultó fundamental para el desarrollo de este tipo de operaciones quirúrgicas. Por otra parte, la

¹ SORO, M., BELDA, F.J., LLÓRENS, J., JOVER, J.L., MARTÍ, F. (2009) “Estructura de los equipos de anestesia”. En: BELDA, F.J., LLÓRENS, J. (Eds). *Ventilación Mecánica en anestesia y cuidados críticos*. Madrid: Arán. p.313-349.

² En el siglo XVIII, con el auge de la reanimación, se describieron los métodos de ventilación asistida, como el boca a boca, la ventilación por medio de fuelles, o la ventilación a través de bolsa reservorio, como la que incorporaba el sistema de ventilación de François Chaussier (1746-1828), obstetra francés, en 1780. Referencia: MATIOC, A. (2016) “An Anesthesiologist’s Perspective on the History of Basic Airway Management. The ‘Preanesthetic’ Era – 1700 to 1846”. *Anesthesiology*;124(2):301-311.

incorporación de la monitorización en estos equipos fue crucial para el crecimiento de la Cirugía como una práctica segura.

El objeto de esta Tesis Doctoral es describir la evolución histórica del aparato de anestesia y la integración temporal de sus diferentes componentes, abordando la influencia de la ventilación artificial en el desarrollo de la máquina de anestesia.

En nuestra investigación nos centraremos en aquellos dispositivos que alcanzaron mayor popularidad o que introdujeron un avance tecnológico considerable.

1.2.- Límites geográficos y cronológicos.

Nuestro estudio comienza con el primer inhalador para éter sulfúrico utilizado en la primera anestesia general inhalatoria, el año 1846, y se extiende hasta la integración del ventilador en la mesa de anestesia, hecho ocurrido en la década de 1950 a 1960. Para ello nos hemos centrado fundamentalmente en su utilización en los Estados Unidos de Norteamérica y en otros países del mundo occidental, especialmente europeos.

El inicio de la ventilación artificial hay que situarlo en el siglo XVIII, en el contexto de las investigaciones realizadas para la reanimación de la muerte aparente (ahogados, intoxicados, etc.), a través de la insuflación de aire con presión positiva. Algunos investigadores, como John Fothergill (1712-1780), señalaron la posibilidad de lesionar el pulmón con el empleo de presiones elevadas a través de fuelles, por lo que desaconsejaron su uso³.

En 1827, Jean Jacques Joseph Leroy d'Étiolles (1798-1860) demostró experimentalmente que la ventilación con presión positiva podía provocar la rotura del alveolo y producir graves consecuencias, incluida la muerte⁴. Por este motivo, a partir los estudios de Leroy d'Étiolles la ventilación con presión positiva fue relegada por la ventilación con presión negativa, basada en la aplicación de una presión negativa alrededor del tórax que determinaba la expansión del mismo (si consideramos la presión atmosférica de referencia con un valor de 0, al generar presión negativa alrededor de la cavidad torácica el aire entrará a los pulmones por un gradiente de presión hasta que ambas presiones se igualen).

La ventilación con presión negativa fue la modalidad predominante durante el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. No obstante, la presión positiva se mantuvo en algunos ámbitos

³ WHITEHEAD, T., SLUTSKY, A.S. (2002) "The pulmonary physician in critical care * 7: ventilator induced lung injury". *Thorax*;57(7):635-642.

⁴ LEROY-D'ÉTIOLLES, J.J.J. (1827) "Recherches sur l'asphyxie". *Journal de physiologie*;7:45-65.

de actuación. En 1887, George Fell (1849-1918) fabricó un aparato de ventilación positiva para asistir a pacientes con parálisis respiratoria por sobredosis de opiáceos⁵, y más tarde Joseph O'Dwyer (1841-1898) lo adaptó para su uso en pacientes pediátricos aquejados de crup⁶.

Por otra parte, algunos cirujanos vieron en la ventilación con presión positiva una posible solución al principal problema al que se enfrentaban tras la apertura de la pleura: la instauración de un neumotórax que producía el colapso del pulmón expuesto, y que limitaba o impedía el abordaje de la cavidad torácica. Los cirujanos franceses Théodore-Marin Tuffier (1857-1929) y Louis Hallion (1862-1940), en 1896, y el estadounidense de origen español Rudolph Matas (1860-1957), en 1900, llevaron a cabo con éxito el abordaje de la cavidad torácica en pacientes sometidos a ventilación artificial con presión positiva⁷.

Durante el primer cuarto del siglo XX, varios autores como los neoyorquinos Natan W. Green (1871-1955) y Henry H. Janeway (1873-1921), o los doctores de Boston Frederic J. Cotton (1869-1938) y Walter M. Boothby (1880-1953), respaldaron el uso de la ventilación artificial con presión positiva intraoperatoria, incluso para abordajes diferentes al de la cavidad torácica, y apareció una modalidad anestésica conocida como anestesia por insuflación endotraqueal⁸.

A pesar de ello, el ventilador continuaba siendo un elemento poco habitual en las salas de operaciones fuera del ámbito de la Cirugía Torácica. En esta especialidad se hizo especialmente popular en Suecia y Dinamarca con la introducción del *Spiropulsator* en los años treinta⁹.

La introducción del curare en cirugía en los años cuarenta, y la imposición de la ventilación con presión positiva sobre la ventilación con presión negativa durante la epidemia de poliomielitis de Copenhague de 1952, determinaron la integración definitiva del ventilador en el aparato de anestesia, proceso que se completó en la década de 1960.

⁵ TRUBUHOVICH, R.V. (2007) "19th century pioneers of intensive therapy in North America. Part 1: George Edward Fell". *Crit Care Resusc*;9:377-393.

⁶ SPERATI, G., FELISATI, D. (2007) "Bouchut, O'Dwyer and laryngeal intubation in patients with croup". *Acta Otorhinolaryngol Ital*;27:320-323.

⁷ TUFFIER, T., HALLION, L. (1896) "Respiration artificielle par insufflations pulmonaire dans certaines opérations intrathoraciques". *Gaz Hebd Med Chir*;43:1131; MATAS, R. (1900) "Intralaryngeal insufflation". *JAMA*;1468-1473.

⁸ GREEN, N.W., JANEWAY, H.H. (1910) "Artificial respiration and intrathoracic oesophageal surgery". *Ann Surg*;52:58-66; COTTON, F.J., BOOTHBY, W.M. (1913) "Intratracheal Insufflation Anaesthesia: Considered from its Physiological and Clinical Aspects". *Ann Surg*;57(1):43-63.

⁹ MOERCH, E.T. (1948) "Controlled Respiration by Means of Special Automatic Machines as Used in Sweden and Denmark". *Anaesthesia*;3:4-11.

1.3.- Historia de la cuestión

Diversos autores han abordado el desarrollo histórico del aparato de anestesia y de la ventilación artificial. Sin embargo, no son muchos los autores que estudian estos aspectos de forma conjunta. Hemos de destacar que en las búsquedas bibliográficas que hemos realizado no hemos encontrado estudios que aborden el proceso de integración del ventilador en la máquina de anestesia.

Los principales estudios que abordan la ventilación mecánica y los respiradores en Anestesiología son los siguientes:

- 1968. H.G. Epstein y A.R. Hunter publicaron en el '*British Journal of Anaesthesia*' un trabajo de revisión sobre el desarrollo de la máquina de anestesia moderna. Dicha revisión comienza en 1893, con el aparato de Hewitt, y termina en la década de 1960. Sin embargo, estos autores se centran fundamentalmente en los vaporizadores y circuitos anestésicos¹⁰.
- 1971, A. Barrington Baker publicó en la revista '*Medical History*', con sede en Cambridge (Reino Unido), un artículo de revisión sobre la ventilación artificial. En él recoge la historia de la ventilación artificial en diferentes campos de la Medicina, incluida la Cirugía¹¹.
- 1975. K. Bryn Thomas publicó en Reino Unido un libro muy completo sobre el desarrollo del aparato de anestesia, en el que se describen la mayor parte de los modelos más característicos hasta la década de 1930¹².
- 1976. También en Reino Unido, C.H. Woollam llevó a cabo un extenso trabajo de revisión sobre los aparatos para la ventilación mecánica con presión negativa, desde 1832 hasta 1976. Dicho trabajo fue publicado en dos números sucesivos de la revista '*Anaesthesia*'¹³.
- 1980. Estados Unidos. Vincent J. Collins, en la segunda edición de su tratado de Anestesiología, cuyo primer capítulo estaba dedicado a la historia de la anestesia, elaboró una clasificación del aparato de anestesia por etapas, desde 1846 hasta 1945¹⁴.

¹⁰ EPSTEIN, H.G, HUNTER, A.R. (1968) "Anaesthetic apparatus. A Pictorial Review of the Development of the Modern Anaesthetic Machine". *Br J Anaesth*;40:636-647.

¹¹ BAKER, A.B. (1971) "Artificial Respiration, the history of an idea". *Med His*;15(4):336-351.

¹² THOMAS, K.B. (1975) *The development of Anaesthetic Apparatus. A history based on the Charles King Collection of the Association of anaesthetists of Great Britain and Ireland*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

¹³ WOOLLAM, C.H. (1976) "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (1) 1832-1918". *Anaesthesia*;31(4):537-547; WOOLLAM, C.H. (1976) "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (2) 1919-1976, with special reference to the development and uses of cuirass respirators". *Anaesthesia*;31(5):666-685.

¹⁴ COLLINS, V.J. (1980) *Anestesiología*, (2ª ed.). México D.F.: Interamericana. p.8-9.

- 1985. P.W. Thompson y D.J. Wilkinson publicaron en la revista '*British Journal of Anaesthesia*' un artículo sobre el desarrollo de las máquinas de anestesia hasta la década de 1930¹⁵.
- 1987. Clayton Petty publicó también en Estados Unidos un libro sobre la máquina de anestesia. El primer capítulo de este manual presenta una revisión didáctica de la evolución de la máquina de anestesia hasta la incorporación del vaporizador *Copper Kettle*, en 1952. Este vaporizador es considerado el prototipo sobre el que se desarrollaron los vaporizadores actuales¹⁶.
- 1991. D.J. Wilkinson volvió a publicar en Reino Unido un artículo sobre la evolución de la máquina de anestesia, en la revista '*Current Anaesthesia and Critical Care*'. En este trabajo de revisión Wilkinson señala que el ventilador comenzó a ser un componente más en estas máquinas a partir de la década de 1950, aunque no profundiza en este tema¹⁷.
- 1992. Steven J. Somerson y Michael R. Sicilia publicaron en '*AANA Journal*', la revista de la Asociación Americana de Enfermería de Anestesia, con sede en Illinois (EEUU), un artículo sobre las perspectivas históricas en el desarrollo y uso de la ventilación mecánica. En este trabajo se exponen algunos respiradores que fueron empleados en el ámbito quirúrgico¹⁸.
- 1996. Reino Unido. G.B. Rushman, N.J.H. Davies y R.S. Atkinson dedicaron un capítulo al aparato de anestesia en su libro *A Short History of Anaesthesia. The first 150 years*. En dicho capítulo incluyeron un apartado sobre ventiladores, que como señala el propio título del libro, es de corta extensión. No obstante, en líneas generales recoge algunos de los principales acontecimientos en la incorporación de la ventilación artificial en el intraoperatorio¹⁹.
- 1996. Carlos M. Nunez escribió un breve artículo en la revista '*Bulletin of Anesthesia History*' en el que presenta una historia resumida de la evolución de la máquina de anestesia desde los inhaladores simples hasta el desarrollo de las máquinas de gas²⁰.

¹⁵ THOMPSON, P.W., WILKINSON, D.J. (1985) "Development of anaesthetic machines". *Br J Anaesth*;57:640-648.

¹⁶ PETTY, C. (1987) *The Anesthesia Machine*. New York: Churchill Livingstone. p.13.

¹⁷ WILKINSON, D.J. (1991) "Evolution of the Anesthesia Machine". *Curr Anaesth Crit Care*;2(1):51-56.

¹⁸ SOMERSON, J.S., SICILIA, M.R. (1992) "Historical perspectives on the development and use of mechanical ventilation". *AANA J*;60(1):83-94.

¹⁹ RUSHMAN, G.B., DAVIES, N.J.H., ATKINSON, R.S. (1996) *A Short History of Anaesthesia. The first 150 years*. Oxford: Butterworth Heinemann.

²⁰ NUNEZ, C.M. (1996) "The evolution of Anesthesia Machine". *Bull Anesth Hist*;15(4):12-15.

- 2000. Donato A. Salas Segura, Costa Rica, publicó en la revista ‘*Acta Académica*’, de la Universidad de Centroamérica, un breve trabajo de revisión sobre la historia de la ventilación mecánica²¹.
- 2000. Alemania. E. Barns publicó una recopilación sobre los cien años de historia de la compañía *Dräger* en ventilación artificial²².
- 2007. Francia. C. Chopin publicó un artículo en la revista ‘*Réanimation*’ en el que trata la historia de la ventilación mecánica partiendo de los principales protagonistas y máquinas²³.
- 2008. Marguerite Zimmer, también en el país galo, recogió en la obra *Histoire de l’anesthésie. Méthodes et techniques au XIX^e siècle*. el desarrollo del aparato de anestesia durante el siglo XIX. La palabra *appareil* (de aparato) es citada en 339 ocasiones, mientras que las relacionadas con la ventilación (*ventilation, ventilateur y ventilatoires*) solo aparecen en nueve ocasiones. Esto pone de manifiesto que durante el siglo XIX el aparato de anestesia y la ventilación artificial apenas estaban relacionados²⁴.
- 2009. Grecia. En el *7th International Symposium on the History of Anaesthesia* celebrado del 1 al 3 de octubre en Creta, M. Wulf Strätling, Christian Niggebrügge y Jan Schumacher, presentaron una exhaustiva recopilación de los respiradores, desde su aparición en la primera mitad del siglo XIX hasta el primer cuarto del siglo XX²⁵.
- 2010. Nueva Zelanda. Bernard Guy realizó una Tesis Doctoral en la ‘*Victoria University of Wellington*’, en la que dio respuesta al *por qué* de la evolución del diseño de la máquina de anestesia, poniendo en entredicho que dicha evolución sea la más conveniente para la ergonomía del quirófano en la actualidad²⁶.
- 2011. Robert M. Kacmarek publicó en ‘*Respiratory Care*’, revista de la Asociación Americana de Cuidados Respiratorios, un artículo sobre la historia del ventilador mecánico. En este trabajo Kacmarek establece una clasificación de los respiradores

²¹ SALAS, D.A. (2000) “Breve historia de la ventilación mecánica asistida”. *Acta académica*;1:89-91.

²² BARNS, E. (2000) *It began with the Pulmotor. One hundred years of Artificial ventilation*. Lübeck: Dräger Medica.

²³ CHOPIN, C. (2007) “L’histoire de la ventilation mécanique: des machines et des hommes”. *Réanimation*;16:4-12.

²⁴ ZIMMER, M. (2008) *Histoire de l’anesthésie. Méthodes et techniques au XIX^e siècle*. Les Ulis: EDP Sciences.

²⁵ STRÄLING, M.W.M., NIGGEBRÜGGE, C., SCHUMACHER, J. (2012) “The History of Early Respirators. A Systematic Re-Assessment of the Main ‘Technology-Transfer’, that lead to Development of Modern Anaesthesia Technology”. En: ASKITOPOULOU, H., MCGOLDRICK, K., WESTHORPE, R.N., WILKINSON, D.J. Eds. *History of Anaesthesia VII. Proceedings of the 7th International Synposium on the History of Anaesthesia*. Crete: Crete University Press. p.159-180.

²⁶ GUY, B. (2010) *The Anaesthesia Machine: Questioning a Design Evolution*. Tesis doctoral. Victoria University of Wellington.

de presión positiva en cuatro generaciones, desde su aparición a principios del siglo XX hasta la actualidad²⁷.

- 2012. Argentina. Adriana G. Rodríguez desarrolló la historia de la ventilación mecánica en un artículo publicado en la revista '*Medicina Intensiva*'. Este trabajo recoge la evolución de la ventilación artificial desde las civilizaciones antiguas (Egipto, China, etc.) hasta el cambio de la modalidad ventilatoria tras la epidemia de poliomielitis que azotó Copenhague en 1952. En dicho trabajo se pone de manifiesto la influencia que tuvo la Anestesiología en esta transición²⁸.
- 1989-2013. Australia. Christine Ball y Rod N. Westhorpe publicaron varios artículos sobre diferentes aparatos de anestesia con carácter histórico, entre los citados años²⁹.
- 2013. Jorge Zacarias Rolando Neri desarrolló la historia de la ventilación artificial en un manual de ventilación mecánica, publicado en México³⁰.
- 2009-2014. Estados Unidos. George S. Bause, un investigador de historia de la anestesia, publicó en la revista '*Anesthesiology*', entre 2009 y 2014, varios artículos sobre modelos históricos del aparato de anestesia³¹.
- 2014. Edmond I Eger II (EEUU), Lawrence J. Saidman (EEUU) y Rod N. Westhorpe (Australia), editaron la obra titulada *The Wondrous Story of Anesthesia*. Se trata de una obra muy completa en la que se dedican varios capítulos al desarrollo histórico del aparato de anestesia, de la ventilación artificial (incluidos los ventiladores), los sistemas de monitorización y los materiales relacionados con la vía aérea³².
- También en el año 2014, en Alemania, J. Haupt elaboró un documento recopilatorio sobre la historia de las máquinas de anestesia de la compañía Dräger³³.
- 2015. Arthur S. Slutsky publicó un trabajo en la revista '*American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*', con sede en Nueva York (EEUU) en el que

²⁷ KACMAREK, R. (2011) "The Mechanical Ventilator: Past, Present, and Future". *Resp Care*;56(8):1170-1180.

²⁸ RODRIGUEZ, G.A. (2012) "Historia de la ventilación mecánica". *Medicina Intensiva*; 29(1).

²⁹ WESTHORPE, R. (1989) "McKesson Nargraf Anaesthetic Record". *Anaesth Intensive Care*;17(3):250; WESTHORPE, R. (1994) "Ethyl Chloride". *Anaesth Intensive Care*;22(1):3; BALL, C. WESTHORPE, R.N. (1999) "The Coxeter Boyle Gas Anaesthesia Apparatus". *Anaesth Intensive Care*;27(2):129; BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) "Insufflation anesthesia and the Shipway apparatus". *Anaesth Intensive Care*;41(3):287-288.

³⁰ ROLANDO-NERI, J.Z. (2013) "Historia de la ventilación mecánica". En: CRUZ, F., FAJARDO, G., NAVARRO, F.P., CARILLO, R. Eds. *Ventilación Mecánica*. México: Alfil. p.1-9.

³¹ BAUSE, G.S. (2009) "Connell Gas-Oxygen Apparatus, Brass Model War SP". *Anesthesiology*;110(5):1015; BAUSE, G.S. (2010) "A 'French' Charrière ether inhaler". *Anesthesiology*;113(3):569; BAUSE, G.S. (2009) "Emerson Respirator or 'iron lung'". *Anesthesiology*;110(4):812; BAUSE, G.S. (2014) "The Chloroform Still of Dr. Samuel Guthrie, Jr". *Anesthesiology*;121:1226-1235.

³² EGER II, E.I., SAIDMAN, L.J., WESTHORPE, R.N. (2014) *The Wondrous Story of Anaesthesia*. Nueva York: Springer. p.703-714.

³³ HAUPT, J. (2014) *The History of Anesthesia at Dräger*. Hamburg: Lübeck: Dräger Druck.

realiza una revisión sobre la historia de la ventilación mecánica desde sus orígenes hasta la aparición del concepto de lesión pulmonar asociada al ventilador³⁴.

¿Y En España?

En España hay que considerar los siguientes trabajos:

- 1978. Avelino Franco Grande, J. Maside Medina y V. Ginesta Galán publicaron un artículo sobre los primeros aparatos para la anestesia etérea en la '*Revista Española de Anestesiología y Reanimación*'³⁵.
- 1986. El doctor Carlos Hervás Puyal presentó su Tesis Doctoral *La anestesia en Cataluña. Historia y Evolución (1847-1901)*, en la que podemos encontrar numerosas descripciones y referencias a aparatos de anestesia durante este periodo, tanto extranjeros como nacionales (la mayoría de estos últimos eran modificaciones de los aparatos importados desde el extranjero)³⁶.
- 1999. La doctora Maria del Carmen Unzueta Merino realizó en la Universidad de Barcelona una Tesis Doctoral sobre la influencia de la escuela de Oxford en el desarrollo de la Anestesiología moderna en España, a través de la huella de Robert Macintosh. En esta obra encontramos información sobre el desarrollo de los vaporizadores de anestesia en España y Reino Unido en la década de 1940³⁷.
- 2005. R. Yano, J.A. Gonzalo, y M. Fernández desarrollaron la historia de la ventilación artificial en un manual de ventilación mecánica en Medicina Intensiva, anestesia y urgencias³⁸.
- 2005. También en este año, los doctores Avelino Franco Grande, Julián Álvarez Escudero y Joaquín Cortés Laiño publicaron un libro sobre la historia de la anestesia en España desde 1847 a 1940. En este trabajo los autores dedican un capítulo a la

³⁴ SLUTSKY, A.S. (2015) "History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung injury". *Am J Respir Crit Care Med*;191(10):1106-1115.

³⁵ FRANCO-GRANDE, A., GINESTA, V., MASIDE, J. (1978) "Primeros aparatos para la anestesia etérea". *Rev Esp Anesthesiol Reanim*;25:445- 62.

³⁶ HERVÁS-PUYAL, C. (1986) *La anestesia en Cataluña, Historia y Evolución (1847-1901)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.

³⁷ UNZUETA-MERINO, M.C. (1999) *Influencia de la escuela de Oxford en el desarrollo de la Anestesiología moderna en España: La huella de Robert Macintosh*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

³⁸ YANO, R., GONZALO, J.A., FERNÁNDEZ, M. (2005) "Historia de la ventilación mecánica". En: GONZÁLEZ, A., GONZALO, J.A., BLANCO, A. DEL. Eds. *Manual de ventilación mecánica en medicina intensiva, anestesia y urgencias*. Oviedo: Imprenta Gofer. p.1-9.

evolución del aparato de anestesia en España durante los primeros 100 años de la anestesia moderna³⁹.

1.4.- Hipótesis y objetivos

El «aparato de anestesia» es una pieza imprescindible en la práctica de la Anestesiología en la actualidad. Los aparatos de anestesia han evolucionado desde inhaladores simples y dispositivos neumáticos sencillos hasta lo que hoy se denominan «estaciones de trabajo de anestesia», que incluyen junto al equipo de anestesia propiamente dicho, la monitorización asociada y los sistemas de alarma y protección. El ventilador es un elemento esencial del aparato de anestesia, una herramienta indispensable en la Anestesiología y Reanimación modernas.

Hoy día es inconcebible la posibilidad de realizar cualquier acto quirúrgico sin un adecuado soporte ventilatorio en un paciente sometido a anestesia general. Sin embargo, esto no siempre ha sido así. Tras el descubrimiento de la anestesia inhalatoria, a mediados del siglo XIX, la cirugía experimentó un gran desarrollo. No obstante, con relativa frecuencia se producían fatales resultados debidos a un inadecuado soporte respiratorio, ya que estas intervenciones se realizaban bajo ventilación espontánea, inicialmente, o bajo ventilación asistida con posterioridad. La anestesia locorregional permitió la realización de numerosas intervenciones quirúrgicas con el paciente en respiración espontánea, aunque determinados procedimientos quirúrgicos no podían ser abordados solo con la anestesia locorregional, como los de Neurocirugía, Cirugía Cardíaca o Cirugía Torácica. En ese sentido, el desarrollo de la «máquina de anestesia» como elemento integrador del ventilador, sistemas de aporte de gases medicinales y sistemas de monitorización, fue crucial para el crecimiento de la Cirugía como práctica segura.

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral es describir el desarrollo histórico del «aparato de anestesia», la importancia de la ventilación artificial en la evolución de éste, y con ello, de la especialidad en sí misma.

Desde otro punto de vista, la Anestesiología fue una especialidad pionera en la utilización de la ventilación con presión positiva, por lo que estudiaremos la repercusión de la Anestesiología en el desarrollo de la ventilación por presión positiva.

³⁹ FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. (2005) “El aparato de anestesia en España. Aspectos tecnológicos y evolución durante los primeros 100 años de la moderna anestesia”. En: FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. Eds. *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Madrid: Arán. p.287-307.

Para ello, planteamos los siguientes objetivos:

1. Definir las fuentes primarias que dan lugar a saltos cualitativos en el desarrollo de la «máquina de anestesia»
2. Conocer el inicio de la anestesia inhalatoria y su forma de aplicación en el siglo XIX.
3. Establecer el desarrollo de los agentes volátiles y equipos de administración en el siglo XX.
4. Conocer la evolución histórica de la ventilación artificial y su incorporación al «aparato de anestesia».
5. Identificar el desarrollo de los sistemas de ventilación abiertos y cerrados.
6. Definir el desarrollo de los materiales relacionados con el manejo de la vía aérea.
7. Conocer el desarrollo e incorporación de los sistemas de monitorización al «aparato de anestesia».

2.- MATERIAL Y MÉTODO

Esta Tesis Doctoral se encuadra dentro de los estudios Histórico-Médicos. El escenario de la historia es el escenario de la actividad humana: el medio físico en que se desarrolla la vida de las personas. Su estudio entraña un doble enfoque: el de las relaciones del hombre con el medio que le rodea y el de la localización de sus actividades⁴⁰, por tanto, puesto que el relato de la historia médica refiere «la vida de los hombres que la fueron creando, las ideas que postularon, donde acertaron y donde erraron, las circunstancias que rodean sus obras, la forma en que mutuamente se influyeron y afectaron al devenir de la Medicina⁴¹», se deben seguir unas pautas de procedimiento para extraer de la fuente la mayor información que haga posible comprender el sentido histórico del texto y establecer su relación y vinculación con el contexto en el que se generó, al que se refiere y sobre el que actuó⁴²; una «historia especial, escindida, que no tenga en cuenta su contexto, no es que sea inútil, es perjudicial »⁴³.

2.1.- MATERIAL

A través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) hemos localizado y obtenido los archivos digitalizados. Los recursos disponibles en internet, como el *ISI Web of Knowledge*, nos han permitido el acceso a bases de datos u otros recursos electrónicos donde se ha localizado la información relevante para nuestro proyecto.

Además, a través de la Biblioteca Virtual del Sistema Sanitario Público Andaluz hemos accedido a GERION, una herramienta de descubrimiento de reconocido prestigio y calidad científica, que permite realizar búsquedas desde un solo punto de acceso a toda la colección de la biblioteca (revistas electrónicas, libros electrónicos, enciclopedias, catálogos, o bases de datos como *PubMed*, *Scopus*, *Science direct*, *EMBASE*, *Cochrane Library*, etc).

Del mismo modo, a través de internet hemos accedido a bibliotecas digitales como “Gallica” o “HathiTrust”. La primera pertenece a la Biblioteca Nacional de Francia, y es una de las bibliotecas digitales de acceso gratuito más importantes. La segunda es una asociación de instituciones académicas y de investigación que ofrece una colección de millones de documentos digitalizados provenientes de bibliotecas de todo el mundo.

Por otra parte, hemos dispuesto también de los servicios proporcionados por las Universidades de Cádiz y de Málaga para la obtención de documentos a través del servicio de préstamo interbibliotecario.

⁴⁰ FONTANA, J. (1999) *Introducción al estudio de la historia*. Barcelona: Critica.

⁴¹ GUERRA, F. (2007) *Historia de la Medicina*. (3ª ed). Madrid: Norma-Capitel.

⁴² MORADIELLOS, E. (1996) *El oficio del historiador*. (2ª ed). Madrid: Siglo XXI de España.

⁴³ TUÑÓN DE LARA, F. (1993) “¿Historia total o historias sectoriales?” En: TUÑÓN DE LARA, F. *Por qué la historia*. Barcelona: Salvat. p.35-37.

Por último, se ha acudido a bibliotecas particulares para localizar algunos documentos necesarios para la realización de la tesis, no disponibles por otros medios.

Una vez finalizada la búsqueda hemos identificado las siguientes fuentes primarias y secundarias para el desarrollo de nuestra investigación, que se recogen en el tercer apartado de este capítulo.

2.2.- MÉTODO

Con respecto al método se han seguido las etapas propias de la investigación de los estudios histórico-médicos, expuestas por Granjel⁴⁴, Salmón⁴⁵ y Romano⁴⁶, entre otros⁴⁷, e introducida en la historia de la medicina por Droysen en la Alemania de la segunda mitad del siglo XIX⁴⁸ y que consiste en seguir las tres fases que constituyen la investigación histórica:

1. La heurística o fase de localización de las fuentes.
2. Su clasificación y valoración o lo que es lo mismo, su análisis y crítica.
3. La hermenéutica o fase de interpretación de esas fuentes, también llamado estudio crítico, tanto externo o de autenticidad, como interno o de credibilidad.

2.3.- FUENTES IMPRESAS

Aplicando la Metodología recogida al Material manejado, hemos localizado diversos trabajos imprescindibles y básicos para nuestro Estudio, que relacionamos y justificamos a continuación agrupándolos en Fuentes Primarias y Secundarias.

Cada uno de ellos se presenta por orden cronológico; y los correspondientes al mismo año, cuando se ha podido localizar su fecha de publicación, también se recogen cronológicamente; en caso contrario, por orden alfabético de su primer firmante.

2.3.1.- Fuentes primarias

1.- KITE C. *An Essay on the Recovery of the Apparently Dead*. London: C. Dilly; 1788.

- Libro de Charles Kite sobre la reanimación de personas aparentemente muertas, publicado en 1788. En esta obra, el autor explica los métodos para la recuperación de

⁴⁴ GRANJEL, L.S. (1961) *Estudio histórico de la Medicina. Lecciones de Metodología aplicadas a la Historia de la Medicina Española*. Salamanca: Cervantes.

⁴⁵ SALMÓN, P. (1978) *Historia y crítica. Introducción a la metodología histórica*. Barcelona: Teide.

⁴⁶ ROMANO, D. (1982) *Elementos y técnica del trabajo científico*. Barcelona: Teide.

⁴⁷ Cf.: SIERRA BRAVO, R. (1986) *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica*. Madrid: Paraninfo; THENLIER, G., TULARD, J. (1988) *Cómo preparar un trabajo de historia. Métodos y técnicas*. Barcelona: Oikos-Tau; CARRERAS PANCHÓN, A. (1994) *Guía Práctica para la elaboración de un trabajo científico*. Bilbao: Cita, Publicaciones y Documentación.

⁴⁸ ARQUIOLA, E. (1985) "La historia de la medicina para el médico de hoy". *Jano*;38:37-44.

personas aparentemente muertas por diferentes circunstancias: ahogados, ahorcados, asfixiados por inhalación de humo, electrocutados, etc. Además, describe un aparato portátil de insuflación traqueal, junto a otros elementos que en conjunto conforman un kit de resucitación (tubos endotraqueales, bolsa de ventilación, guías para los tubos, etc.).

2.- LEROY-D'ÉTIOLLES J.J.J. *Recherches sur l'asphyxie*. Journal de physiologie expérimentale et pathologique. 1827;7:45-65.

- Trabajo de Jean J. Joseph Leroy d'Étiolles en el que atribuye a la ventilación artificial con presión positiva la posibilidad de producir daño pulmonar, demostrado experimentalmente en estudios animales. Publicado en 1827 en '*Journal de physiologie expérimentale et pathologique*', está disponible de forma gratuita tanto en *Gallica* (Biblioteca Nacional de Francia), como en la librería virtual de Google.

3.- BIGELOW H.J. *Insensibility during surgical operations produced by inhalation*. Boston Med Surg J. 1846;35:309-317.

- Carta enviada por Henry Jacob Bigelow, cirujano del Hospital General de Massachusets, a la revista '*Boston Medical Surgical Journal*', en la que informaba sobre el éxito de la anestesia suministrada por William Morton en la demostración pública del 16 de octubre de 1846 en el referido hospital. Además, informaba de otros casos intervenidos de forma indolora en los días posteriores, por lo que destacaba la importancia del descubrimiento de un agente anestésico que permitía mitigar el dolor durante las operaciones quirúrgicas. Por otra parte, esta carta también contiene una descripción del aparato que empleaba Morton para llevar a cabo sus anestesias, lo cual es una información muy valiosa de cara a nuestro trabajo de investigación. Fue publicada el 18 de noviembre de 1846, aunque previamente fue leída en *Boston Society of Medical Improvement* el 9 de noviembre de 1846.

4.- *Surgical operations performed during insensibility, produced by the inhalation of sulphuric ether*. Lancet. 1847;49(1218):5-8.

- Artículo publicado en la revista '*The Lancet*' el 2 de enero de 1847, bajo la denominación de «papel original». En él se recogen varias cartas que el Dr. Francis Boott envió a dicha revista, para informar sobre diversas experiencias exitosas con el éter sulfúrico como anestésico durante varios procedimientos quirúrgicos. Entre estas cartas se incluye la que el Dr. Boott recibió de Jacob Bigelow, padre de Henry Jacob Bigelow, en la que le informaba del éxito de la demostración pública llevada a cabo por Morton en el Hospital General de Massachusets.

- Otra información destacada es la puesta en conocimiento de la primera intervención realizada bajo los efectos del éter en continente europeo, llevada a cabo por Robert Liston, y detallada en el siguiente artículo de este número de la revista *'The Lancet'* por George Combe.

5.- CHARRIÈRE J. *Appareils pour l' inhalation d'ether*. Paris: Chez Charrière;1847:2.

- Trabajo de Joseph Charrière, publicado en París en marzo de 1847, en el que describe diversos aparatos inventados por el mismo para la administración de vapores de éter, junto a las instrucciones para su correcto uso. Contiene además información sobre otros aparatos de éter tanto de América como de Europa, entre los que destacan los aparatos de Morton y de Robinson.

6.- MORTON W.T.G. *Letter from Dr. Morton, of Boston, U.S.* Lancet. 1847;50(1246):80-81.

- Carta enviada por Morton a la revista *'The Lancet'* el 30 de junio de 1847, en la que informaba sobre los cambios que fue realizando en sus dispositivos para la administración del éter, desde incluso antes de llevar a cabo su demostración pública del 16 de octubre. A través de esta carta sabemos que las válvulas fueron introducidas en su «bola de cristal» en la tarde-noche del 16 de octubre, por lo que el elemento valvular no estaba disponible en su primera demostración. Además, aunque su inhalador se convirtió en el modelo estándar en los Estados Unidos, Morton pasó a utilizar una esponja con forma cóncava como método para la administración del éter, desechando de esta forma su famoso aparato.

7.- GONZÁLEZ OLIVARES J. *La eterización en España*. Bol Med Cir Far. 1847;82: 243-244.

- Artículo del Dr. González Olivares sobre la eterización en España, publicado el 25 de julio de 1847 en el *'Boletín de Medicina, Cirugía y Farmacia'* (periódico oficial de la Sociedad Médica General de Socorros Mutuos). En el citado artículo, el Dr. González Olivares expone siete casos bajo la denominación de observaciones, en los que informa sobre su experiencia con el empleo del éter. A excepción del primero, consistente en una reducción de fractura de fémur, el resto de casos fueron un fracaso, achacando esta falta de eficacia del éter a la imperfección del aparato empleado.

8.- ROBINSON J. *A Treatise on the Inhalation of the Vapour of Ether, for the Prevention of Pain in Surgical Operations; Containing a Numerous Collection of Cases in Which It Has Been Applied*. London: Webster & Company;1847.

- Esta obra, publicada en octubre de 1847, es uno de los primeros tratados sobre la inhalación de vapores de éter en procedimientos quirúrgicos. Recoge las primeras experiencias de su uso principalmente en Inglaterra, aportando información sobre el nombre del cirujano, ciudad y hospital de realización. Contiene varias cartas, opiniones y comentarios de las principales figuras de la época encargadas de la implantación de la anestesia inhalatoria en el país británico. Incluye una descripción del aparato empleado por el autor (aparato de Robinson), así como una introducción sobre el descubrimiento del éter en América y las primeras intervenciones quirúrgicas realizadas al otro lado del Atlántico.

9.- SIMPSON J.Y. *On a new anaesthetic agent, more efficient than sulphuric ether*. Lancet. 1847;50(1264):549-550.

- Artículo publicado por James Simpson en la revista *'The Lancet'* el 20 de noviembre de 1847, en el que da a conocer a la comunidad científica el descubrimiento de un nuevo agente anestésico, el cloroformo. En este artículo Simpson expone las ventajas de este nuevo agente respecto al éter, y describe su eficacia en dos casos clínicos.

10.- SNOW J. *On the inhalation of vapours of ether in surgical operations. Containing a description of the various stages of etherization and a statement of the results of nearly eighty operations in which ether has been employed at St. George's and University College hospitals*. London: John Churchill;1847. p.1-15.

- Obra clásica sobre el éter de John Snow, considerado el padre de la Anestesiología. En este libro Snow aborda múltiples aspectos sobre este anestésico, como sus propiedades fisicoquímicas, formas de administración, planos de profundidad anestésica clasificados en cinco estadios, dosificación, etc. Además, podemos encontrar en él la descripción del aparato que diseñó para la administración de la anestesia etérea.

11.- CHARRIÈRE J. *Appareils pour l'inhalation du chloroforme*. París: Thunot;1848.

- Se trata de otra recopilación del inventor francés, publicada en abril de 1848, al estilo de su primer trabajo sobre los aparatos de éter. En ella, Charrière plasma el conocimiento que tiene sobre diversos inhaladores para el cloroformo existentes tanto en Francia como en Inglaterra. Además, presenta diferentes modelos de fabricación propia en un intento por mejorar los dispositivos existentes.

12.- MURPHY E.W. *Chloroform in the Practice of Midwifery*. London: Wertheimer & Co;1848.

- Libro de texto sobre el uso del cloroformo durante el parto, escrito por Edward Murphy, profesor de Obstetricia de la Universidad de Londres, en 1848. En la primera parte de este trabajo el autor informa sobre el uso del cloroformo en siete casos clínicos de parto dificultoso. Incluye una descripción del inhalador empleado en la mayoría de ellos, y que pasó a conocerse como el inhalador de Murphy. La segunda parte consiste en una discusión sobre las propiedades farmacológicas del cloroformo y su repercusión sobre el trabajo de parto, entre otras consideraciones.

13.- SÉDILLOT CE. *De l'insensibilité produite par le chloroforme et par l'éther et des opérations sans douleur*. París: J. B-B.Baillière; Londres: H. Baillière;1848.

- Obra de 1848 escrita por uno de los cirujanos galos más importantes de la época, Charles-Emmanuel Sédillot, profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad de Estrasburgo, y precursor de la asepsia quirúrgica. Sédillot aborda los aspectos conocidos de la anestesia con éter y cloroformo durante los primeros años tras su introducción en la práctica clínica. Describe dos aparatos para la administración de la anestesia con éter y cloroformo, contruidos por el fabricante de instrumentos quirúrgicos francés M. Elser.

14.- SNOW J. *On Chloroform and Other Anaesthetics: Their Action and Administration*. London: John Churchill;1858.

- Obra publicada tras la muerte de John Snow, con prólogo de Benjamin W. Richardson, amigo y compañero de Snow en el *Royal College of Physicians*. Se trata de un extenso texto sobre múltiples aspectos relacionados con el cloroformo, como el modo de preparación, sus propiedades físicas y químicas, efectos fisiológicos, circunstancias que modifican dichos efectos, causas de mortalidad, forma de administración en función del tipo de cirugía, etc. Incluye una descripción de su inhalador de cloroformo. Además, contiene una sección en la parte final sobre otros anestésicos, como el éter, amileno o cloruro de etilo.

15.- SKINNER T. *Anaesthesia in midwifery; with a new apparatus for its safer and more economical induction by chloroform*. Br Med J. 1862;2:108-111.

- Artículo publicado por Thomas Skinner en la revista '*British Medical Journal*' el 2 de agosto de 1862. En dicho artículo Skinner aborda diversos aspectos sobre el manejo de la analgesia del parto con el cloroformo, incluyendo sus indicaciones, fase del parto donde llevarla a cabo, aparición de problemas médicos, etc. Contiene una descripción de la máscara de alambre empleada y diseñada por el propio Skinner.

16.- SANSOM A.E. *Chloroform: Its Action and Administration*. London: John Churchill & Sons;1865.

- Tratado sobre el cloroformo escrito por Arthur Sansom en 1865. Al igual que los libros anteriores, trata sobre múltiples aspectos relacionados con el cloroformo. El hecho de contar con casi veinte años de experiencia tras su introducción, permite al autor analizar su descubrimiento e impacto. El conocimiento sobre su potencial peligrosidad era amplio tras estos años de uso, lo que se traduce en un mayor peso de este aspecto en el grueso del manuscrito. Incorpora recomendaciones sobre reanimación cardiopulmonar tras parada cardiorrespiratoria producida por este agente, e incluye descripciones de varios aparatos para su administración, entre los que se encuentran el inhalador de Snow, el aparato de Clover, o el propio inhalador de Sansom

17.- JUNKER F.E. *Description of a new apparatus for administering narcotic vapours*. Med Times Gazette. 1867;2:590.

- Publicación del 30 de noviembre de 1867 del '*Medical Times & Gazette*' en la que Ferdinand Junker describía un nuevo aparato para la administración de vapores narcóticos. Este dispositivo, que hoy día se conoce como el aparato de Junker, fue construido por los fabricantes de instrumentos Krhone & Sesemann, en el número 241 de la calle Whitechapel, una de las principales vías arteriales del este de Londres. Este aparato fue diseñado para la administración de cloroformo o clorometilo principalmente, aunque también admitía éter.

18.- *Chloroform inhaler of Dr John Murray*. Med Times Gazette. 1868;1:540.

- Publicación del 16 de mayo de 1868 del '*Medical Times & Gazette*' en la que se describe la máscara del Dr. Murray para la administración de cloroformo. Incluye una ilustración sobre el nuevo invento.

19.- CLOVER J.T. *On an apparatus for administering nitrous oxide gas and ether, singly or combined*. Br Med J. 1876;2(811):74-75.

- Artículo de Joseph Clover publicado en la revista '*British Medical Journal*' el 15 de julio de 1876. En esta comunicación Clover presentaba su aparato para la administración de óxido nitroso, éter, o ambos, de forma independiente o simultáneamente. Se trató de un invento novedoso que supuso el paso de los inhaladores simples a los inhaladores complejos, caracterizados por una mayor precisión a la hora de la dosificación, así como por la posibilidad de administrar más de un agente durante el proceso anestésico. Además,

determinó la reintroducción en la práctica clínica del óxido nitroso, un agente ya conocido, pero de difícil producción y almacenamiento.

20.- WOILLEZ E.J. *Du spirophore, appareil de sauvetage pour le traitement de l'asphyxie, et principalement de l'asphyxie des noyés et des nouveau-nés*. Paris: Adrien Delahaye;1876.

- Obra de Eugène Woillez de 1876, en la que el autor describe el aparato para ventilación con presión negativa denominado *Spirosphore*. Incluye las indicaciones médicas para su empleo, los consejos de uso, las experiencias recogidas en cinco casos clínicos y un apartado de conclusiones.

21.- CLOVER J.T. *Portable regulating ether inhaler*. Brit Med J. 1877;1:69-70.

- Comunicación de Clover a la revista '*British Medical Journal*' en la que daba a conocer a la comunidad científica un nuevo aparato para la administración de éter: el inhalador regulador portátil de éter. Este aparato supuso un salto cualitativo a la hora de ajustar las concentraciones inspiradas de vapor de éter, por lo que gozó de gran popularidad. Este artículo fue publicado el 20 de enero de 1877.

22.- ORMSBY L.H. *The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler*. Br Med J. 1877;1(850):451-453.

- Artículo publicado por Lambert Ormsby, cirujano neozelandés de origen irlandés, en la revista '*British Medical Journal*' el 14 de abril de 1877. En este artículo Ormsby realiza un análisis comparativo entre varios agentes anestésicos y mezcla de agentes anestésicos teniendo en cuenta los siguientes aspectos: seguridad del paciente, rapidez de acción, facilidad de aplicación y portabilidad, y coste económico. Destaca al éter por encima de las demás opciones y presenta un nuevo inhalador para su administración basado en el proceso de reinhalación.

23.- HEWITT F. *A modification in Junker's Chloroform inhaler. Specially designed to prevent certain accidents which have from time to time occurred with the ordinary apparatus*. Lancet. 1892;139(3583):966-967.

- Artículo publicado por Frederic Hewitt en la revista '*The Lancet*' el 30 de abril de 1892. En dicho artículo, Hewitt describe la introducción de mejoras en el inhalador de Junker para evitar algunos accidentes que se podían producir con el aparato original, y es que en ocasiones los tubos de entrada y salida se conectaban erróneamente, con el resultado del paso de cloroformo líquido a la pieza facial. Para solventar este problema, Hewitt diseñó un tubo de doble luz por el que el aire libre de vapor anestésico era conducido por la parte

externa, mientras que por la parte interna (la cual se conectaba con la pieza facial) viajaba el aire cargado de vapores anestésicos tras haberse saturado en la botella. En definitiva, introdujo modificaciones encaminadas a aumentar la seguridad del dispositivo.

24.- BRAINE C. *A safety Junker Inhaler*. Brit Med J. 1892;1:1364.

- Artículo de C. Braine, publicado por la revista '*British Medical Journal*' el 25 de junio de 1892. Al igual que en el caso anterior, Braine introdujo mejoras en el aparato de Junker para aumentar la seguridad. Estas mejoras consistieron en modificaciones en la botella contenedora de cloroformo, así como en las conexiones de entrada y salida de la misma.

25.- HEWITT F.W. *Further observations on the Use of Oxygen with Nitrous Oxide*. Br Dent J. 1893;15:380-387.

- Artículo publicado por Hewitt en 1893 en la revista de la *Asociación Dental Británica*. En esta comunicación Hewitt expone las ventajas y desventajas del empleo conjunto del oxígeno con el óxido nitroso, llegando a la conclusión de que no puede recomendar el uso de oxígeno en todos los casos, ya que disminuye la eficacia del poder anestésico en comparación con el método asfixiante (sin oxígeno). Además, describe su aparato para la administración de óxido nitroso y oxígeno, y su funcionamiento basado en la llave de paso ideada por él: *Hewitt's Stopcock*.

26.- TUFFIER T, HALLION L. *Respiration artificielle par insufflations pulmonaire dans certaines operations intrathoraciques*. Gaz Hebd Med Chir. 1896;43:1131.

27.- TUFFIER T, HALLION L. *Operations intrathoraciques avec respiration artificielle par insufflation*. C R Soc BioI. 1896;48:951-954.

28.- TUFFIER T, HALLION L. *Sur la régulation de la pression intra-bronchique et de la narcose dans la respiration artificielle par insufflation*. C R Soc BioI. 1896;48:1086-1088.

- Serie de tres artículos publicados en 1896 por los cirujanos franceses Théodore Tuffier y Louis Hallion, en la revista '*Gazette Hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*' y en '*Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales*', de la *Société de biologie* de Francia. En estas comunicaciones los autores avalan el empleo de la ventilación artificial con presión positiva en Cirugía Torácica, como solución al neumotórax que se instaura tras la apertura de la pleura. Para ello insertaron un catéter en

la laringe a través del cual se llevaba a cabo la insuflación pulmonar durante la cirugía. Los autores informan de resultados exitosos tanto en estudios animales como en humanos.

29.- MILTON H. *Mediastinal Surgery*. Lancet. 1897;1:872-875.

- Artículo de Herbert Milton publicado en la revista '*The Lancet*' el 27 de marzo de 1897. En esta comunicación Milton lamenta que la cirugía de la cavidad torácica no se haya podido desarrollar al ritmo de la cirugía de la cavidad abdominal o cerebro-espinal, como consecuencia del neumotórax que se instaura tras la apertura de la pleura. Define a la caja torácica como una *terra incógnita*, y describe tres casos clínicos de cirugía del mediastino a través de una incisión medial gracias al conocimiento alcanzado con sus experimentos sobre cadáver. Pese a que en estos casos no tuvo que recurrir a la ventilación artificial, señala que en otras ocasiones en las que se produjo el colapso pulmonar superó el problema mediante la insuflación de aire a través de la tráquea por medio de fuelles.

30.- HEWITT FW. *The Administration of Nitrous Oxide and Oxygen for Dental Operations*. London: Claudius Ash & Son;1897.

- Obra de Hewitt enfocada a la administración de óxido nitroso y oxígeno en el ámbito de la odontología, campo donde tuvo lugar los inicios del óxido nitroso. Publicada en 1897 por la editorial Claudius Ash & Son, está dividida en ocho capítulos, entre los que podemos destacar para nuestro trabajo los capítulos I y II.
- El primer capítulo corresponde a la introducción, y en él encontramos información sobre la historia del óxido nitroso desde su descubrimiento por Priestley hasta el reconocimiento de la necesidad de usarlo junto a oxígeno, respaldada por Paul Bert y Joseph Clover. El segundo capítulo corresponde a los materiales necesarios para su administración, incluyendo los vaporizadores, cilindros de almacenamiento, llaves de paso reguladoras, válvulas y piezas faciales, entre otros.

31.- WILSON SMITH T. *Improved Ether Inhaler*. Lancet. 1898;151(3893):1005.

- Artículo de la revista '*The Lancet*', del 9 de abril de 1898, en el que el Dr. Wilson Smith describe en la sección «*New Inventions*» una modificación del inhalador regulador portátil de éter de Clover.

32.- MATAS R. *Intralaryngeal insufflation*. JAMA. 1900;1468-1473.

- Artículo original de Rudolph Matas publicado en la revista '*The Journal of the American Medical Association*' el 2 de junio de 1900. En este trabajo, al igual que en los artículos precedentes, Matas aborda el problema del neumotórax en la cirugía de la cavidad

torácica tras la apertura de la pleura a través de una amplia revisión sobre los trabajos existentes hasta la fecha. Da cuenta de la existencia de defensores y detractores de este tipo de cirugía debido a los numerosos problemas asociados, al margen de los derivados de la apertura pleural. Además, expone los antecedentes existentes en materia de ventilación artificial e intubación de la laringe como herramienta de resucitación en personas muertas o aparentemente muertas, así como los aparatos existentes para tal fin, y su aplicación en el ámbito de la práctica pediátrica y obstétrica.

33.- MATAS R. *Artificial respiration by direct intralaryngeal intubation with a modified O'Dwyer tube and a new graduated air-pump, in its applications to medical and surgical practice.* Am Med. 1902;97-103.

- Trabajo publicado por Matas en la revista '*American Medicine*' el 18 de enero de 1902. En esta publicación, Matas desarrolla el recorrido histórico de la ventilación artificial en la introducción de este artículo, hasta llegar al estado en el que se encuentra en el momento de la publicación, después de las experiencias reportadas por Tuffier, Hallion, Milton, Quénu, Longuet, y otros autores de la época.
- Describe las ventajas de la ventilación artificial durante el trabajo quirúrgico intrapleural y mediastínico, y presenta una modificación del aparato de Fell-O'Dwyer con el que ha llevado a cabo la insuflación pulmonar intraoperatoria.

34.- HARCOURT A.G.V. *Apparatus for Administering Anesthetics.* Patente número 759,369. Mayo de 1904.

- Registro de la Oficina de Patentes de los Estados Unidos del aparato de Harcourt para la administración de anestésicos. Con fecha de 10 de mayo de 1904, Vernon Harcourt obtuvo la patente de su aparato presentada en dicha oficina el 29 de diciembre de 1903. En este documento encontramos una descripción minuciosa sobre los componentes y el funcionamiento de este dispositivo.

35.- *The Roth-Dräger oxygen and chloroform apparatus.* Br Med J. 1907;1(2418):1067-1068.

- Publicación del 4 de mayo de 1907 de la revista '*British Medical Journal*', sin información sobre el autor. En ella se analiza el aparato de Roth-Dräger para la administración de cloroformo y oxígeno. De producción alemana, este aparato fue adquirido por varios hospitales londinenses. En el artículo, tras valorar su modo de funcionamiento, ventajas e inconvenientes, se aconsejaba su incorporación en quirófanos bien organizados.

36.- OMBRÉDANNE L. *Un Appareil pour l'anesthésie par l'éther*. Gazette des hôpitaux. 1908;81:1093-1098.

- Artículo del prestigioso cirujano parisino Louis Ombrédanne, publicado en la revista '*Gazette des hôpitaux civils et militaires*' en 1908. Ombrédanne, al igual que otros muchos cirujanos de la época, decidió estudiar los problemas relacionados con la administración de los anestésicos, ya que en Europa, hasta mediados del siglo XX, la anestesia era una labor del cirujano. De esta forma, basándose en el inhalador de Clover, Ombrédanne diseñó un nuevo aparato que describió con gran detalle en este artículo. El aparato de Ombrédanne tuvo una gran difusión en el continente europeo, y el hecho de ser otra modificación del inhalador de Clover nos da una idea del impacto que tuvo este en los cirujanos de la época.

37.- GREEN N.W, JANEWAY H.H. *Artificial respiration and intrathoracic oesophageal surgery*. Ann Surg. 1910;52:58-66.

- Trabajo de Natan Green y Henry Janeway publicado en la revista '*Annals of Surgery*' en 1910, en el que los autores describen un nuevo aparato para la realización de operaciones bajo presión positiva. Este aparato estaba formado por una cabina que permitía aplicar tanto ventilación positiva como negativa. Por otra parte, los autores describen un botón que facilitaba la realización de anastomosis esofágicas intratorácicas.
- Los experimentos fueron llevados a cabo en cirugía animal, con el objetivo de poder extrapolarse al ser humano. Además, en el artículo analizan las cuatro clases de métodos para poder llevar a cabo la respiración artificial en cirugía de tórax: cámaras de presión negativa o positiva (cámara de Sauerbruch, p.ej.); cabinas de presión positiva (como la de Brauer, o la de los propios autores, que es una modificación de la anterior); máscaras de presión positiva (Robinson, Tiegel); y dispositivos para la insuflación directa a través de la tráquea (Fell, Fell-O'Dwyer, Matas, etc.).

38.- MCKESSON E.I. *Nitrous oxyde-oxygen Anaesthesia. With a description of a new apparatus*. Surg Gynecol Obstet. 1911;13:456-462.

- Artículo publicado por Elmer McKesson en la revista '*Surgery, Gynecology and Obstetrics*', en el volumen XIII de 1911 (meses de julio a diciembre). Desde principios del siglo XX, el óxido nitroso comenzó a usarse en Cirugía Mayor con más asiduidad gracias a la fabricación de aparatos más refinados. El aparato de McKesson, descrito en este artículo, incorporaba importantes mejoras, entre las que podemos destacar la introducción del flujo intermitente regulado por la respiración del paciente, o la reinhalación parcial del dióxido de carbono (posibilidad de circuito semicerrado), para lo

cual era necesario ajustar continuamente la proporción de los vapores y gases en función de la situación del paciente. McKesson fue pionero en el registro de la toma de constantes vitales durante la anestesia, las cuales registraba en una gráfica similar a la que empleamos en la actualidad en quirófano.

39.- COTTON F.J, BOOTHBY W.M. *Nitrous Oxide – Oxygen – Ether Anaesthesia: Notes On Administration; A Perfected Apparatus*. Surg Gynecol Obstet. 1912;15:281-289.

- Artículo de la revista ‘*Surgery, Gynecology and Obstetrics*’ de 1912, en el que Frederic Cotton y Walter Boothby exponen un punto de vista diferente al descrito por McKesson el año anterior. Estos autores eran partidarios de un flujo de gas continuo frente al flujo intermitente descrito por McKesson. Además, defienden que este flujo de gas debe poder ser medido en todo momento. En este trabajo los autores describen un aparato de fabricación propia diseñado para poder aplicar estos principios: el aparato de Cotton & Boothby, que incluía unos flujómetros conocidos como *Bubble Bottles*.

40.- COTTON F.J, BOOTHBY W.M. *Intratracheal Insufflation Anaesthesia: Considered from its Physiological and Clinical Aspects*. Ann Surg. 1913;57(1):43-63.

- Artículo publicado en la revista ‘*Annals of Surgery*’ por Cotton & Boothby, en 1913. En este trabajo los autores repasan someramente la historia de la ventilación artificial, y describen una modalidad anestésica en auge en aquel momento: la anestesia intratraqueal. Además, profundizan en los aspectos fisiológicos de esta variante, fundamentalmente en lo relativo al intercambio de gases a nivel pulmonar. Aconsejan este tipo de anestesia asociada a ventilación artificial en cirugía intratorácica, así como en grandes cirugías de cabeza, cuello y boca. Destacan al éter y a la mezcla de éter y óxido nitroso como las opciones anestésicas más ventajosas, y enfatizan en la necesidad de válvulas de seguridad para evitar que la presión intratorácica supere los 15 mm de mercurio.

41.- SHIPWAY F.E. *Apparatus for intratracheal anaesthesia*. Lancet. 1914;184(4741):104.

- Breve artículo de Francis Shipway publicado en la revista ‘*The Lancet*’ el 11 julio de 1914, en el que describe un aparato de diseño propio, construido por los señores Mayer y Meltzer, fabricantes de instrumentos quirúrgicos, en la popular calle londinense *Great Portland Street*. Este aparato es una modificación del presentado por Robert Kelly en la revista ‘*The British Journal of Surgery*’ en 1913 (número 1, páginas 90-95), y que según refiere Shipway estuvo usando durante 18 meses.

42.- GWATHMEY J.T. *Anesthesia*. New York: Appleton; 1914.

- Extenso tratado sobre la anestesia dirigido por James Gwathmey, el primer presidente de la Asociación Americana de Anestesiólogos (ASA). Contiene una gran cantidad de ilustraciones (283), y además de fuente primaria para el aparato que lleva su nombre, podría ser considerada fuente secundaria para una gran cantidad de contenidos de nuestra tesis, ya que desde la demostración de Morton de 1846 hasta la fecha de su publicación (1914), podemos encontrar una gran cantidad de aparatos de otros autores (Morton, Junker, Harcourt, Teter, Roth-Dräger, Cotton & Boothby, etc).

43.- SHIPWAY F.E. *The advantages of warm anaesthetic vapours, and an apparatus for their administration*. Lancet. 1916;187(4819):70-74.

- Artículo publicado por la revista *'The Lancet'* el 8 de enero de 1916. El autor, Francis Shipway, expone en él las ventajas de la administración de vapores anestésicos calientes. A través de su propia experiencia, defiende que la pérdida de calor corporal es menor con esta técnica, lo que disminuye la incidencia del shock. Además, sugiere una recuperación más rápida y una menor incidencia de complicaciones pulmonares. Muestra especial predilección por la anestesia intratraqueal con éter, y considera que los esfuerzos en anestesia deben centrarse en el desarrollo de esta modalidad frente al método abierto, así como en la fabricación de aparatos simples y prácticos para su aplicación. En este sentido, y como principal baluarte para nuestra tesis, describe el aparato diseñado por él mismo para la administración de vapores anestésicos calientes.

44.- BOYLE H.E.G. *Experiences in the use of nitrous oxide and oxygen with rebreathing in military surgery*. Lancet. 1917;2:667-669.

- Artículo de Edmund Boyle publicado en la revista *'The Lancet'* el 3 de noviembre de 1917. En esta comunicación, Boyle defiende la combinación de óxido nitroso y oxígeno asociado a reinhalación, frente al empleo de cloroformo o éter en cirugía mayor, ya que, bajo su punto de vista, con este tipo de anestesia se conseguía una recuperación más rápida y con menos efectos secundarios. Por este motivo, sugería extrapolar esta forma de anestesia a los hospitales de campaña, donde sería una gran ventaja que los pacientes estuvieran conscientes unos minutos después de la operación.

45.- BOYLE H.E.G. *New Inventions: Nitrous oxide-oxygen-ether outfit*. Lancet. 1919;193(4980):226.

- Artículo publicado por la revista *'The Lancet'* el 8 de febrero de 1919, en el que Edmund Boyle presenta su equipo de óxido nitroso-oxígeno-éter. Se trata de una descripción

breve, de tipo técnico, que incluye un dibujo de la máquina fabricada por la compañía *Coxeter*.

46.- MARSHALL G. *Two Types of Portable Gas-Oxygen Apparatus*. Proc R Soc Med. 1920;13(Sect Anaesth):16-19.

- Comunicación presentada por Geoffrey Marshall en 1920, en la *Royal Society of Medicine* de Londres, recogida en acta, en la que presenta dos aparatos portables para la administración de óxido nitroso y oxígeno. Hay que señalar, y se hará también más adelante en los resultados, que la palabra “gas” es empleada por muchos autores anglosajones como sinónimo de “óxido nitroso”. Los aparatos eran similares, se diferenciaban principalmente en el tamaño, y seguían los principios básicos descritos por Gwathmey.

47.- MAGILL I. *A Portable Apparatus for Tracheal Insufflation Anaesthesia*. Lancet. 1921;197(5096):918.

- Artículo publicado en la revista ‘*The Lancet*’ el 30 de abril de 1930, en el que Ivan Magill presenta su aparato para la insuflación intratraqueal de anestesia, fabricado por *Coxeter & Son* en el número 171 de Pancras-road (Londres). En esta breve comunicación Magill describe las partes del aparato y sus ventajas, e incluye un dibujo representativo.

48.- HEWITT F.W. *Anaesthetic and their administration*. (5ª ed.). London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton;1922.

- Tratado de Frederic Hewitt sobre los anestésicos y su administración. Se trata de la quinta edición de una amplia obra, publicada en 1922. La primera edición es de 1893. Al tratarse de una edición más tardía, de la tercera década del siglo XX, recoge un conocimiento más amplio sobre la anestesia, que va más allá de la anestesia inhalatoria, abordando también la anestesia local y regional. Además de los tres agentes anestésicos clásicos (óxido nitroso, éter y cloroformo), abarca otros agentes menos usados como el cloruro y bromuro de etilo, entre otros. Contiene aspectos médico legales del proceso anestésico quirúrgico, e incluye una descripción de una gran cantidad de aparatos para la anestesia, entre los que no podía faltar el aparato de Hewitt para la administración de óxido nitroso-oxígeno de 1893.

49.- LEVY A.G. *Chloroform anesthesia*. London: John Bale, Sons and Danielsson;1922.

- Obra de Alfred Levy dedicada a la anestesia clorofórmica. El capítulo I contiene una descripción de las propiedades físicas del cloroformo, mientras que los capítulos II a V

desarrollan los aspectos farmacológicos y toxicológicos de este agente. El capítulo más interesante de cara a nuestra tesis es el capítulo XI, dedicado a la administración del cloroformo, y en el que desarrolla los principios físicos de los métodos y aparatos empleados para tal fin. Aquí encontramos una descripción del inhalador para cloroformo de Levy, diseñado para administrar no más del 4% de vapor de cloroformo cuando la temperatura del aparato alcanzaba los 40°.

50.- MAGILL I. *An apparatus for the administration of nitrous oxide, oxygen, and ether*. Lancet. 1923;202(5214):228.

- Artículo de Magill publicado en la revista '*The Lancet*' el 4 de agosto de 1923. En esta ocasión, el aparato presentado es un dispositivo para la administración de óxido nítrico, oxígeno y éter, de forma independiente o en combinación. Este aparato podía conectarse a la máquina de insuflación traqueal descrita en el artículo anterior de 1921, y administrar la anestesia por inhalación o insuflación, según se deseara, con la posibilidad de añadir cloroformo a la mezcla de gases.

51.- WATERS R.M. *Clinical scope and utility of carbon dioxide filtration anesthesia*. Anesth Analg. 1924;3:20-22.

- Artículo de Ralph Waters en la revista '*Anesthesia & Analgesia*', publicado en febrero de 1924, en el que presenta un nuevo dispositivo para la «filtración» de dióxido de carbono durante la anestesia inhalatoria. Este dispositivo estaba basado en un recipiente contenedor de gránulos de cal sodada, los cuales actuaban absorbiendo el dióxido de carbono, y que pasaron a conocerse como «gránulos de Waters».

52.- DRINKER P, SHAW L.A. *An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: I. A Design for Adults and Children*. J Clin Invest. 1929;7(2):229-247.

- Artículo de especial relevancia publicado en 1929 en la revista '*The Journal of Clinical Investigation*' por los ingenieros Philips Drinker y Agassiz Shaw. En este trabajo podemos constatar los aspectos negativos que rodeaban a la ventilación con presión positiva, ya que se informa que "... este método general ha sido desacreditado y descartado..." (en referencia a las recomendaciones del Comité de Ingeniería de la Conferencia sobre el Choque Eléctrico, de 1928).
- Se trata de un artículo extenso que incluye la descripción del aparato, principios fisiológicos en los que se basa, modo de funcionamiento, y resultados en diferentes situaciones clínicas respaldados por datos espirométricos y pletismográficos.

53.- SWORD B.C. *The Closed Circle Method of Administration of Gas Anesthesia*. *Anesth Analg*. 1930;9(5):198-202.

- Artículo de Brian Sword en la revista '*Anesthesia & Analgesia*', en el año 1930, número cinco. En esta publicación el autor expone su experiencia y resultados con el método de administración de gases anestésicos a través de un circuito circular cerrado. El aparato utilizado, conocido posteriormente como máquina de Sword, fue construido con la colaboración de Richard Foregger, una figura importante en la industria productora de máquinas de anestesia, y fundador de la compañía *Foregger*. El trabajo incluye una descripción del aparato, el cual disponía de un contenedor de cal sodada para hacer posible el circuito cerrado, y aspectos didácticos sobre la técnica de administración.

54.- CONNELL K. *Flow gauge*. Patente número 1,965,333. Julio de 1934.

- Registro de patente número 1.965.333 de la Oficina de Patentes de los Estados Unidos, con fecha de 3 de julio de 1934. El objeto patentado es un medidor de flujo de Karl Connell, quien solicitó la petición de registro el 1 de mayo de 1930. El documento recoge los esquemas del medidor de flujo, así como la información referente a su modo de funcionamiento.

55.- MACINTOSH R.R, MENDELSSOHN K. *The Quantative Adminastrion of Ether Vapour*. *Lancet*. 1941;238(6151):61-62.

56.- EPSTEIN HG, MACINTOSH R.R, MENDELSSOHN K. *The Oxford Vaporiser n° 1*. *Lancet*. 1941;238(6151):62-64.

- Serie de dos artículos publicados en la revista '*The Lancet*' el 19 de julio de 1941. En el primero, Robert Macintosh y Kurt Mendelssohn postulan que para mantener un suministro constante de vapor anestésico es necesario mantener constante la temperatura del líquido. Para conseguir esto exponen el uso de cristales como reservorios de calor, gracias al principio del calor latente de cristalización, principio a través del cual una sustancia de depósito que se ha fundido previamente transfiere su calor al anestésico líquido, manteniéndose de esta forma la temperatura.
- En el segundo artículo, los autores describen un nuevo vaporizador, el vaporizador Oxford número 1, basado en este mecanismo. En este artículo participa también H.G. Epstein.

57.- MOERCH E.T. *Controlled Respiration by Means of Special Automatic Machines as Used in Sweden and Denmark*. *Anaesthesia*. 1948;3: 4-11.

- Artículo publicado como “abstract” en la revista ‘*Proceedings of the Royal Society of Medicine*’ en 1947, y como artículo completo en la revista *Anaesthesia* en 1948. Lo consideramos fuente primaria para la máquina de ventilación mecánica de Moersch, aunque también lo podríamos considerar como fuente secundaria para el respirador automático denominado *Spiropulsator*, descrito en este artículo. Además, Moersch da a conocer la existencia de combinaciones de estos respiradores con diversas máquinas de anestesia, dando lugar a equipos híbridos formados por una máquina de anestesia y un ventilador de presión positiva.

58.- IBSEN B. *The anaesthetist's viewpoint on the treatment of respiratory complications in poliomyelitis during the epidemic in Copenhagen, 1952*. Proc R Soc Med. 1954;47(1):72-74.

- Artículo publicado por Bjorn Ibsen en la revista ‘*Proceedings of the Royal Society of Medicine*’ en enero de 1954, en la que relata los acontecimientos vividos durante la epidemia de poliomielitis de Copenhague de 1952. Explica cómo con la aplicación de las medidas que usualmente los anestesiistas practicaban en quirófano (asegurar la vía aérea, establecer ventilación artificial, y tratar activamente el shock mediante terapia intravenosa), los pacientes afectados de poliomielitis mejoraban considerablemente. La precocidad en la instauración del tratamiento era un factor fundamental en el pronóstico de los pacientes.

59.- MORRIS L.E. *A new vaporizer for liquid anesthetic agents*. Anesthesiology. 1952;13:587-593.

- Artículo de Lucien Morris en la revista ‘*Anesthesiology*’ publicado en noviembre de 1952. Insatisfecho por las deficiencias en los dispositivos para la vaporización de agentes anestésicos, Morris presenta en este trabajo un nuevo vaporizador para un control eficiente de los pequeños cambios de concentración. Las modificaciones están basadas en cambios en el diseño del circuito, del contenedor del líquido anestésico y de la superficie de vaporización. Incluye una descripción del aparato con representaciones diagramáticas acerca de su funcionamiento, y una fotografía del vaporizador montado en una mesa de anestesia.

60.- EPSTEIN H.G, MACINTOSH R.R. *An anaesthetic inhaler with automatic thermo-compensation*. Anaesthesia. 1956;11(1):83-88.

- Artículo de Epstein y Macintosh publicado por la revista ‘*Anaesthesia*’ en 1956. En este trabajo los autores presentan el inhalador EMO (Epstein-Macintosh-Oxford), una versión mejorada del vaporizador Oxford, que incluye una compensación automática de la

temperatura, y que proporciona la concentración de vapor anestésico deseada por el operador. A lo largo del artículo se expone el funcionamiento de este dispositivo a través de un texto explicativo que se intercala con numerosos esquemas didácticos de la máquina.

61.- SNOW J. *On the Vapour of Amylene*. Med Times Gazette. 1957;17: 60-2; 1957;17:82-84.

- Comunicación de John Snow en el '*Medical Times & Gazette*', compuesta por una primera parte el 17 de enero de 1857, y una continuación el 24 de enero. En ella Snow relata los acontecimientos relacionados con el descubrimiento de la anestesia inhalatoria, y cómo desde la demostración pública de Morton, se ha ido buscando un agente anestésico con mejores propiedades. En esta búsqueda, Snow expone las características del amileno, un agente descubierto en 1844. Ofrece información sobre las propiedades fisicoquímicas del amileno y su experiencia con él tanto en experimentos animales, como en su posterior aplicación a humanos. Notifica sus efectos anestésicos, así los cambios fisiológicos en el sistema respiratorio y cardiovascular, considerándolo un agente interesante y recomendando su uso.

62.- HILL D.W. *Halothane concentrations obtained with a Dräger "Vapor" vaporizer*. Br J Anaesth. 1963;35:285-289.

- Estudio dirigido por D.W. Hill, publicado por la revista '*British Journal of Anaesthesia*' en 1963, en el que se analiza el vaporizador de halotano de la compañía *Drägerwerk*. En esta investigación se describe el diseño del vaporizador, y se realizan pruebas para valorar la precisión y estabilidad del dispositivo en un circuito con ventilador integrado. El estudio concluye que el vaporizador es preciso, estable, y que no se ve afectado por las fluctuaciones de presión producidas por la acción del ventilador.

63.- JACKSON D.E. *A New method for the production of general anesthesia and analgesia with a description of the apparatus used*. Anesth Analg. 1971;50(2)181-189.

- Artículo publicado en la revista '*Anesthesia & Analgesia*' en el número de marzo-abril de 1971, consistente en una reimpresión del artículo original publicado por Dennis E. Jackson en la revista '*Journal of Laboratory and Clinical Medicine*' en 1915. En dicha comunicación Jackson presenta un nuevo método para la producción y el mantenimiento de la anestesia, analgesia general, o ambas. Describe de forma detallada el dispositivo diseñado por el mismo para llevar a cabo este nuevo método, así como los resultados obtenidos con sus experimentos en perros. Incluye varias fotografías en blanco y negro de la máquina de Jackson.

2.3.2.- Fuentes secundarias

1.- PLOMLEY F. *Operations upon the eye*. Lancet. 1847;49(1222):134-135.

- Carta al editor de la revista *'The Lancet'*, enviada por Francis Plomley, y publicada el 30 de enero de 1847. En ella, Plomley defiende la existencia de tres estadios de la anestesia etérea, respaldando su argumento a través de tres casos clínicos en los que administró éter en cirugía oftálmica.

2.- *Nuevo aparato inventado por Charrière para la inhalación de éter*. Anales de Cirugía. Periódico de la Academia Quirúrgica Matritense. 1847;59:469.

- Noticia publicada el 14 de febrero de 1847 en *'Anales de Cirugía'*, el Periódico de la Academia Quirúrgica Matritense, a cargo de Don Matías Rodríguez, y bajo la dirección de Don Salvador Ramos. En este comunicado, cuyo autor debió ser alguno de los redactores del periódico, se describe el aparato de Charrière para la anestesia etérea. La reseña carece de ilustraciones o dibujos que representen el dispositivo.

3- *Direct laryngoscopy*. Lancet. 1895;145(3740):1132.

- Breve comunicación de la revista *'The Lancet'*, publicada el 4 de mayo de 1895. En ella se informa que el Dr. Kirstein ha inventado un nuevo método para la visualización de las cuerdas vocales, consistente en la laringoscopia directa a través de un aparato diseñado por este.

4.- MCCARDIE W.J. *Ethyl chloride as a general anesthetic*. Lancet. 1903;161(4153):952-957.

- Trabajo de William Mccardie sobre el cloruro de etilo, publicado en la revista *'The Lancet'* el 4 de abril de 1903. Describe las características fisicoquímicas del agente, los efectos fisiológicos, las características de la narcosis producida, y su experiencia con éste durante intervenciones de corta duración. Concluye que es un fármaco seguro para la anestesia, con el que no ha tenido ningún problema después de emplearlo en 450 intervenciones, y que sus efectos sobre el sistema respiratorio y circulatorio no son depresores, sino estimulantes.

5.- BUXTON D.W. *The Harcourt inhaler*. London: John J Griffin & Sons;1904.

- Texto que recoge la presentación del inhalador de Harcourt por parte de Dudley W. Buxton en la Reunión de la *'British Gynecological Society'*, el 10 de marzo de 1904. Incluye la descripción del aparato, modo de funcionamiento, e ilustraciones del dispositivo.

6.- HAMMES T. *The Harcourt inhaler*. Br Med J. 1904;2(2286):1118-1119.

- Carta al director enviada por T. Hammes a la revista '*British Medical Journal*', publicada el 22 de octubre de 1904. En ella, Hammes comunica que ha introducido una modificación en el inhalador de Harcourt, con la cual afirma obtener mejores resultados. Acompaña el texto con un dibujo en el que muestra el cambio introducido sobre la botella de cloroformo, y se muestra agradecido a Harcourt por su ingeniosa invención.

7.- BUXTON D.W. *Anaesthetics: their uses and administration*. (5ª ed.). Philadelphia: P. Blakiston's Son & Co;1914.

- Libro de texto escrito por Dudley W. Buxton sobre la anestesia inhalatoria y la anestesia locorregional. Corresponde a una quinta edición publicada en 1914 por P. Blakiston's Son & Co en Filadelfia. Encontramos información importante para nuestro estudio, tanto en lo relativo a historia de los anestésicos inhalatorios, como en lo referente a los aparatos fabricados para su administración.

8.- *New inventions. The Gwathmey gas oxygen apparatus*. Lancet. 1916;188(4857):607.

- Breve comunicación publicada en la revista '*The Lancet*' el 30 de septiembre de 1916. En ella se describen las principales características y el modo de funcionamiento del aparato de Gwathmey. No incluye imágenes y el autor es desconocido.

9.- THOMSON H.T. *Intratracheal Anaesthesia*. En Ross JS, Ed. *Handbook of Anaesthetics*. Edimburg: E. & S. Livingstone; 1919.p.96 -108.

- Capítulo sobre la anestesia endotraqueal escrito por H. Torrance Thomson, en un libro sobre anestésicos editado por J. Stuart Ross en 1919. En este capítulo encontramos información sobre los aparatos de insuflación intratraqueal de Kelly y de Shipway, entre otros.

10.- SILK J.F.W. *Modern Anaesthetics*. London: Edward Arnold;1920.

- Libro sobre anestésicos de J. Frederick W. Silk, publicado en Londres en 1920. Contiene nueve capítulos. En los dos primeros el autor repasa la historia de los diferentes anestésicos, sus propiedades fisicoquímicas y sus efectos sobre los diferentes aparatos y sistemas. El tercer capítulo trata sobre la preparación preoperatoria, incluyendo los fármacos y el instrumental. Los capítulos 4, 5 y 6 se dedican a la anestesia clínica con diferentes agentes, incluyendo los aparatos para su administración. Estos son los capítulos

más relevantes de cara a nuestro trabajo. Los últimos capítulos se dedican a los potenciales peligros, anestesia en cirugías especiales y anestesia locorreional.

11.- WIELAND H. *Acetylene Anaesthesia*. Br J Anaesth. 1925;2(3):142-153.

- Estudio de investigación presentado por Hermann Wieland en 1925 en la revista '*British Journal of Anaesthesia*'. En él Wieland describe las propiedades farmacológicas del acetileno, así como las experiencias de su uso clínico en humanos después de una fase previa en animales. Expone, tras un estudio de revisión sobre otros trabajos acerca del acetileno realizado por varios autores, las ventajas e inconvenientes de su utilización.

12.- GOLDMAN A, GOLDMAN J.D. *Acetylene-Oxygen Anaesthesia*. Brit J Anaesth. 1925;2(3):122-126.

13.- GOLDMAN A, GOLDMAN J.D. *Acetylene-Oxygen Anaesthesia*. Anesth Analg. 1925;4(5):280-286.

- Serie de dos artículos publicados por Aaron Goldman y Julius D. Goldman en las revistas '*British Journal of Anaesthesia*' y '*Anesthesia & Analgesia*', en 1925. Los autores exponen su experiencia con el uso de acetileno en anestesia en combinación con oxígeno, tanto en animales como en humanos, describiendo sus propiedades fisicoquímicas y efectos fisiológicos.

14.- MAGILL I. *An improved laryngoscope for anaesthetists*. Lancet. 1926;207(5349):500.

- Artículo publicado por Ivan Magill en la sección *New Inventions* de la revista '*The Lancet*', el 6 de marzo de 1926. En esta comunicación el autor presenta un nuevo laringoscopio para anestesiistas, y describe las mejoras introducidas en el nuevo dispositivo. Incluye una ilustración con una vista lateral del laringoscopio, y superior de la pala. Además, aporta información sobre los puntos de suministro del instrumento en la capital inglesa.

15.-. GUEDEL A.E. *Stages of Anesthesia and a Re-Classification of the Signs of Anesthesia*. Anesth Analg. 1927;6(4):157-162.

- Trabajo clásico de Arthur Guedel en la historia de la Anestesiología, publicado en la revista '*Anesthesia & Analgesia*' en agosto de 1927. Guedel establece cuatro planos o estadios de la anestesia, de más superficial a más profundo. Describe en cada estadio los cambios en la respiración, actividad oculomotora, reflejos pupilares, reflejos palpebrales, actividad deglutoria y vómito.

16.- MILLER A.R. *A new laryngoscope*. *Anesthesiology*. 1941;2(3):317-320.

- Artículo de Robert Miller publicado en la revista '*Anesthesiology*' en 1941. En este documento el autor presenta un nuevo laringoscopio, cuya principal característica es la dotación de una pala recta. Miller describe los principales cambios que introduce frente a los laringoscopios de la época. Incluye cuatro figuras correspondientes a fotografías en blanco y negro del dispositivo desde diferentes ángulos, con el objetivo de mostrar todos los detalles. Este instrumento fue comercializado por la compañía *Welch-Allyn*, con sede en Auburn (Estado de Nueva York).

17.- MACINTOSH R.R. *A new laryngoscope*. *Lancet*. 1943;241(6233):205.

- Artículo publicado por Robert Macintosh en la sección *New Inventions* de la revista '*The Lancet*', el 13 de febrero de 1943. El autor informa sobre la introducción de una hoja curva para facilitar la visión de la epiglotis y disminuir la lesión de los incisivos superiores. Esta modificación suponía una variación de la técnica de laringoscopia, ya que la pala no se debía avanzar hasta sobrepasar la epiglotis, sino que debía «calzarla». El artículo incluye una ilustración del laringoscopio de Macintosh y del laringoscopio estándar de pala recta en visión lateral, para representar las diferencias en la forma de la pala. Además, describe la técnica de laringoscopia a seguir con el nuevo dispositivo, adjuntando cuatro figuras sobre el procedimiento para facilitar la comprensión del lector. Este instrumento fue comercializado por la compañía *Medical and Industrial Equipment Ltd* de Londres.

18.- FORD W.W. *Ether inhalers in early use*. *N Engl J Med*. 1946;30(234):713-726.

- Artículo publicado por William W. Ford en la revista '*The New England Journal of Medicine*', el 30 de mayo de 1947. En este trabajo, el autor describe los principales aparatos para la anestesia etérea durante los años 1846 y 1847 en el Reino Unido, aunque también hace referencia a los aparatos de Dieffenbach's y de Charrière, de Alemania y Francia respectivamente.

19.- HIMMELSTEIN A, SCHEINER M. *The cardiotoscope*. *Anesthesiology*. 1952;13(1):62-64.

- Artículo publicado en la revista '*Anesthesiology*' en enero de 1952, en el que los autores, Aaron Himmelstein y Martin Scheiner, presentan un aparato denominado *Cardiotoscope*, un instrumento que ofrecía información continua sobre la actividad

eléctrica del corazón y la frecuencia cardiaca a través de una pantalla, y que permitía evaluar estos parámetros durante una intervención quirúrgica.

20.- MUSHIN W.W, RENDELL-BAKER L. *Modern Automatic Respirators*. Brit J Anaesth. 1954;26:131-47.

- Artículo de revisión publicado por William Mushin y Leslie Rendell-Baker en la revista '*British Journal of Anesthesia*' en 1954. Los autores analizan los respiradores automáticos disponibles en Reino Unido para su uso intraoperatorio por parte de los anestesiólogos. En la primera parte del artículo se exponen las características generales de estos dispositivos, los efectos que producen sobre la fisiología respiratoria, las indicaciones de uso y los potenciales riesgos. En la segunda parte se describen y analizan diferentes modelos de estos aparatos, siendo esta la sección más relevante de cara a nuestro estudio de investigación.

21.- BEECHER HK, TODD D.P. *A study of the deaths associated with anesthesia and surgery: based on a study of 599,548 anesthetics in ten institutions 1948-1952, inclusive*. Ann Surg. 1954;140(1):2-35.

- Estudio publicado por Henry Beecher y Donald Todd en la revista '*Annals of Surgery*' en 1954. En este trabajo los autores analizan las causas de muerte asociadas a la anestesia y cirugía en un periodo de cinco años en diez instituciones. Actualmente es considerado un hito en la historia de la seguridad del paciente, ya que marcó un antes y un después en el manejo anestésico quirúrgico de los pacientes tras revelarse objetivamente las principales causas de muerte.

22.- RAVENTÓS J. *The action of fluothane – A new volatile anaesthetic*. Brit J Pharmacol. 1956;11:394-410.

- Artículo sobre el halotano publicado por Jaume Raventós, catalán exiliado durante la guerra civil, en la revista '*British Journal of Pharmacology*' en 1956. Raventós era uno de los químicos que formaba parte del grupo de investigación de Suckling en la *Imperial Chemical Industries*. En este trabajo, Raventós describe las propiedades físicas del halotano, los experimentos llevados a cabo con animales (ratas, ratones, conejos, perros, gatos y monos) y sus resultados.

23.- JOHNSTONE M. *The human cardiovascular response to fluothane anaesthesia*. Br J Anaesth. 1956;28(9):29-39.

- Estudio de investigación sobre el halotano en humanos, presentado por Michael Johnstone en la revista '*British Journal of Anaesthesia*' en 1956. Realizado sobre 500 pacientes, contiene los apartados actuales propios de los estudios de investigación: introducción, método, resultados, discusión y conclusiones.

24.- HEIDBRINK J.A. *Memoirs*. Newsmonthly. 1957;4(3):5-11.

- Memorias publicadas por Jay A. Heidbrink en la revista '*Newsmonthly*', divulgación de la *American Dental Society of Anesthesiology*. En ellas, Heidbrink habla de sus primeras experiencias con la anestesia local, y del salto a la anestesia general años más tarde. En el ámbito de esta última, Heidbrink comenzó usando la máquina de anestesia de Teter. Los fallos detectados en esta máquina le motivaron a diseñar un nuevo modelo, que posteriormente fue perfeccionado. El éxito de su máquina y la concepción de nuevas ideas hicieron que Heidbrink entrara en el negocio de la industria manufacturera con la fundación de su propia compañía.

25.- ROLLASON W.N, HOUGH M. *Electrocardiographic studies during endotracheal intubation and inflation of the cuff*. Br J Anaesth. 1957;29: 367-374.

- Artículo publicado por W.N. Rollason y M. Hough en la revista '*British Journal of Anaesthesia*' en 1957. Se trata de un estudio de investigación sobre los cambios electrocardiográficos asociados con la intubación endotraqueal y el inflado del manguito, en 40 pacientes sometidos a anestesia general.

26.- SUCKLING C.W. *Some chemical and physical factors in the development of fluothane*. Br J Anaesth. 1957;29(10):466-72.

- Artículo sobre el descubrimiento del flutoano (halotano) publicado por Charles Suckling en la revista '*British Journal of Anaesthesia*' en 1957. En él explica las labores de investigación realizadas con varios compuestos en la compañía *Imperial Chemical Industries*. Artículo eminentemente químico, con alusiones a otros trabajos sobre las propiedades de los anestésicos volátiles, y que sirvieron como guía al autor durante su estudio de investigación.

27.- ARTUSIO J.F, POZNAK A. VAN, HUNT R.E., TIERS R.M, ALEXANDER M. *A clinical evaluation of methoxyflurane in man*. Anesthesiology. 1960;21:512-517.

- Estudio clínico sobre el metoxiflurano presentado en 1960 por Joseph Artusio y cols. en la revista '*Anesthesiology*'. El estudio fue llevado a cabo en 100 pacientes sometidos a distintos tipos de intervenciones quirúrgicas. Emplearon tres métodos de administración

diferentes: abierto, semicerrado y cerrado, y estudiaron sus efectos sobre diversos aparatos y sistemas, incluyendo sus propiedades anestésicas.

28.- PHILLIPS O.C, FRAZIER T.M, GRAFF T.D, DEKORNFELD T.J. *The Baltimore Anesthesia Study Committee. Review of 1,024 postoperative deaths.* JAMA. 1960;174:2015-2019.

- Estudio llevado a cabo por miembros del departamento de Anestesiología de los hospitales de la ciudad de Baltimore, publicado en la revista '*Journal of the American Medical Association*' en 1960. Los autores, encabezados por O.C. Phillips, analizaron las causas de muerte postoperatorias en un periodo de cinco años (1953-1959), encontrando que las relacionadas con la anestesia presentaban una tasa de 4/10000.

29.- DRIPPS R.D, LAMONT A, ECKENHOFF J.E. *The role of anesthesia in surgical mortality.* JAMA. 1961;178(3):261-266.

- Estudio de Robert Dripps, Austin Lamont y James Eckenhoff, publicado en la revista '*Journal of American Medical Association*' en 1961. En este trabajo los autores analizaron el papel que juega la anestesia en la mortalidad quirúrgica. Se estudiaron 33224 pacientes que recibieron anestesia espinal, o general con relajantes musculares. Se prestó especial atención a la relación entre mortalidad y situación basal del paciente, y a la relación entre el uso de relajantes musculares y la mortalidad.

30.- MERKEL G, EGER EI 2nd. *A comparative study of halothane and halopropane anesthesia including method for determining equipotency.* Anesthesiology. 1963;24:346-357.

- Estudio comparativo entre el halotano y el halopropano, publicado por G. Merkel y E.I Eger, en la revista '*Anesthesiology*' en 1963. Dicho estudio fue llevado a cabo en perros bajo ventilación espontánea y controlada. Los parámetros de medición fueron la equipotencia anestésica, y los efectos sobre el sistema cardiovascular y respiratorio.

31.- KATZ R.L. *A nerve stimulator for the continuous monitoring of muscle relaxant action.* Anesthesiology. 1965;26(6):832-833.

- Artículo de Ronald Katz en la revista '*Anesthesiology*', publicado en el número de noviembre-diciembre de 1965. En esta comunicación el autor describe un aparato de neuroestimulación denominado *Block-Aid Monitor*, y expone su experiencia con este dispositivo para la medición del grado de bloqueo neuromuscular, tras emplearlo durante casi un año en el *Columbia-Presbyterian Medical Center*.

32.- EGER E.I 2nd, SAIDMAN L.J, BRANDSTATER B. *Minimum alveolar anesthetic concentration: a standard of anesthetic potency*. *Anesthesiology*. 1965;26(6):756-763.

- Artículo publicado en la revista '*Anesthesiology*' en 1965. Los autores realizaron una investigación en perros para determinar la Concentración Alveolar Mínima (CAM) del halotano, un nuevo concepto postulado para medir la potencia anestésica de un agente.

33.- BAHL C.P, WADWA S. *Consciousness during apparent surgical anaesthesia*. *Br J Anaesth*. 1968;40(4):289-291.

- Caso clínico publicado por C.P Bahl y Shanta Wawda en la revista '*British Journal of Anaesthesia*', en 1968. Los autores, pertenecientes al departamento de anestesia del *G.B. Pant Hospital and Irwin Hospital* (Nueva Delhi, India) informaron sobre un caso de despertar intraoperatorio, en el que el paciente refería haber estado consciente y con dolor durante una intervención de neumonectomía, a pesar de una aparente anestesia adecuada durante el procedimiento.

34.- ROBERTS D.V, WILSON A. *Electromyography in the diagnosis and treatment of myasthenia gravis*. *Br J Pharmacol*. 1968;34(1):229-230.

- Breve comunicación publicada por D.V. Roberts y A. Wilson en la revista '*British Journal of Pharmacology*', el 11 de julio de 1968. Los autores describen la utilidad de la estimulación repetida (tren de cuatro) para el diagnóstico de la miastenia gravis, así como para la detección de complicaciones que puedan ocurrir con el tratamiento concurrente con otros medicamentos.

35.- ALI H.H, UTTING J.E, GRAY C. *Stimulus frequency in the detection of neuromuscular block in humans*. *Br J Anaesth*. 1970;42(11):967-978.

- Artículo de Hassan Ali, J.E. Utting y Cecil Gray, publicado en la revista '*British Journal of Anaesthesia*' en noviembre de 1970. Los autores evaluaron la validez de dos métodos de cuantificación de la función neuromuscular, para valorar el grado de bloqueo neuromuscular en pacientes curarizados durante la anestesia general.

36.- BACHMAN L, EGER E.I 2nd, WAUD B.E, WAUD D.R. *MAC and dose-response curves*. *Anesthesiology*. 1971;34:201-204.

- Publicación compuesta por tres cartas al editor de la revista '*Anesthesiology*', escritas por L. Bachman, E.I. 2nd Eger y B.E. Waud respectivamente. Estas cartas fueron publicadas en febrero de 1971. En las dos primeras, Bachman y Eger discuten una publicación de

Waud de 1971 sobre la concentración alveolar mínima y las curvas dosis-respuesta. La tercera carta es la respuesta de Waud a los comentarios de los dos autores anteriores.

37.- LUNN J.N, MUSHIN W.W. *Mortality associated with anesthesia*. *Anaesthesia*. 1982;37(8):856.

- Artículo publicado por John Lunn y William Mushin en la revista '*Anaesthesia*' en 1982. Se trata de un artículo especial, en el que los autores ofrecen un resumen de los resultados más importantes de un estudio sobre la mortalidad asociada a la anestesia. La metodología de este trabajo fue descrita en otro artículo en la misma revista tres años antes. La principal conclusión del estudio es que, aunque la mortalidad atribuida a la anestesia es muy baja (1/10000), la mayoría de éstas son probablemente evitables.

38.- GRAVENSTEIN I.S. *Is There Minimal Essential Monitoring?* *APSF Newsletter*. 1986;1:1.

- Artículo publicado en 1986 por I.S Gravenstein en la revista *APSF Newsletter*, revista oficial de la '*Anesthesia Patient of Safety Foundation*'. En esta comunicación el autor describe las recomendaciones existentes en 1986 sobre la monitorización aconsejable en pacientes sometidos a anestesia, y se pregunta si esas recomendaciones son llevadas a cabo en la práctica clínica.

39.- EICHHORN J.H, COOPER J.B, CULLEN, D.J, et al. *Standards for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School*. *JAMA*. 1986;256(8):1017-1020.

- Presentación en la revista '*Journal of the American Medical Association*', 1986, de los estándares de monitorización mínima del paciente durante la anestesia, implantados en los nueve hospitales dependientes del departamento de Anestesia de la Facultad de Medicina de Harvard, Boston. Estos requisitos, de carácter obligatorio, fueron diseñados por el grupo de John Eichhorn, y son descritos como estándares técnicamente alcanzables en todos los entornos y asequibles en términos de esfuerzo y costo. Según los autores, con la detección temprana de eventos adversos durante la anestesia se conseguirá la prevención o mitigación de lesiones del paciente y, por ende, las reclamaciones judiciales. Recomiendan la exportación de este modelo a todas las especialidades médicas.

3.- ESTUDIO CRÍTICO

3.1.- SIGLO XIX: DESARROLLO DE LA ANESTESIA INHALATORIA

El desarrollo de la anestesia como verdadera ciencia en el sentido estricto de la palabra se produjo durante el siglo XIX. Esto fue posible gracias a los adelantos en la química, principalmente con el descubrimiento de algunos gases en estado puro, durante los siglos XVII y XVIII. Estas experiencias pueden ser consideradas como la antesala de la revolución anestésica del éter, ya que dieron lugar al conocimiento de algunas sustancias gaseosas y líquidos volátiles que jugaron un papel trascendental en el desarrollo de la anestesia quirúrgica a partir de 1846⁴⁹.

3.1.1.- Antecedentes

Desde el Renacimiento, la Medicina fue desligándose de las supersticiones de la Edad Media, abriéndose campo libre hacia la objetividad y la observación científica, asentándose de esta forma la base del Racionalismo moderno.

Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus Von Hohenheim (1493-1541), más conocido como Paracelso (figura 1), comenzó a desvincularse de la polifarmacia árabe y a buscar drogas eficaces a través del conocimiento de la propia química de la naturaleza.



Figura 1. Retrato de Paracelso. Dominio público

⁴⁹ RIERA-PALMERO, J. (1997) *Breve historia de la anestesiología*. Valladolid: Seminario de *Historia de la Medicina*. p.27.

Paracelso experimentó con azufre, plomo, antimonio, mercurio, hierro, cobre y sus compuestos⁵⁰, dejando un legado que heredaron los iatroquímicos del Barroco, entre los que destacó Robert Boyle (1627-1691, figura 2), quien demostró, a través de sus experimentos, que la vida de un animal, al igual que la combustión de una vela, era sustentada por el aire, donde consideraba que había una sustancia que participaba en ambos procesos⁵¹.

En 1754, durante la Ilustración, Joseph Black (1728-1799) descubrió el dióxido de carbono (CO₂). Poco después, en 1772, Joseph Priestley (1732-1804) y Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) descubrieron el oxígeno de forma independiente, mientras que Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794), por su parte, descubrió la importancia de éste en la respiración⁵².



Figura 2. Retrato de Robert Boyle. Dominio público

Ese mismo año, 1772, Joseph Priestley (figura 3) descubrió el óxido nitroso. Las propiedades analgésicas de este gas fueron conocidas tanto por Priestley como por Humphry Davy

⁵⁰ PUERTO SARMIENTO, F.J. (1991) *El Renacimiento. La superación de la tradición*. Madrid: Ediciones Akal. p.38-43.

⁵¹ WEST, J.B. (2005) "Robert Boyle's landmark book of 1660 with the first experiments on rarified air". *J Appl Physiol* (1985);98(1):31-39; ROLANDO NERI, J.Z. (2013) *Historia de la ventilación mecánica*. En: CRUZ, F., FAJARDO, G., NAVARRO, F.P., CARILLO, R. Eds. *Ventilación Mecánica*. México: Alfil. p.1-9.

⁵² SLUTSKY, A.S. (2015) "History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung injury". *Am J Respir Crit Care Med*;191(10):1106-1115.

(1778-1829, figura 4), quien investigó sus efectos fisiológicos y sugirió, en 1800, que podría ser valioso en cirugía, sin llegar a profundizar en el asunto⁵³.

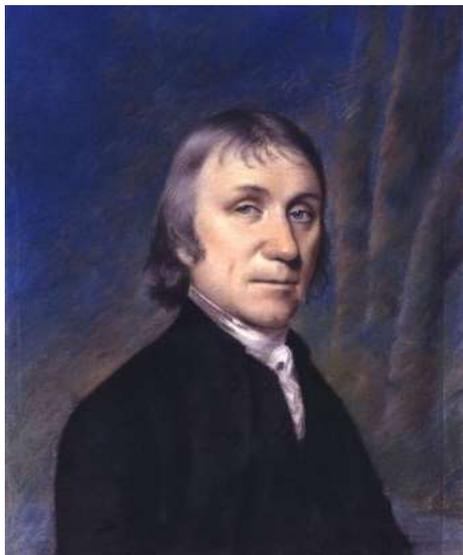


Figura 3. Retrato de Joseph Priestley. Dominio público.



Figura 4. Retrato de Humphry Davy. Dominio público.

A comienzos del siglo XIX, Michael Faraday (1791-1867) sugirió que la inhalación de vapores de éter sulfúrico producía efectos similares a los del óxido nitroso. El éter era un agente conocido desde hacía tiempo y que se había recomendado incluso en patologías como el asma.

Sin embargo, el uso de estas sustancias se vio limitado a su inhalación como forma de entretenimiento popular en exhibiciones como ferias, circos, o en fiestas privadas. Crawford Williamson Long (1815-1878, figura 5), un médico estadounidense que había organizado fiestas con éter en su casa, observó que bajo la influencia de estos vapores la gente se lastimaba, pero no sentía dolor. Motivado por estas observaciones, en marzo de 1842 Long practicó la primera intervención quirúrgica bajo anestesia general de la historia para extirpar un tumor en el cuello a un amigo llamado James M. Venable. El hecho tuvo lugar en Georgia (EEUU). Long colocó una toalla empapada de éter en la nariz y boca de Venable mientras supervisaba su pulso. Cuando este quedó dormido, Long extirpó rápidamente el tumor y a continuación colocó un apósito en el sitio quirúrgico, realizándose el procedimiento de forma indolora⁵⁴.

⁵³ RUSHMAN, G.B., DAVIES, N.J.H., ATKINSON, R.S. (1996) *A Short History of Anaesthesia. The first 150 years*. Oxford: Butterworth Heinemann.

⁵⁴ MÁRQUEZ-ESPINÓS, C., FRANCO-GRANDE, A. (2001) “Los comienzos de la Anestesia”. En: TORRES, L.M. Ed. *Tratado de Anestesia y Reanimación*. Madrid: Arán. p.3-22; ANAYA-PRADO, R., SCHADEGG PEÑA, D. (2015) “Crawford Williamson Long: The True Pioneer of Surgical Anesthesia”. *J Invest Surg*;28(4):181-187.

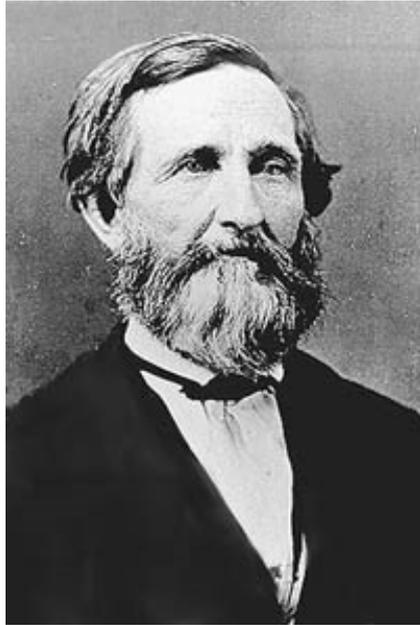


Figura 5. Fotografía de Crawford W. Long.
Dominio público.

Por otra parte, Horace Wells (1815-1848, figura 6), un dentista de Hartford, Connecticut, utilizó con éxito el óxido nitroso como agente anestésico para procedimientos dentales durante 1844. En enero de 1845 viajó a Boston para demostrar la eficacia de su descubrimiento en una exhibición pública, en la que un estudiante de medicina se ofreció como voluntario para someterse a una extracción dental bajo los efectos del óxido nitroso. No obstante, durante el procedimiento el paciente gritó y pareció sentir dolor, por lo que la mayoría de los observadores allí presentes consideraron el experimento un fracaso⁵⁵.

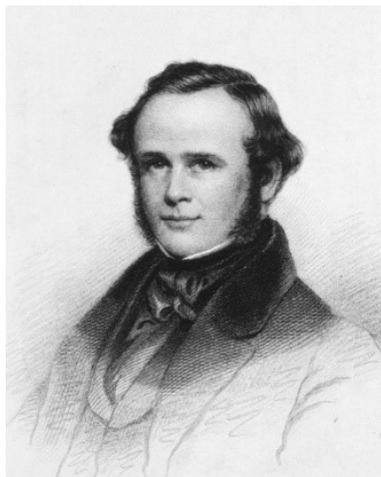


Figura 6. Retrato de Horace Wells.
Dominio público.

⁵⁵ HARIDAS, R.P. (2013) "Horace Wells' Demonstration of Nitrous Oxide in Boston". *Anesthesiology*;119(5):1014-1022.

3.1.2.- Demostración pública de Morton (1846). El primer aparato de anestesia

A pesar de estos antecedentes, se atribuye a William Green Morton (1819-1868, figura 7), el inicio de la anestesia moderna debido al éxito de la demostración pública llevada a cabo el 16 de octubre de 1846, en el Hospital General de Massachussets, Boston (figura 8).



Figura 7. Retrato de William Morton. Dominio público.



Figura 8. Pintura de la primera operación con éter. 1846. Dominio público.

Esta demostración consistió en un acto quirúrgico realizado por John Collins Warren (1778-1856), cirujano jefe de dicho hospital. El paciente, un trabajador de imprenta llamado Gilbert Abbott, fue intervenido de una tumoración cervical congénita bajo los efectos del éter sulfúrico administrado por Morton⁵⁶, el cual empleó para ello un inhalador diseñado por él mismo⁵⁷.

El diseño y las dimensiones exactas del inhalador que usó Morton el 16 de octubre de 1846 no se conocen. Las ilustraciones del inhalador que pudo haber usado ese día varían desde un globo de vidrio con una espita de madera, hasta un globo de vidrio con válvulas y una boquilla de vidrio. El que observamos en la figura 9 se encuentra en el Hospital General de Massachussets desde 1946, cuando fue cedido por el *Museo Anatómico de Warren* con motivo del primer centenario de la demostración pública de Morton. Los autores creen que el inhalador fue entregado por Morton a Jonathan Mason Warren (1811-1867) en enero de 1847⁵⁸.



Figura 9. Inhalador de éter de Morton en posesión del Hospital General de Massachussets. Imagen reproducida de: Haridas RP, Mifflin JA. Researches regarding the Morton ether inhaler at Massachusetts General Hospital, Boston. *Anesth Analg*. 2013;117(5):1231. Con permiso.

⁵⁶ UNDERWOOD, E.A. (1946) "Before and After Morton". *BMJ*; 2(4475):525-531.

⁵⁷ THOMAS, K.B. (1975) *The development of Anaesthetic Apparatus. A history based on the Charles King Collection of the Association of anaesthetists of Great Britain and Ireland*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

⁵⁸ HARIDAS, R.P., MIFFLIN, J.A. (2013) "Researches regarding the Morton ether inhaler at Massachusetts General Hospital, Boston". *Anesth Analg*; 117(5):1230-1235.

No obstante, tal y como señalan Haridas y cols, no se cree que éste sea el inhalador que Morton usó el 16 de octubre de 1846, lo que concuerda con la información ofrecida por Thompson & Wilkinson, en la que mencionan que el modelo utilizado el 16 de octubre no tenía válvulas, mientras que el utilizado en la segunda operación, el 17 de octubre, y descrito en la carta de Bigelow, incorporaba válvulas en la boquilla de latón⁵⁹.

En la figura 10 se muestra una réplica del inhalador usado el 16 de octubre de 1846. Esta réplica fue realizada por la *New York State Society of Anesthesiologists* en 1950, y presentada en la Asociación de anestésistas de Gran Bretaña e Irlanda.

El inhalador estaba compuesto por una pequeña bola de cristal con dos cuellos. El interior de la bola contenía una esponja. Por uno de los cuellos se depositaba el éter, y por el otro se acoplaba una espita de madera que regula el paso de gas, y que se conectaba en el otro extremo a la boca del paciente.



Figura 10. Réplica del inhalador de Morton empleado en la primera demostración de octubre de 1846. Imagen disponible en: anaesthesiaheritagecentre – Association of anaesthetists heritage centre (wordpress.com). Reproducida con permiso de la *Association of Anaesthetists Heritage Centre*. Referencia LDBOC:1.1.3.

Lo que diferenció el éxito de Morton del de sus precursores fue la difusión del conocimiento y su consecuente repercusión. En esta difusión contribuyó notablemente Henry Jacob Bigelow (1818-1890), quien en noviembre de 1846 publicó una carta en el '*Boston Medical and Surgical Journal*', figura 11. En esta carta Bigelow comunicaba la eficacia de la anestesia

⁵⁹ THOMPSON, P.W., WILKINSON, D.J. (1985) "Development of anaesthetic machines". *Br J Anaesth*;57:640-648.

etérea practicada por Morton, tanto en su demostración pública en el Hospital General de Massachussets, como en otros procedimientos quirúrgicos realizados a posteriori⁶⁰.

Esta carta supuso el despegue de la anestesia general, tal y como señala Dormandy en su libro⁶¹, ya que la noticia se extendió rápidamente por América, llegando a Europa antes de que finalizara el año. Además, Jacob Bigelow, padre de H. J. Bigelow, también envió una carta ese mismo noviembre al Dr. Francis Boot de Londres, informándole sobre la eficacia del uso del éter sulfúrico (figura 12).

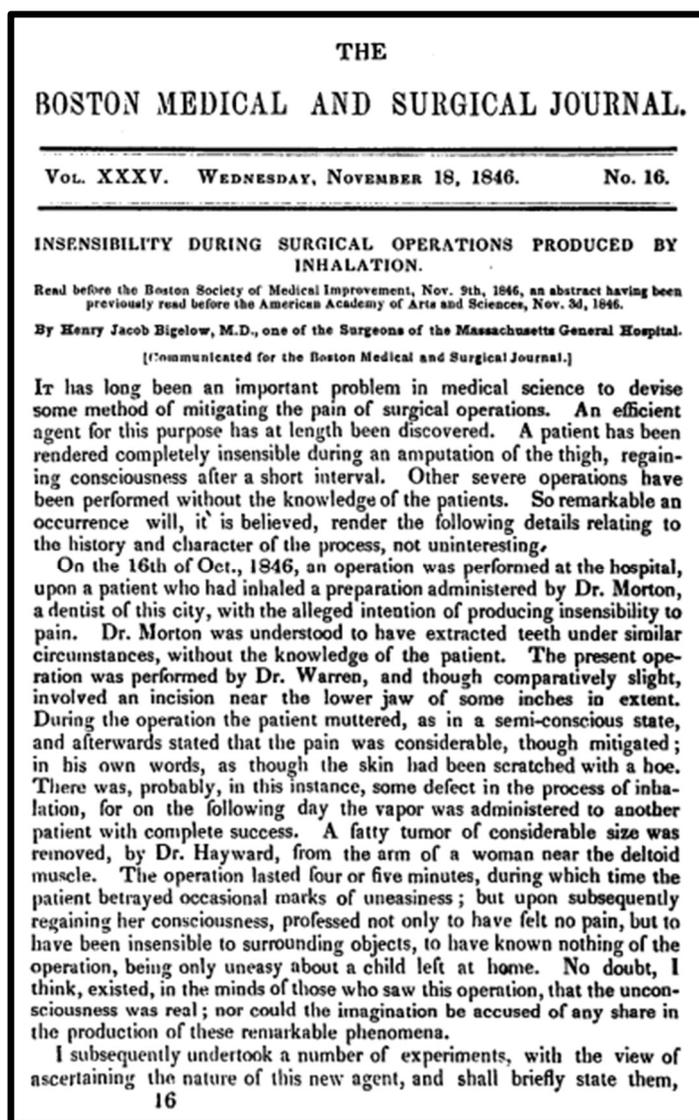


Figura 11. Carta de H.J. Bigelow al 'Boston Medical and Surgical Journal'.⁶²

⁶⁰ BIGELOW, H.J. (1846) "Insensibility during surgical operations produced by inhalation". *Boston Med Surg J*;35:309-317.

⁶¹ DORMANDY, T.H. (2006) *El peor de los males. La Lucha contra el dolor a lo largo de la Historia*. Madrid: Antonio Machado Libros. p.117-118.

⁶² Primera página de la publicación de la carta que H.J. Bigelow envió al 'Boston Medical and Surgical Journal' comunicando el descubrimiento de la anestesia inhalatoria.

El Dr. Boot remitió el trabajo de Bigelow al cirujano londinense Robert Liston, quien utilizó el éter para llevar a cabo una amputación el 21 de diciembre de 1846. Este procedimiento se llevó a cabo con éxito, y se convirtió en la primera operación con anestesia realizada en Europa⁶³.

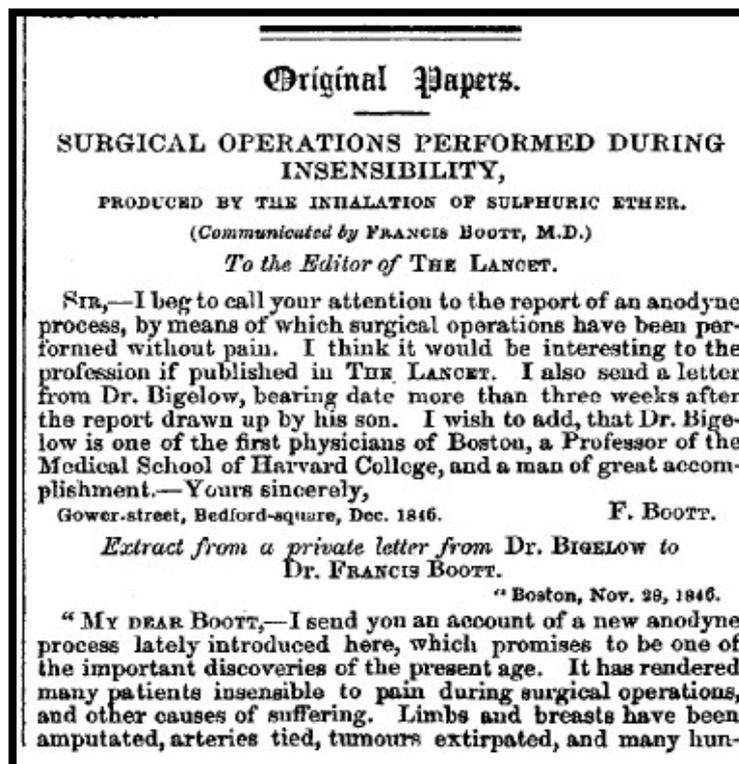


Figura 12. Primera página del artículo de la revista 'The Lancet' el 2 de febrero de 1847, en la que se encuentra el extracto de la carta que J. Bigelow envió al Dr. Boott informándole de la experiencia exitosa de Morton.

Los primeros años de la anestesia etérea se caracterizaron por la aparición de una gran cantidad de inhaladores. El propio Morton realizó varias modificaciones de su inhalador de éter en colaboración con diversos fabricantes de instrumentos, con el objetivo de obtener un aparato que permitiera conseguir un resultado más seguro y satisfactorio para el paciente. Finalmente, tal y como se recoge en su carta enviada a la revista 'The Lancet' en 1847 (figura 13), optó por desarrollar un cono de inhalación, una especie de máscara facial que contenía una esponja empapada de éter en su interior, y que se acoplaba a la nariz-boca del paciente⁶⁴.

⁶³ CAVAZOS GUZMAN, L., CARRILLO ARRIAGA, J.G. (2009) "Avance en los conocimientos anatómicos y la evolución de la cirugía (anestesia, asepsia, antisepsia, hemostasia, infección y enfermería moderna)". En: MORALES SAAVEDRA, J.L. Ed. *Historia y evolución de la Medicina*. México D.F.: Manual Moderno. p.81-114; (1847) "Surgical operations performed during insensibility, produced by the inhalation of sulphuric ether". *Lancet*;49(1218):5-8.

⁶⁴ MORTON, W.T.G. (1847) "Letter from Dr. Morton, of Boston, U.S.". *Lancet*;50(1246):80-81.

Correspondence.

LETTER FROM DR. MORTON, OF BOSTON, U.S.

To the Editor of THE LANCET.

SIR,—I take the liberty of stating to you an improvement I have made in the mode of administering the ether in my practice, since my discovery was promulgated to the world.

As in everything else new, I had to find my way along slowly and cautiously, after discovering the new property of

Figura 13. Carta de Morton a la revista 'The Lancet', en la que informa sobre las modificaciones introducidas en su aparato de anestesia.

Diversos autores han tratado de clasificar la vasta producción de aparatos de anestesia que surgieron a partir de los años cuarenta del siglo XIX. Según Collins⁶⁵, la evolución de la máquina de anestesia presenta varias etapas, coexistentes entre sí:

1. Etapa inicial; de 1846 a 1850.
2. Etapa de los conos de inhalación; de 1850 a 1876.
3. Etapa de los inhaladores «cerrados»; de 1876 a 1906.
4. Etapa de los métodos «abiertos» de administración; de 1895 a 1945.
5. Retorno a los métodos «semiabiertos»; de 1905 a 1941.
6. Métodos de «vapor»; de 1867 a 1941.
7. Anestesia endotraqueal; de 1871 a 1945
8. Etapa de los gases anestésicos; de 1894 a 1945.

Núñez, en cambio, simplifica esta clasificación en tres grupos:

1. Dispositivos de anestesia de 1846-1876: los inhaladores simples.
2. Dispositivos de anestesia de 1876-1911: los inhaladores complejos.
3. Dispositivos de anestesia de 1912 hasta la fecha: las máquinas de gas⁶⁶.

K. Bryn Thomas, en su libro *The development of Anaesthetic Apparatus*⁶⁷, agrupa los primeros dispositivos en función del agente anestésico empleado en los diferentes diseños:

1. Aparatos de Éter
2. Serie del Cloroformo
3. Serie del Óxido Nitroso

⁶⁵ COLLINS, V.J. (1980) *Anesthesiología*, (2ª ed.). México D.F.: Interamericana. p.8-9.

⁶⁶ NUNEZ, C.M. (1996) "The evolution of Anesthesia Machine". *Bull Anesth Hist*;15(4):12-15.

⁶⁷ THOMAS, K.B. (1975) *The development of Anaesthetic Apparatus. A history based on the Charles King Collection of the Association of anaesthetists of Great Britain and Ireland*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Con respecto a la clasificación basada en el sistema o circuito de ventilación, a modo didáctico diremos que los sistemas de ventilación son el conjunto de elementos que transportan el gas desde la máquina de anestesia hasta el paciente. En función de su diseño estos sistemas se clasifican en:

1. Abiertos: el gas llega y sale del paciente a través de la atmósfera. No hay bolsa de reservorio ni reinhalación. El ejemplo más representativo son las máscaras de alambre.
2. Semiabiertos: el gas se inspira desde la máquina, pero se espira completamente al medio ambiente. Son sistemas que tienen una válvula espiratoria que impide que el gas exhalado vuelva a la máquina. Un ejemplo es el aparato empleado por Morton en su segunda demostración.
3. Semicerrados: el gas llega al paciente a través de la máquina, y durante la espiración, una parte es desviado a la atmósfera mientras que otra se dirige a un componente del dispositivo, normalmente una bolsa reservorio. En la siguiente inspiración se inhala parte del gas presente de la bolsa, por lo que se produce reinhalación de los gases anestésicos y del dióxido de carbono (reinhalación parcial). Esta bolsa reservorio se puede utilizar para asistir la ventilación del paciente.
4. Cerrados: el circuito es completamente independiente de la atmósfera, por lo que se produce una reinhalación total⁶⁸. La reinhalación de los componentes deletéreos, como el dióxido de carbono, se puede evitar intercalando un absorbedor de dióxido en la parte espiratoria del circuito. A lo largo de esta tesis veremos ejemplos de circuitos cerrados y semicerrados.

Para una mejor comprensión, describiremos el desarrollo cronológico de los diferentes aparatos de anestesia, desde los precursores de estos dispositivos hasta la integración del ventilador en las máquinas de anestesia, si bien haremos un paréntesis temporal para hablar de las máscaras de alambre. Examinaremos el tipo de dispositivo, características más peculiares, y cuando proceda, sistema de ventilación empleado.

⁶⁸ KLING, J.C., HERNÁNDEZ, M. (2004) “La máquina de anestesia”. En: GIRALDO, J.C. Ed. *Principios Básicos de Anestesiología*. Bogotá: Centro editorial Universidad del Rosario. p.55.

3.2.- INHALADORES TEMPRANOS

3.2.1.- Precursores

El suministro de vapores terapéuticos y aerosoles por inhalación era conocido desde la medicina egipcia, griega o china. La llegada de la revolución industrial en 1760 allanó el camino para el avance en el suministro de aerosoles terapéuticos, apareciendo nuevos sistemas de administración, como los nebulizadores o los inhaladores de polvo seco. John Mudge (1721-1793), médico inglés, abogó por inhalar el aerosol del agua caliente que contenía opio para el tratamiento de la tos catarral, y acuñó el término «inhalador» para describir un dispositivo de inhalación que introdujo por primera vez en 1778 (figura 14). Este instrumento consistía en una jarra de peltre con una tapa en su parte superior, la cual disponía de un adaptador al que se acoplaba un tubo flexible por donde inhalaba el paciente. El inhalador de Mudge presentaba orificios en el mango y en la tapa para extraer el aire y burbujear el líquido caliente de su interior⁶⁹.



Figura 14. Dibujo (a) y fotografía (b) del inhalador de Mudge. Dominio público.

Otro inhalador de gas temprano fue el que construyó James Watt (1736-1819) para Humphry Davy (1778-1829) en 1799, que consistió en un gasómetro al que se le había adherido una bolsa de seda casi impermeable desde la que se inhalaba el gas (figura 15). Es probable que William Allen (1770-1843), un profesor de química, usara este inhalador en el Guy's Hospital de Londres, en 1800, para demostrar los resultados de la inhalación de óxido nitroso, observando especialmente la pérdida de sensación de dolor⁷⁰.

⁶⁹ STEIN, S.W, THIEL, C.G. (2017) "The History of Therapeutic Aerosols: A Chronological Review". *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*;30(1):20-41.

⁷⁰ KING, A.C. (1946) "History and development of anaesthetic apparatus". *Br Med J*;2:536-539.

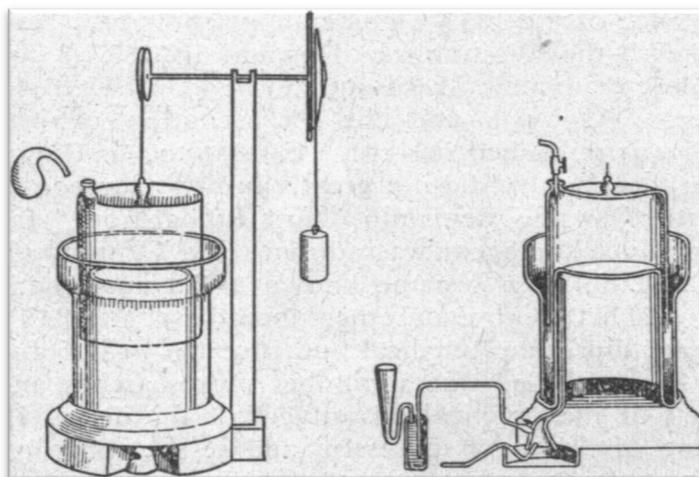


Figura 15. Gasómetro de óxido nitroso de Davy. 1799. Imagen reproducida de: King AC. History and development of anaesthetic apparatus. *Br Med J.* 1946; 2:536. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd. Copyright 2020.

3.2.2.- Inhalador de éter de Squire

Con la introducción de la anestesia inhalatoria, en octubre de 1846, la proliferación e innovación de estos sistemas experimentó un auge sin precedentes. En Inglaterra, la administración del éter para la amputación practicada por Robert Liston en diciembre de 1846 fue realizada por William Squire (1825-1899), un estudiante de medicina de 21 años. El aparato empleado fue el inhalador de Squire, fabricado por un farmacéutico de Oxford: Peter Squire (1798-1884), tío de William Squire⁷¹. El aparato de Squire (figuras 16 y 17) consistía en la parte inferior de un aparato de Nooth (figura 18), y un embudo de vidrio que se encajaba en este. El embudo contenía en su interior una esponja empapada con éter puro, un orificio superior, y un tubo flexible de inhalación en la parte inferior. En la figura 16 se detallan los componentes de dicho aparato:

- A.- Urna con tapón, en la que se vierte el éter
- B.- Válvula que admite la entrada de aire
- C.- Contenedor con esponja saturada de éter
- D.- Válvula que se abre con la inspiración y se cierra con la espiración
- E.- Regulador de la cantidad de aire atmosférico admitido
- F.- Válvula de escape del aire espirado
- G.- Boquilla
- H. Jarra inferior (parte del aparato de Nooth)
- I.- Pinza, resorte, para cerrar la nariz⁷².

⁷¹ ELLIS, H., ABDALLA, S. (2001) *A History of Surgery*. London: Greenwich Medical Media Ltd. p.85.

⁷² DUNCUM, B.M. (1947) *The development of inhalation anaesthesia. With special reference to the years 1846-1900*. London: Oxford University Press.

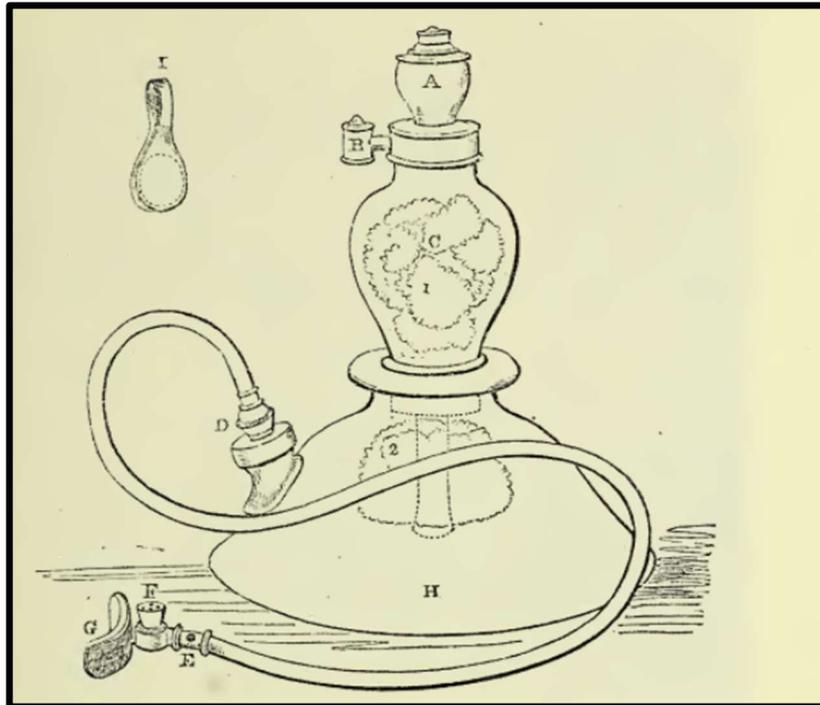


Figura 16. Dibujo del inhalador de Squire con sus diferentes partes representadas por letras. Extraído del libro de Bárbara Duncum. Referencia: DUNCUM, B.M. (1947).



Figura 17. Fotografía del inhalador de Squire de 1846. Imagen de dominio público. Créditos: Copy of the Squire-type ether inhaler first used in 1846. Credit: Science Museum, London. Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

La boquilla del extremo distal del tubo flexible era introducida en la boca del paciente. La nariz se colapsaba con la pinza destinada a tal efecto. De este modo, durante la inhalación, el aire entraba a través de la válvula superior del aparato, atravesaba la esponja, y arrastraba los

vapores de éter hacia el sistema respiratorio del paciente, llevando a cabo la inducción de la anestesia.

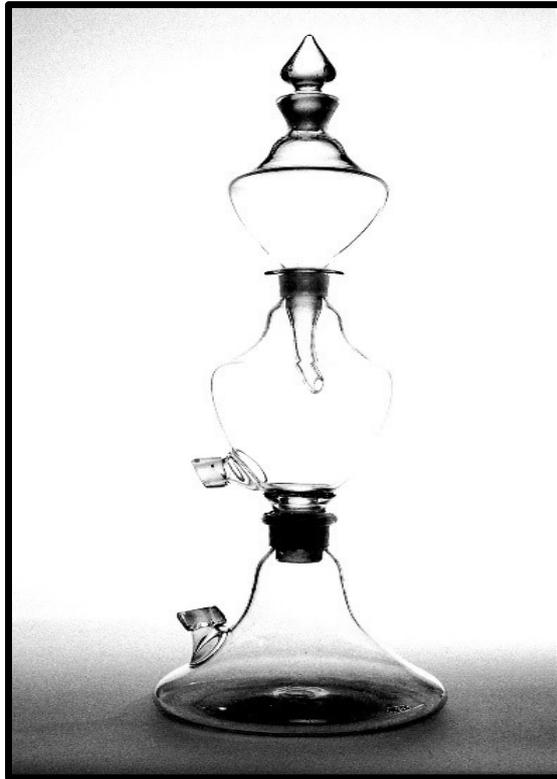


Figura 18. Fotografía del aparato del Dr. Nooth, contemporáneo de J. Priestley, para la preparación de agua con dióxido de carbono. Imagen de dominio público. Créditos: Nooth's Apparatus. Credit: Wellcome Collection. Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

3.2.3.- Inhalador de éter de Robinson

Un aparato con un diseño similar al inhalador de Squire fue el inhalador de Robinson. James Robinson (1813-1862), fue el primero en administrar éter en Inglaterra para la extracción de un molar, y lo hizo el 19 de diciembre de 1846, dos días antes de la amputación realizada por Robert Liston. El aparato empleado inicialmente falló en tres de los cuatro siguientes casos en los que lo utilizó, por lo que fue modificado tras considerar sus posibles defectos. La versión definitiva fue presentada en su libro *A Treatise on the Inhalation of the Vapour of Ether, for the Prevention of Pain in Surgical Operations* de 1847 (figura 19). Robinson consideraba que en la fabricación de cualquier aparato para la anestesia etérea eran necesarias cinco cualidades:

1. Que el aire que ingresara a los pulmones debía ser exclusivamente como el que había pasado a través del recipiente que contenía éter.
2. Que la máscara o copa para cubrir la boca estuviera hecha de un material tan flexible que fuera capaz de adaptarse perfectamente al contorno, a fin de excluir el aire atmosférico libre.
3. Que se asegurara una salida adecuada para la expulsión del aire ya respirado.
4. Que el tubo estuviera equipado con una llave de paso, para que el operador pudiera regular el volumen de vapor en aquellos casos en que la inhalación causara irritación y tos, o, en operaciones prolongadas, se le permitiera al paciente tomar inspiraciones alternativas de vapor y de aire atmosférico.
5. Que estuviera equipado con un resorte nasal para comprimir las fosas nasales durante la operación.

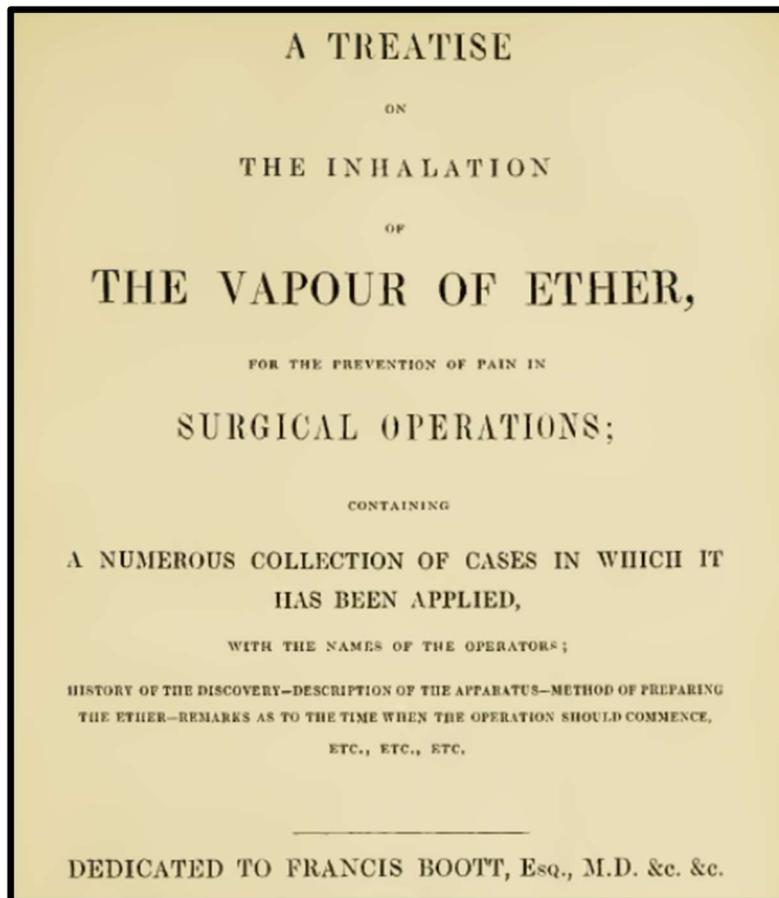


Figura 19. Portada del tratado de Robinson sobre la inhalación de vapores de éter. Reproducida de la versión digital del libro original de 1847. Dominio público.

El aparato de Robinson (figuras 20 y 21), al igual que el inhalador de Squire, consistía en una modificación del aparato de Nooth. El tubo flexible se unía por un extremo al aparato, y por

el otro a una pieza regulable compuesta por una válvula sellada y una boquilla similar a las que se usaban comúnmente para la inhalación.

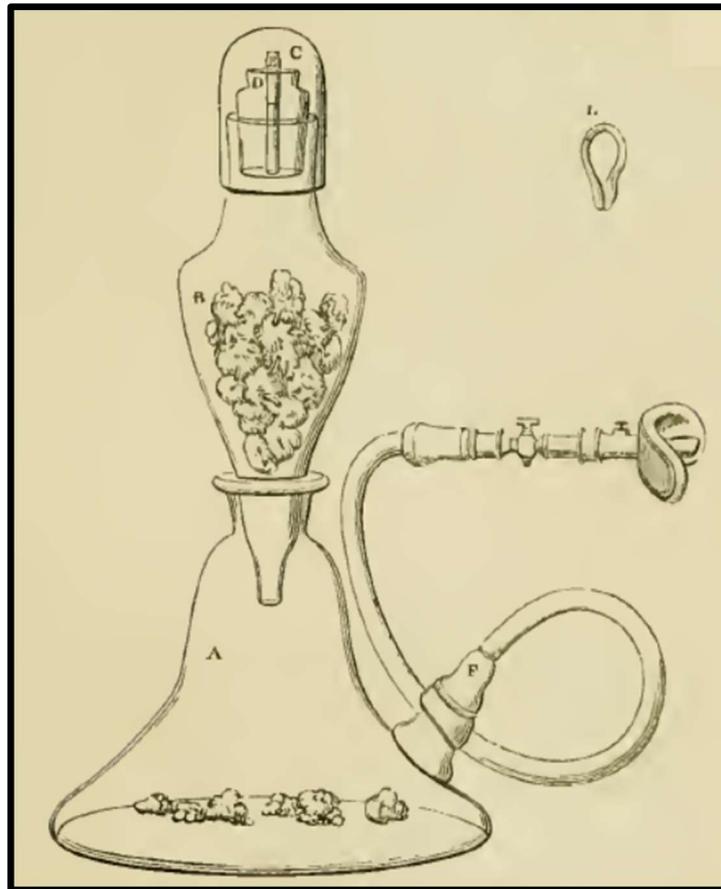


Figura 20. Aparato de Robinson. Dominio público.

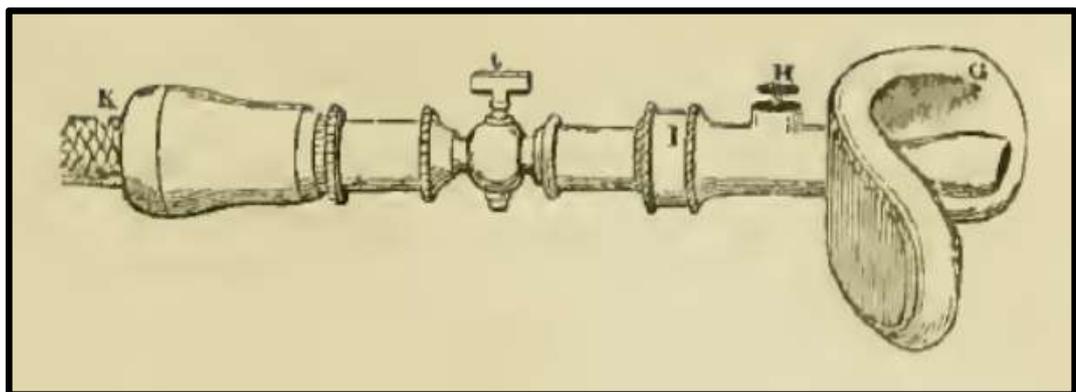


Figura 21. Pieza distal del sistema de ventilación. Dibujos reproducidos de Robinson J. *A Treatise on the Inhalation of the Vapour of Ether, for the Prevention of Pain in Surgical Operations; Containing a Numerous Collection of Cases in Which It Has Been Applied*. Dominio público.

La descripción detallada del aparato de Robinson podemos encontrarla en el tratado sobre la inhalación de los vapores de éter mencionado anteriormente: “A” y “B” representan el cuerpo del aparato: porción superior e inferior del aparato de cristal de Nooth. En su interior se situaba

una esponja en el cono superior, y pedazos de esponja cortados en la base. El objetivo era aumentar la superficie de absorción para favorecer una evaporación más rápida del éter.

“C” era un tapón de vidrio que englobaba a la pieza “D”, un tope para encajar el cuello de B, y que estaba atravesado por otro tapón cilíndrico, “E”. Cuando el paciente comenzaba la inhalación, se retiraban los tapones “C” y “E”, para permitir la entrada de aire atmosférico al recipiente que contenía las esponjas humedecidas con éter.

La pieza “F” era una férula de madera, a través de la cual se acoplaba un tubo flexible al vaso de cristal inferior, “A”. Este tubo flexible, por su otro extremo, representado por la letra “K”, se conectaba con una pieza intermedia, parte más importante del aparato, y formada por los elementos “H”- “I”- “J”.

“H” era una válvula horizontal con acción perpendicular, unida a la pieza intermedia a través de una tuerca. “I” era otra válvula perpendicular, que se abría durante la inhalación y se cerraba durante la exhalación, permitiendo que al aire espirado pasara a través de la válvula “H” al exterior. “J” era una llave de paso para regular el volumen de vapor. Al cerrarla, se cortaba el flujo de vapor y se abría una abertura a través de la cual el paciente podía respirar aire atmosférico. Esta pieza intermedia se unía en última instancia a “G”, que era la pieza bucal, fabricada con una delgada lámina de cobre, con una forma que permitía su adaptación a la boca y parte superior de la barbilla.

Finalmente, la pieza “L” era un resorte nasal para comprimir las fosas nasales, en el caso de que fuera necesario⁷³.

3.2.4.- Otros inhaladores tempranos de Inglaterra

De los inhaladores anteriores, ninguno tuvo una aceptación generalizada. El inhalador de Squire fue el más utilizado, y el de Robinson, probablemente, el más popular. Sin embargo, el uso de ambos se suspendió en pocos meses⁷⁴, siendo reemplazados por otros aparatos de escaso recorrido, como el inhalador de Bell, el inhalador de éter de Gilberston (figura 22), el inhalador de Tracy (que era una adaptación de la pipa de fumar alemana, figura 23), el inhalador de Hooper (figura 24), o los inhaladores portables de Gallard, Smee, o Salt⁷⁵ (figuras 25a, 25b y 26 respectivamente). La gran variedad de dispositivos denota que ninguno ofrecía una clara ventaja con respecto a los demás, por lo que no profundizaremos en la descripción de los mismos.

⁷³ ROBINSON, J. (1847) *A Treatise on the Inhalation of the Vapour of Ether, for the Prevention of Pain in Surgical Operations; Containing a Numerous Collection of Cases in Which It Has Been Applied*. London: Webster & Company.p.17-18.

⁷⁴ MASSON, A.H. (1989) “Two early ether inhalers”. *Anaesthesia*;44(10):843-846.

⁷⁵ FORD, W.W. (1946) “Ether inhalers in early use”. *N Engl J Med*;30(234):713-26.

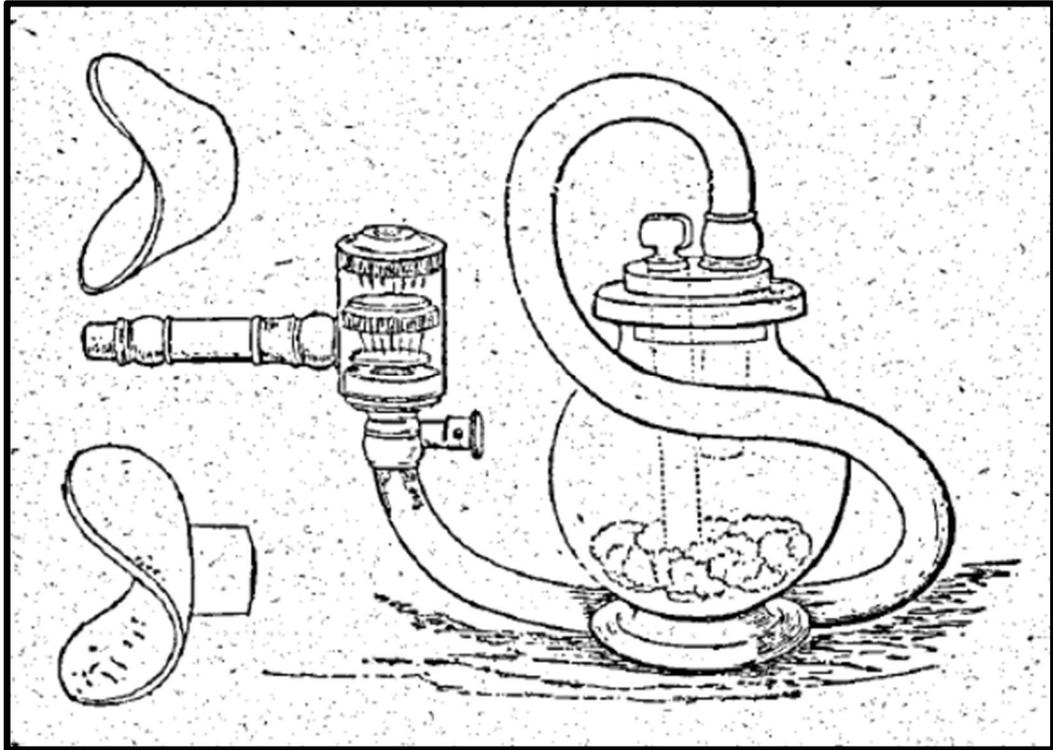


Figura 22. Inhalador de éter de Gilberston. 1847. Reproducido de Ford WW. Ether inhalers in early use. *N Engl J Med.* 1946;30(234):713-26. Con permiso. Copyright Massachusetts Medical Society.

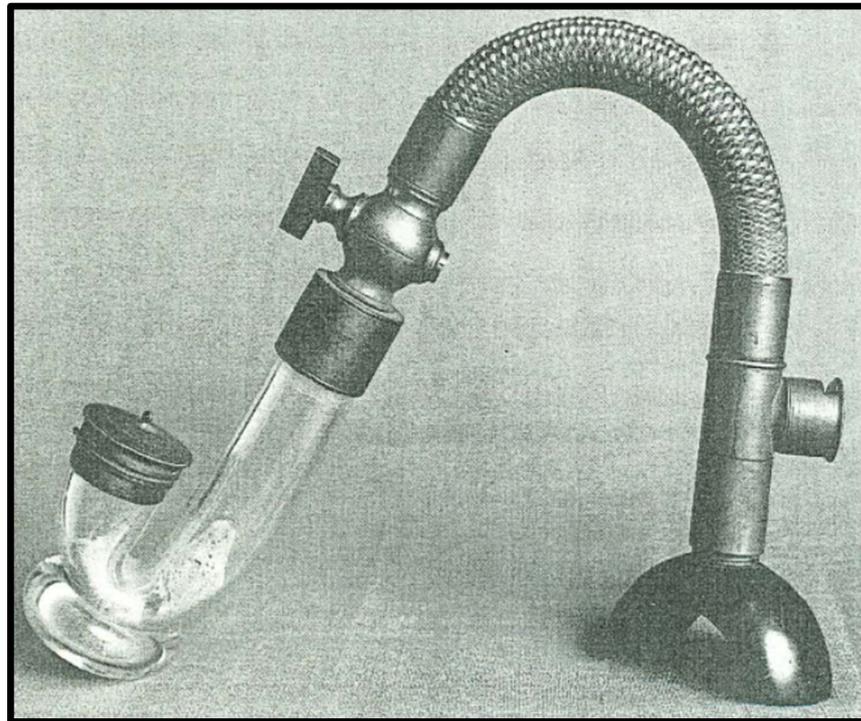


Figura 23. Inhalador de Tracy. Fotografía reproducida de Masson AH. Two early ether inhalers. *Anaesthesia.* 1989;44(10):843-6. Con permiso de John Wiley & Sons.

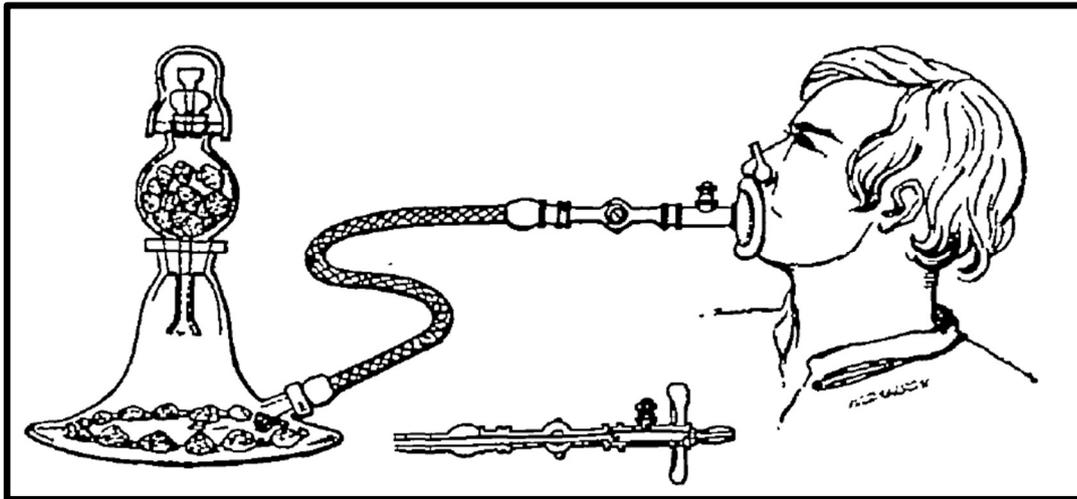


Figura 24. Inhalador de Éter de Hooper. Dibujo del inhalador de Hooper. Reproducido de Slatter EM. The evolution of anaesthesia. 2. The first english ether inhalers. *Br J Anaesth.* 1960;32(1):35-45. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

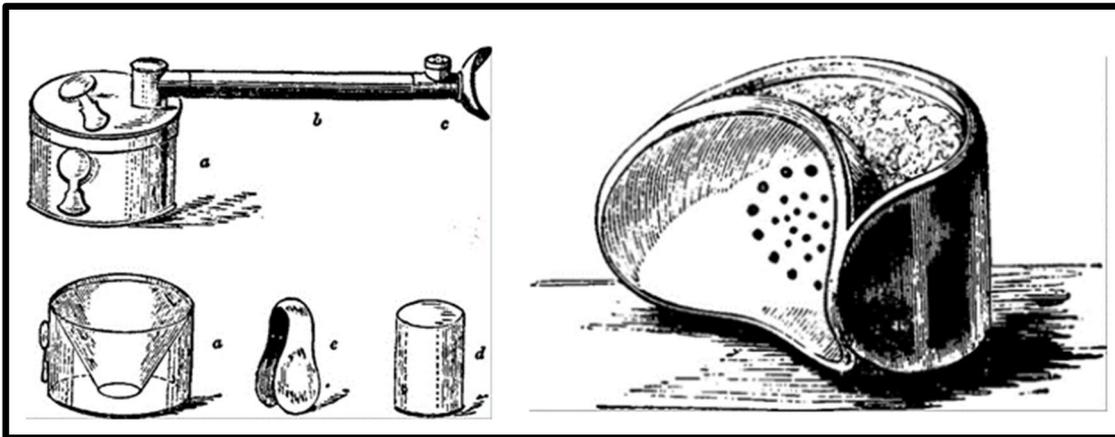


Figura 25. a. Inhalador de éter de Gallard. 25. b. Inhalador de éter de Smee. Reproducidos de Ford WW. Ether inhalers in early use. *N Engl J Med.* 1946;30(234):713-26. Con permiso. Copyright Massachusetts Medical Society.

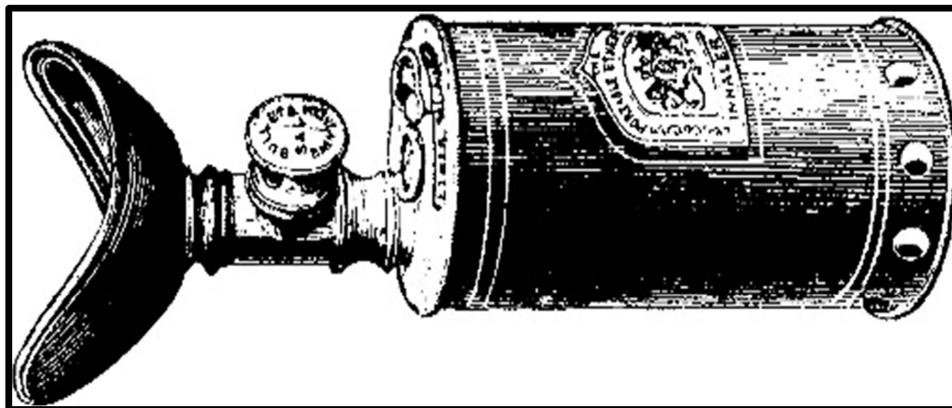


Figura 26. Inhalador de éter de Salt. Reproducido de Ford WW. Ether inhalers in early use. *N Engl J Med.* 1946;30(234):713-26. Con permiso. Copyright Massachusetts Medical Society.

3.2.5.- Llegada de la anestesia a España. Primeros aparatos para la anestesia etérea.

En España, las noticias sobre el descubrimiento de la anestesia etérea llegaron a través del correo y de la prensa diaria y científica, considerándose el primer semestre de 1847 como la etapa inicial de la anestesia quirúrgica en nuestro país⁷⁶.

Al igual que en casi todos los países de Europa, las primeras anestесias con éter sulfúrico se realizaron con el aparato de William Herapath (1796-1868), consistente en una vejiga de animal desecada que actuaba como recipiente contenedor del éter, y que se conectaba a la boca del paciente a través de un tubo fuertemente unido a la misma. Ilustres cirujanos españoles de la época, como los doctores Argumosa Obregón, Mendoza Rueda, Sotos, Calvo Martín, o Ruiz Jiménez, entre otros, utilizaron el aparato de Herapath durante sus primeras experiencias con el éter⁷⁷.

La importancia del aparato de anestesia fue sobreestimada desde su llegada en 1847, y muchos cirujanos elaboraron su propio inhalador para tratar de solucionar el problema inherente a las características farmacológicas del éter (el escaso éxito de la mayor parte de las primeras intervenciones con éter fue atribuido inicialmente a las imperfecciones del aparato utilizado)⁷⁸. En este sentido, el doctor José González Olivares (1802-?), catedrático de las Enfermedades de la Mujer y los Niños en la Facultad de Medicina de Santiago de Compostela, decía en su artículo '*La eterización en España*' (figura 27) lo siguiente:

«...Solo en aquellas⁷⁹ que por su poca importancia ya respecto a los tejidos que deben escindirse, o de su corta duración, en las que se consiguen que los enfermos las sufran sin sentir. En las demás, la acción sedante del éter me parece poco eficaz. ¿Dependerá de la imperfección del aparato? Esta duda es la que me retrae de decidirme abiertamente contra su uso. Hace ya un mes que no me valgo de ellas, esperando que llegue a mis manos uno de los aparatos de Mr. Charriere para volver a usarlas»⁸⁰.

La mayoría de estos nuevos inhaladores de fabricación propia eran variantes del diseño propuesto por Michael Faraday, consistente en un frasco de cristal amplio, cerrado por un corcho y atravesado por dos tubos de cristal: uno abierto para la entrada de aire en el interior del frasco

⁷⁶ LÓPEZ PIÑERO J.M., BUJOSA, F. (1981) *Clásicos españoles de la Anestesiología*. Valencia: Cátedra de Historia de la Medicina. p.16-18.

⁷⁷ FRANCO-GRANDE, A., GINESTA, V., MASIDE, J. (1978) "Primeros aparatos para la anestesia etérea". *Rev Esp Anestesiología Reanim*;25:445-62; WELLER, R.M. (1983) "Nitrous oxide in Bristol in 1836 A series of lectures by William Herapath (1796-1868)". *Anesthesia*;38:678-682.

⁷⁸ FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. (2005) "El aparato de anestesia en España. Aspectos tecnológicos y evolución durante los primeros 100 años de la moderna anestesia". En: FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. Eds. *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Madrid: Arán. p.287-307.

⁷⁹ Se refiere a las intervenciones quirúrgicas en las que considera la acción del éter eficaz.

⁸⁰ GONZÁLEZ-OLIVARES, J. (1847) La eterización en España. *Bol Med Cir Far*;82:243-244.

donde estaba contenido el éter, y otro para la salida de los vapores de éter, y que se aplicaba a la boca o nariz del paciente⁸¹.



Figura 27. Cabecera del 23 de julio de 1847 del Boletín de Medicina, Cirugía y Farmacia, periódico oficial de la Sociedad Médica General de Socorros Mutuos. El primer artículo corresponde al escrito por el doctor González Olivares sobre la eterización en España.

3.2.6.- Aparato de éter de Snow

John Snow (1813-1858, figura 28), médico inglés nacido en la ciudad de York, logró importantes avances en el campo de la Anestesiología y la Epidemiología. Snow disponía de un laboratorio en casa, lo que le permitió estudiar y comprender los mecanismos de vaporización de anestésicos volátiles como el éter o, más tarde, el cloroformo. Sus experiencias con el éter comenzaron en 1843, y llevó a cabo varias revisiones sobre la eficacia del fármaco y de sus sistemas de administración⁸². En 1847 escribió *On the inhalation of the vapour of ether in surgical operations*, figura 29. En este libro se pone de manifiesto el gran conocimiento que Snow tenía sobre el éter y su uso clínico.

Snow apreciaba la necesidad de administrar el éter por medio de tubos de gran calibre, con una exposición adecuada del área de aplicación. También consideraba imprescindible el

⁸¹ FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. (2001) "Introducción de la anestesia etérea en España: primeras eterizaciones". En: FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. Eds. *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Madrid: Arán. p.33-50.

⁸² RAMSAY, M.A. (2006) "John Snow, MD: anaesthetist to the Queen of England and pioneer epidemiologist". *Proc Bayl Univ Med Cent*;19(1):24-28.

mantenimiento de la temperatura, para evitar la pérdida de vapor de éter, a través del calentamiento de la cámara de vaporización⁸³.

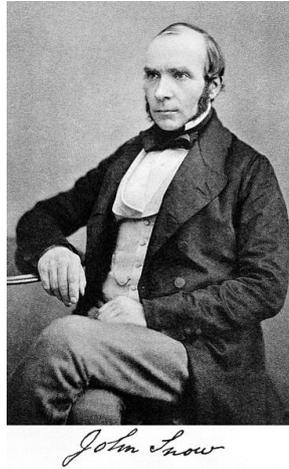


Figura 28. Fotografía de John Snow. Dominio público.

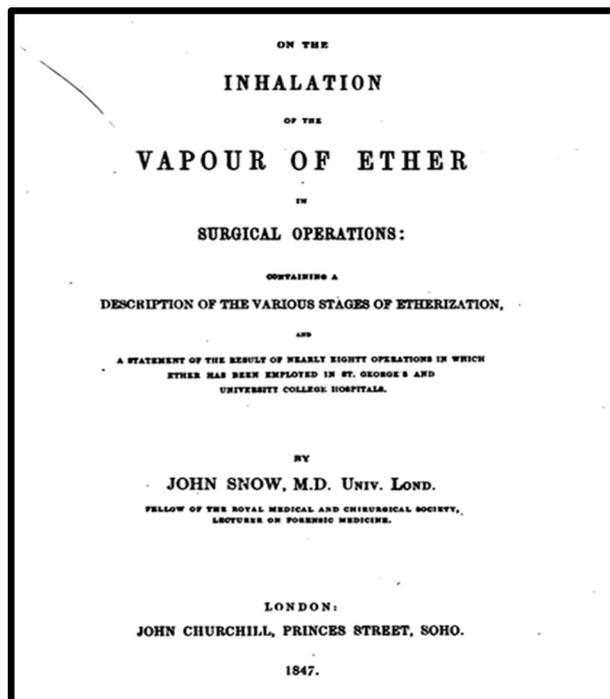


Figura 29. Portada de *On the inhalation of the vapour of ether in surgical operations...* (1847). Dominio público.

⁸³ SNOW, J. (1847) *On the inhalation of vapors of ether in surgical operations. Containing a description of the various stages of etherization and a statement of the results of nearly eighty operations in which ether has been employed at St. George's and University College hospitals.* London: John Churchill. p.1-15.

Todas estas ideas estaban orientadas a aumentar la concentración del éter en zona de contacto o de intercambio, con el objetivo de aumentar la dosis y, por tanto, su efecto. Basado en este conocimiento, Snow diseñó su propio inhalador, figura 30.



Figura 30. Réplica del inhalador de éter de Snow. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Número de registro 4575. Disponible en el siguiente enlace: <https://victoriancollections.net.au/items/58338acdd0cdd11cf4b5d0b2>.

En el citado libro, encontramos una descripción de su aparato para la anestesia etérea, así como varios dibujos representativos: figuras 31 y 32. El inhalador de éter de Snow estaba formado por los siguientes elementos (ver figura 31):

A: Caja de estaño o cobre plateado, que servía de baño de agua cuando el aparato estaba en uso.

B: Cámara espiral de éter, de latón estañado delgado o cobre chapado en plata.

C: Apertura para poner, derramar el éter y atornillarlo con:

D: Tubo de latón por el cual entra el aire que el paciente inhala (con una altura específica para minimizar la evaporación del éter ofreciendo una resistencia mínima a la entrada de aire).

E: Apertura en la cámara de éter para atornillarla con:

F: Tubo elástico con una longitud de tres pies.

G: Pieza facial, o mascarilla facial, la cual contiene:

H: Válvula inspiratoria.

I: Otra mascarilla facial más reducida para encajarla en caras más pequeñas.

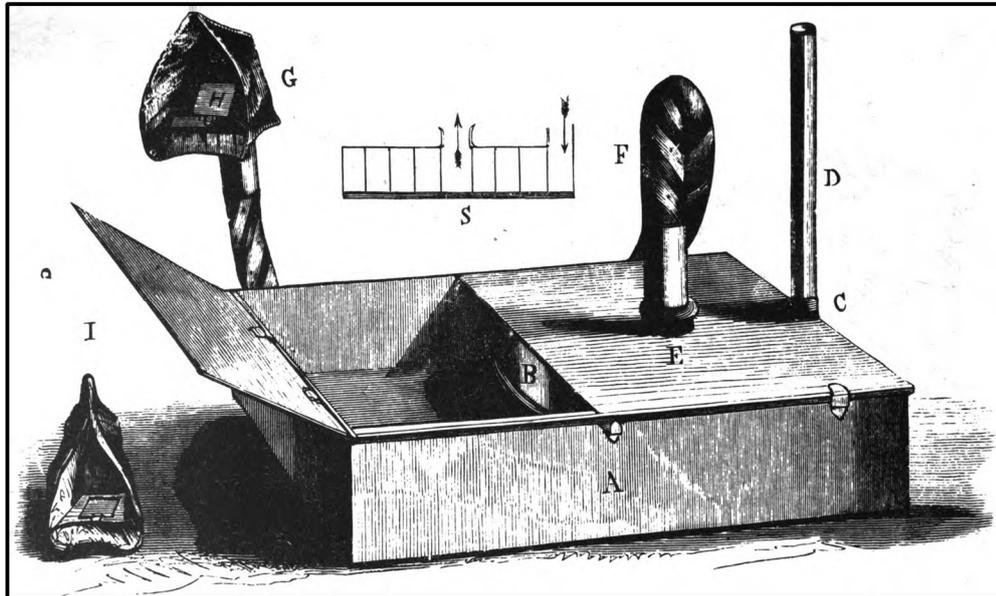


Figura 31. Aparato de éter de Snow. Inhalador de éter de Snow. Reproducido de Snow J. (1847) *On the inhalation of vapors of ether in surgical operations....* Dominio público.

El aire entraba al aparato por el tubo de latón “D”, pasaba a través de la cámara espiral “B” (figura 32a), con el objetivo de aumentar el contacto entre el aire y el éter, asegurándose una salida de gas saturado de éter, que era conducido a través del tubo elástico “F”, hacia la máscara con forma triangular “G”, que se adaptaba a la cara del paciente (figura 32b). La cámara espiral, o cámara de vaporización, estaba sumergida en un baño de agua caliente (caja de latón), que permitía estabilizar la temperatura.

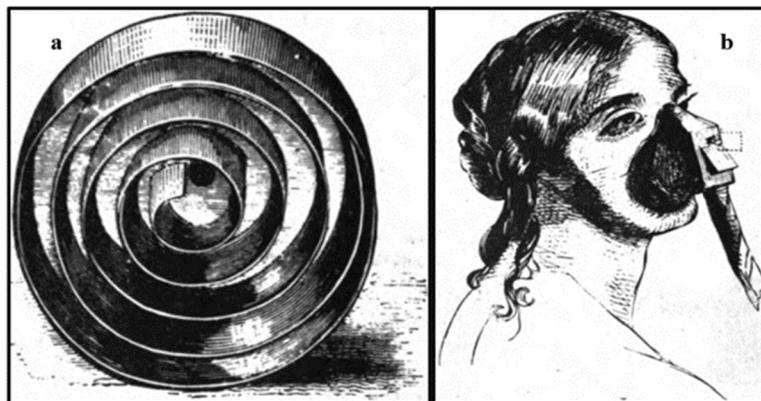


Figura 32. a: cámara en espiral; b: pieza facial. Reproducido de Snow J. (1847). *On the inhalation of vapors of ether in surgical operations...* Dominio público.

3.2.7.- La anestesia en Francia. Aparato de Charrière.

En Francia, la figura más destacada en la fabricación de aparatos para la administración de la anestesia etérea durante esta etapa fue la de Joseph-Frédéric-Benoît-Charrière (1803-1876), un diseñador de instrumentos quirúrgicos de origen suizo, residente en París, y pionero en la fabricación de materiales para otros campos como la Urología o la Cirugía General⁸⁴. Charrière (figura 33) poseía un gran conocimiento de los inhaladores utilizados en este inicio de la anestesia etérea, tal y como demostró en su exposición *Appareils pour l'inhalation d'éther* en la Academia de las Ciencias el 20 de febrero de 1847, en París (figura 34).



Figura 33. Retrato de J.F.B. Charrière. Dominio público.

En dicha exposición describió, además del inhalador de Morton, otros aparatos de uso temprano, como el aparato de Robinson o de Squire, en Inglaterra, y presentó varios modelos de su aparato de diseño propio con las sucesivas evoluciones hasta el modelo definitivo (figura 35).

El aparato de Charrière definitivo estaba compuesto por los siguientes elementos (figura 36):

- A: Reservorio de cristal o vidrio.
- B: Muesca forrada con alambre.
- C: Tapa perforada con un orificio*.
- D: Llave de triple acción**.

⁸⁴ CASEY, R.G., QUINLAN, D., MULVIN, D., LENNON, G. (2003) "Joseph-Frédéric-Benoît Charrière: master cutler and instrument designer". *Eur Urol*;43(3):320-322; ISERSON, K.V. (1987) "J.-F.-B. Charrière: the man behind the "French" gauge". *J Emerg Med*;5(6):545-548.

E: Orificio del émbolo para el vertido de éter.

F: Tubo del émbolo: entrada de aire al tanque.

G: Boquilla con dos válvulas***.

H: Pinza para comprimir fosas nasales.

J: Válvula espiratoria.

K: Manguera elástica.

N: Apertura para la entrada de aire puro.

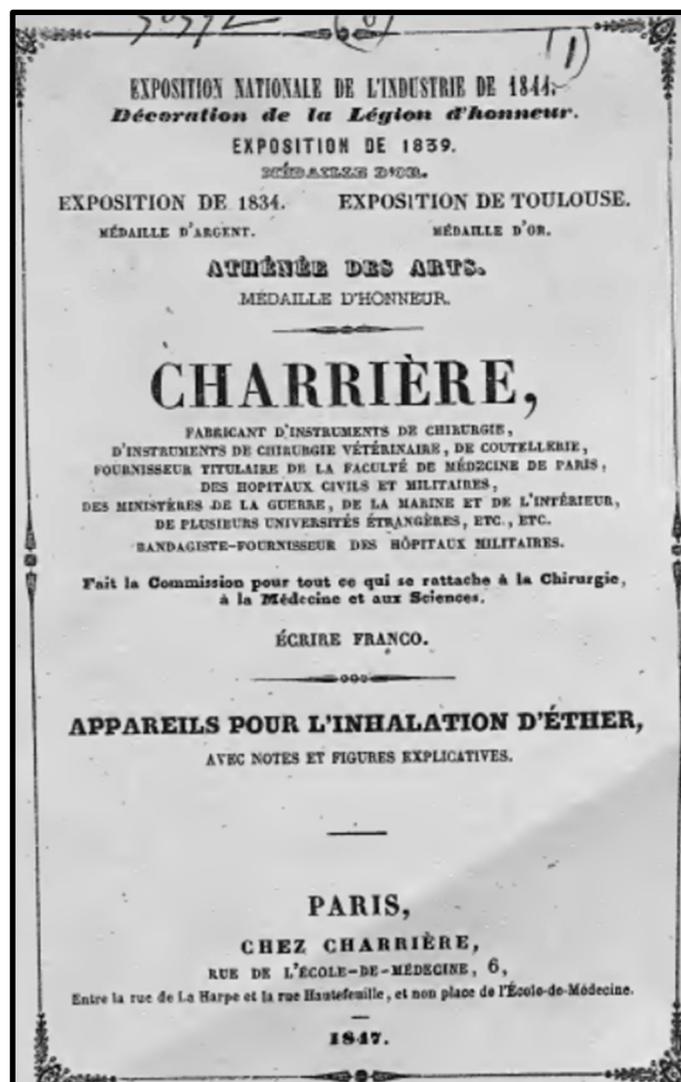


Figura 34. Portada de la publicación *Appareils pour l'inhalation d'éther*, realizada por J.F.B. Charrière en la Academia de las Ciencias de París en 1847. Dominio público.

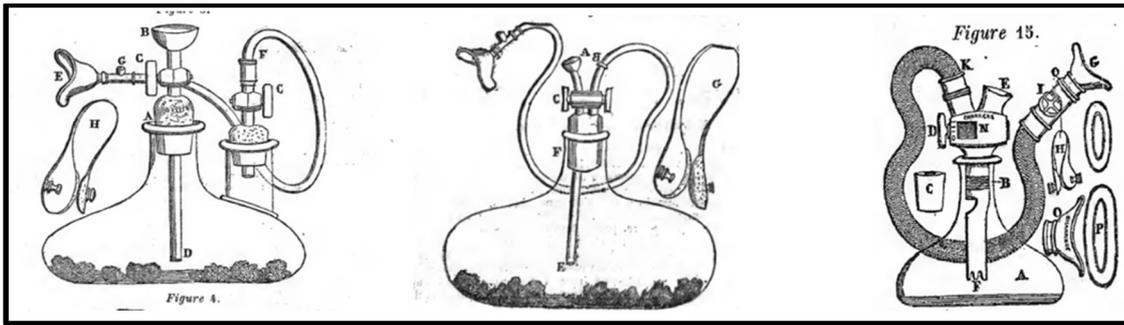


Figura 35. Representación de varios modelos del aparato de Charrière. Dibujos reproducidos de Charrière J. *Appareils pour l' inhalation d' ether*. Paris: Chez Charrière; 1847. Dominio público.

*La tapa perforada se podía colocar en una botella o jarra simple, lo que permitía utilizar botellas de farmacia en ambulancias militares para complementar los reservorios especiales, haciendo que este aparato fuera muy portátil.

** La llave de triple acción permitía en función de la posición, aspirar aire puro, introducir aire puro en el reservorio, o aspirar aire saturado de éter.

*** La válvula inspiratoria se abría cuando el paciente succionaba. La válvula espiratoria (J), permitía la salida del aire al exterior durante la exhalación⁸⁵.

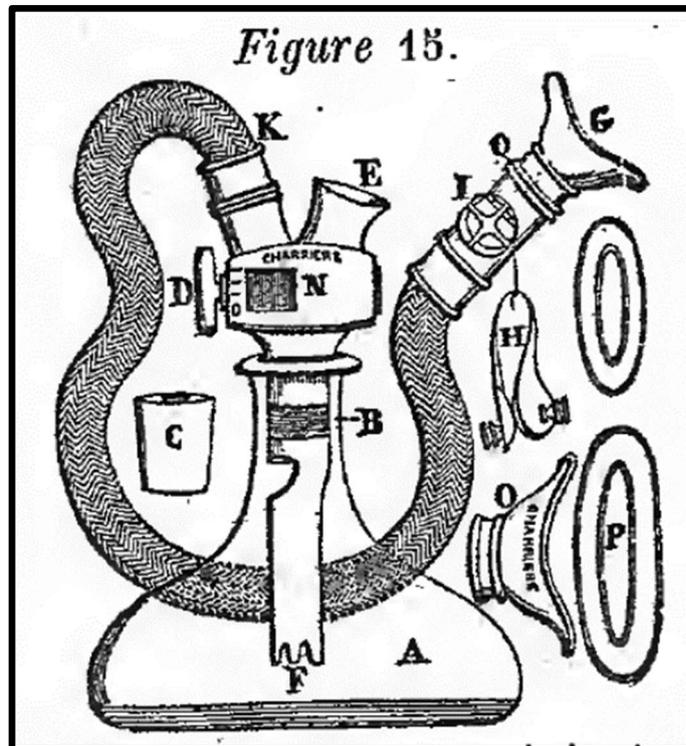


Figura 36. Dibujo esquemático del aparato de Charrière. Reproducido de Charrière J. *Appareils pour l' inhalation d' ether*. Paris: Chez Charrière; 1847. Dominio público.

⁸⁵ CHARRIÈRE, J. (1847) *Appareils pour l' inhalation d' ether*. Paris: Chez Charrière.

El aparato de Charrière (figura 37), al compartir los defectos de diseño del inhalador original de Morton (estaba fabricado en vidrio y latón), presentaba un enfriamiento progresivo de los agentes volátiles, lo que llevaba a una vaporización ineficiente y al cese rápido de la anestesia en los pacientes. No obstante, adquirió una popularidad notable gracias a su facilidad para el transporte manual, lo que permitió acelerar su difusión, llegando a Chicago a través de Londres por medio del avión⁸⁶.



Figura 37. A "French" Charrière Ether Inhaler. Fotografía del inhalador de éter de Charrière. Reproducida de Bause GS. A "French" Charrière ether inhaler. *Anesthesiology*. 2010;113(3):569. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Las noticias sobre la existencia del aparato de Charrière llegaron a España a través del periódico de la Academia Quirúrgica Matritense '*Anales de Cirugía*', en los números 58 y 59, del domingo 7 y domingo 14 de febrero de 1847, respectivamente (figura 38).

⁸⁶ BAUSE, G.S. (2010) "A "French" Charrière ether inhaler". *Anesthesiology*;113(3):569.

ANALES DE CIRUGIA.

PERIODICO

DE LA ACADEMIA QUIRÚRGICA MATRITENSE.



Por tres meses, 9 rs. para los SOCIOS DE NÚMERO; 12 para los CORRESPONSALES; 10 para los no ACADÉMICOS en Madrid; 14 para las provincias, FRANCO: 15 extranjero, y 24 Ultramar.

RESUMEN.

Advertencia.--Academia Quirúrgica Matritense.--Academia Quirúrgica Cesaraugustana.--Progresos de la cirugía.--CIRUGIA PRACTICA.--Historia de un aneurisma de la aorta ventral; por el doctor don Leon Sánchez Quintanar.--Nuevo aparato inventado por Charrière para la inhalación del éter.--Comunicado.--Actos del gobierno.--Sociedad médica general de socorros mutuos.--Vacantes.--Folleto, biografía del doctor en cirugía don Salvio Illa. Por el doctor don Francisco Rivera.--Anuncio.

la estension en que obran los revulsivos supe y compensa á la intensidad del dolor que parece reclamada en esa ley patológica de *duobus doloribus simul obortis, non in eodem loco, etc.*—Que en las revulsiones hay que contar con dos elementos; el nervioso y el sanguíneo, y que los buenos resultados de los exutorios, como la fuenta y el sedal, son mas bien dependientes de las

Figura 38. Cabecera del domingo 14 de febrero de 1847 de *Anales de Cirugía*, Periódico de la Academia Quirúrgica Matritense, en la que se encuentra la descripción del aparato de Charrière.

En el número 59, bajo el título “Nuevo aparato inventado por CHARRIERE para la inhalación del éter”, encontramos la siguiente descripción del mismo:

«Compónese de dos piezas; una principal destinada á contener el éter y facilitar su inhalación, y otra accesoria que sirve para mantener cerradas las aberturas de la nariz. La primera, que consiste en un frasco, contiene pedazos de esponja empapados en éter y presenta una base muy ancha para que la evaporación etérea se verifique en una superficie considerable. La boca de este frasco se halla herméticamente cerrada con un tapon perforado en toda su longitud para alojar dos tubos: uno recto que sirve para dar entrada al aire exterior, y otro de cuero, más largo, cuya estremidad libre termina en una embocadura para aplicarse exactamente á los labios del que haya de sugetarse al experimento. Cerca de esta estremidad libre del tubo de cuero, hay un juego de válvula que permite inspirar los vapores etéreos y espirar el aire contenido en el pecho sin que se pierdan las relaciones de la embocadura del tubo con la boca. // La pieza accesoria es una pequeña pinza de resorte destinada á cerrar las aberturas de la nariz, y terminan sus estremidades formando una especie de almohadilla para adaptarse mejor á la superficie externa de las ventanas nasales. Con este medio se evita la respiración por la nariz durante el experimento. // El aire atmosférico penetra en el frasco por el tubo recto (que será probablemente de metal); saturase allí de los vapores etéreos y sale atraído por las inspiraciones del paciente para precipitarse en el pecho. // Este aparato asegura mejor, dicen, la introducción del vapor etéreo en los pulmones que cuando se aspira por la nariz. Muchos cirujanos franceses se han servido ya de él en los hospitales y casi ningún enfermo ha podido hacerse refractario al experimento. // Como todavía no ha llegado á nuestro poder la descripción detallada que de

él hace su autor, procuraremos rectificarnos de las inexactitudes, si alguna hubiésemos cometido en esta ligera reseña»⁸⁷.

⁸⁷ (1847) "Nuevo aparato inventado por Charriere para la inhalación de éter". *Anales de Cirugía. Periódico de la Academia Quirúrgica Matritense*;59:469.

3.3.- INTRODUCCIÓN DEL CLOROFORMO POR SIMPSON

En noviembre de 1847, James Young Simpson (1811-1870, figura 39) introdujo el cloroformo en la práctica clínica anestésica. Simpson, que ejercía de profesor de Obstetricia en Edimburgo, estaba bastante insatisfecho con los resultados del éter durante el parto, ya que consideraba que actuaba muy lentamente. Debido a ello, emprendió una búsqueda sistemática de agentes químicos volátiles con el objetivo de encontrar algún anestésico más poderoso y rápido que el éter⁸⁸.

El 10 de noviembre de 1847, en la primera reunión de invierno de la Sociedad Médico-Quirúrgica de Edimburgo, Simpson presentó el cloroformo a los miembros allí presentes. Poco después publicó un artículo titulado *On a new anaesthetic agent, more efficient than sulphuric ether*, en la revista *'The Lancet'* (figura 40). En él Simpson informaba sobre las propiedades fisicoquímicas del cloroformo, su modo de preparación y las principales ventajas que, en su opinión, tenía sobre el éter:

- 1.- Menor dosis para producir el efecto anestésico.
- 2.- Acción más rápida, completa y persistente que el éter. Etapa de excitación más corta o abolida, lo que disminuía la euforia y tendencia al habla de los pacientes.
- 3.- Sensación de inhalación más agradable que el éter.
- 4.- Menor coste económico, al requerirse menos dosis
- 5.- Olor más agradable y menos persistente que el del éter.
- 6.- Mayor portabilidad, al requerirse menos cantidad.
- 7.- No necesidad de inhalador para su administración.

Este último punto tuvo una gran trascendencia. Según Simpson no era necesario ningún tipo de inhalador o instrumento especial para su exposición, sino que, simplemente vertiendo un poco de líquido en el interior de una esponja hueca, pañuelo doblado, trozo de lino o papel, y colocándolo sobre la boca y las fosas nasales del paciente, era generalmente suficiente para producir el efecto deseado en uno o dos minutos⁸⁹.

No obstante, este método de administración también presentaba inconvenientes, como la inexactitud en la dosis administrada, el desperdicio de anestésico y la vulgaridad de la técnica⁹⁰.

⁸⁸ LEAKE, C.D. (1947) "James Young Simpson (1811-1870) and Chloroform". *Curr Res Anesth Analg*;26(5):219-220.

⁸⁹ SIMPSON, J.Y. (1847) "On a new anaesthetic agent, more efficient than sulphuric ether". *Lancet*;50(1264):549-550.

⁹⁰ MATIOC, A. (2017) "An Anesthesiologist's Perspective on the History of Basic Airway Management. The 'Artisanal Anesthetic' Era: 1846 to 1904". *Anesthesiology*;126:394-408.

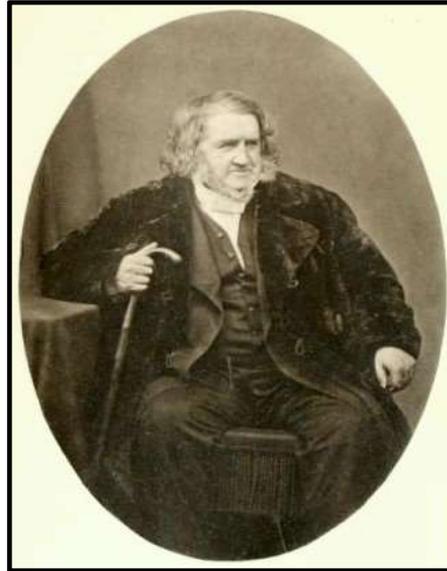


Figura 39. Retrato de James Young Simpson.
Dominio público.

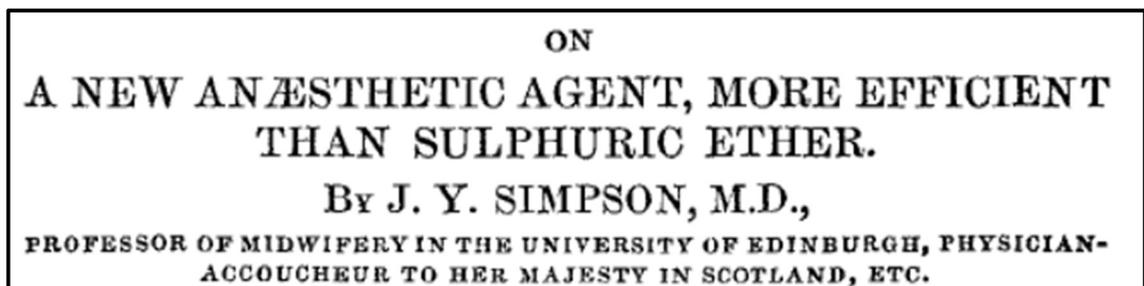


Figura 40. Encabezado del artículo *On a new anaesthetic agent, more efficient than sulphuric ether* publicado por James Y. Simpson en la revista *'The Lancet'* en 1847.

En la actualidad la administración de anestésicos inhalatorios con circuito abierto se relaciona también con contaminación de los quirófanos, polución atmosférica y riesgo para el personal expuesto.

Las ventajas y la simplicidad de la modalidad descrita por Simpson permitieron el crecimiento del método de administración abierto, desarrollándose en torno a él una serie de materiales como máscaras de alambre, conos y nidos, los cuales describiremos a continuación, haciendo un paréntesis en el desarrollo cronológico de los acontecimientos.

3.3.1.- Métodos abiertos. Máscaras faciales y técnicas de goteo

Durante los primeros años, el cloroformo se administró a través de pañuelos o compresas empapadas de anestésico aplicados sobre las vías respiratorias del paciente. Sus efectos sobre el corazón, y la dificultad por conocer la dosis administrada con este método, provocaron la notificación de numerosas muertes asociadas a este anestésico, lo que creó una sensación de desconfianza entre la comunidad médica.

3.3.1.1.- Máscara de Skinner

En 1862 Thomas Skinner, un obstetra escocés defensor de los beneficios del cloroformo, diseñó una máscara de alambre y una botella con forma de gotero en su porción de salida para su administración (figura 41). Skinner estaba convencido de que el mal uso del cloroformo era la causa de los accidentes relacionados con este anestésico.

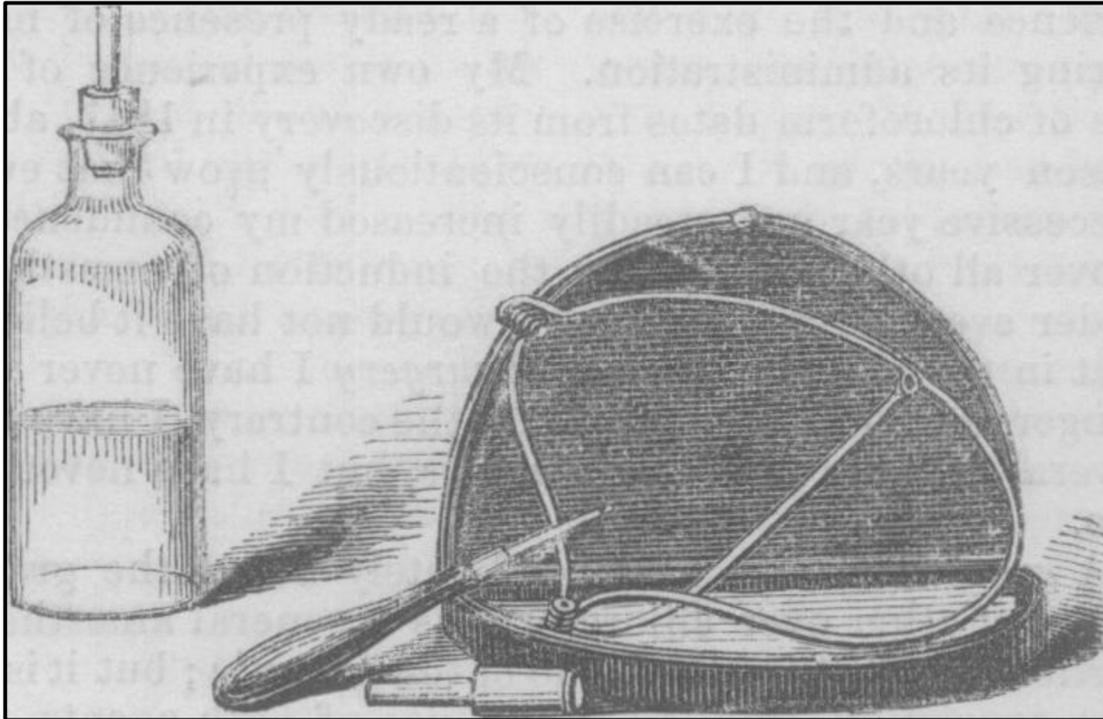


Figura 41. Máscara de Skinner. Dibujo de reproducido de: Skinner T. Anaesthesia in midwifery; with a new apparatus for its safer and more economical induction by chloroform. *Br Med J.* 1862;2:108-111. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd. Copyright 2020.

Con este dispositivo Skinner pretendía evitar una sobredosificación, ya que el diseño de la botella impedía que se vertiesen más de treinta gotas por inversión. La máscara actuaba como inhalador; estaba formada por un marco de hierro estañado o alambre de plata, semejante a una máscara de esgrima, recubierta por una gasa; cubría la mitad inferior de la cara, y disponía un asa móvil para su aplicación⁹¹ La máscara de Skinner (figura 42) fue muy popular en Europa.

⁹¹ SKINNER, T. (1862) “Anaesthesia in midwifery; with a new apparatus for its safer and more economical induction by chloroform”. *Br Med J*;2:108-111.



Figura 42. Fotografía de la máscara de Skinner. Departamento de anestesia de Nuffield, Hospital John Radcliffe. Imagen reproducida del Museo de Historia de la Ciencia de Oxford. Objeto número 10449. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.mhs.ox.ac.uk/collections/imu-search-page/record-details/?thumbnails=on&irn=16558&TitInventoryNo=10449>. (La política del museo permite la reproducción de imágenes para tesis académicas. Autorización disponible en: <https://hsm.ox.ac.uk/ordering-images>).

3.3.1.2.- Máscara de Murray

En 1868 el inglés John Murray (1844-1873?) inventó otra máscara de alambre para la administración del cloroformo, basándose en los principios de la máscara de Skinner. En un artículo publicado en el *'Medical Times & Gazette'* se describieron las características de este artilugio (figura 43). Esta máscara consistía en un armazón de alambre, grueso y fuerte, diseñado para plegarse. Sobre el armazón se colocaba una cubierta, extraíble y recambiable, que podía ser de franela o de algodón fino, la cual presentaba varias trenzas de grosor en el centro para poder absorber de media a una dracma de cloroformo (1,6 a 3,6 gramos). Además, la máscara disponía de una apertura en la cubierta para la admisión de aire, lo cual no era común en el diseño de estos dispositivos, sino que más bien era una característica propia de los conos de inhalación, fabricados de cartón, y muy populares en Francia durante la década de 1850.

La máscara de Murray (figura 44) fue muy popular, sobre todo en Australia, al ser un aparato simple, limpio, barato y portátil⁹².

⁹² (1868) "Chloroform inhaler of Dr John Murray". *Med Times Gazette*;1:540; BALL, C. (1995) "Murray's Chloroform Mask". *Anaesth Intensive Care*;23(2):135.

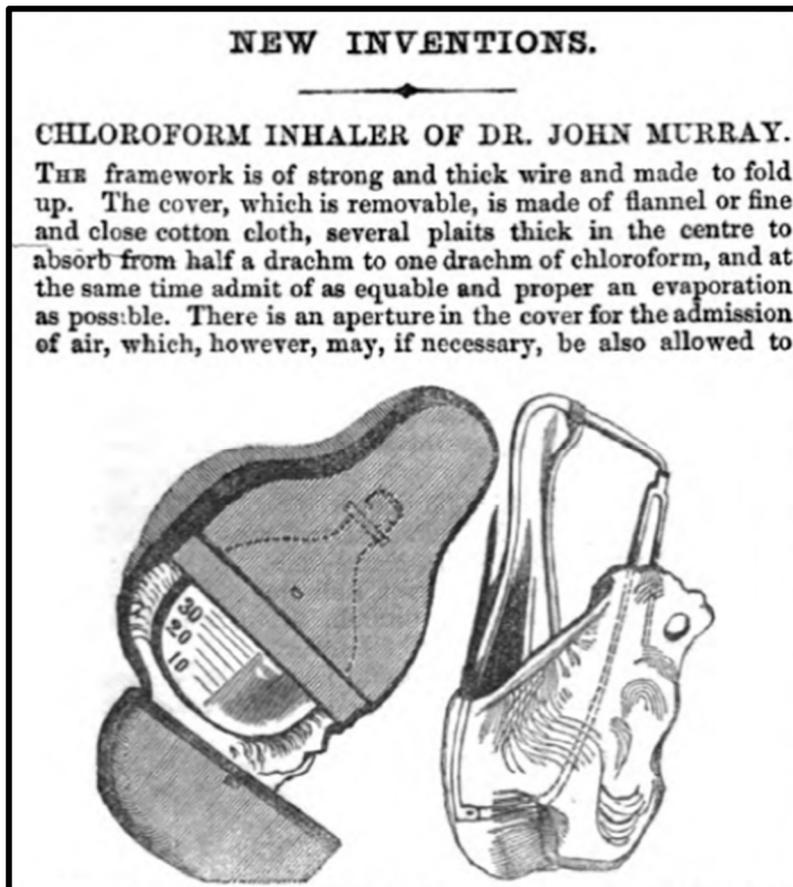


Figura 43. Artículo con la descripción de la máscara de Murray (1868). Reproducido de: "Chloroform inhaler of Dr John Murray". *Med Times Gazette*.1868;1:540. Publicación de dominio público.



Figura 44. Máscara de Murray. Obsérvese su forma triangular. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto número de registro 4560 (izquierda) y 903 (derecha). Imágenes disponibles en los siguientes enlaces: [https://victoriancollections.net.au/items/54755bd42162f11080eeba3b.](https://victoriancollections.net.au/items/54755bd42162f11080eeba3b;); [https://victoriancollections.net.au/items/579ed8c3d0cdd117c4d5908c.](https://victoriancollections.net.au/items/579ed8c3d0cdd117c4d5908c)

3.3.1.3.- Máscara de Von Esmarch

Una década más tarde, en 1877, el cirujano alemán Friedrich Von Esmarch (1823-1908), quien había asistido a heridos de guerra en hospitales de campaña durante la Guerra Franco-Prusiana, fabricó una máscara de alambre simple para la anestesia con cloroformo mediante la técnica de la gota abierta (figura 45), destinada fundamentalmente a su uso por cirujanos militares⁹³.



Figura 45. Máscara de Von Esmarch. Autor de la fotografía: J.A. Daniell. Imagen de Science Museum Group. Objeto número: A608286. Imagen disponible en el siguiente enlace:<https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co75971/mask-for-open-chloroform-anaesthesia-anaesthetic-mask>. Licencia de reproducción de creative commons: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

3.3.1.4.- Máscara de Julliard

Aunque el empleo de estas máscaras faciales se popularizó con el cloroformo, continuaron vigentes tras la caída en desuso de éste. En 1877 el cirujano suizo Gustave Julliard (1836-1911), de Ginebra, comenzó a administrar el éter a través de una máscara de diseño propio. La máscara de Julliard consistía en un marco de alambre grande con forma circular en su base, y cubierta con un paño encerado para hacerla impermeable al aire (figura 46). En el interior de la máscara se colocaba una gasa quirúrgica sobre la cual se vertía el éter. Debido a su forma, la máscara no se ajustaba a la cara con precisión, por lo que cuando se deseaba profundizar la anestesia se colocaba una toalla doblada alrededor de su borde para reducir la cantidad de aire que se filtraba⁹⁴.

⁹³ METCALFE, N.H. (2005) "Military influence upon the development of anaesthesia from the American Civil War (1861–1865) to the outbreak of the First World War". *Anaesthesia*;60:1213-1217.

⁹⁴ DUNCUM, B.M. (1946) "Ether Anaesthesia. 1842-1900". *Postgrad Med J*;22(252):280-290.



Figura 46. Máscara de Julliard. Fotografía presente en el Departamento de anestesia de Nuffield, Hospital John Radcliffe. Imagen reproducida del Museo de Historia de la Ciencia de Oxford. Objeto número 10336. (La política del museo permite la reproducción de imágenes para tesis académicas. Autorización disponible en: <https://hsm.ox.ac.uk/ordering-images>).

3.3.1.5.- Máscara de Schimmelbusch

Otra máscara muy popular fue la máscara de Schimmelbusch (figura 47). Theodor Schimmelbusch (1860-1895) fue un cirujano alemán pionero en los estudios sobre esterilización y desinfección en cirugía. Diseñó esta máscara mientras estaba trabajando en Berlín, en 1890. Consistía en un marco ovalado metálico con bordes en forma de canal, rematado por soportes cruzados. En un extremo del marco se situaba el mango de sujeción, por donde se fijaba una abrazadera metálica con bisagras. Sobre el soporte cruzado se colocaban de 10 a 12 capas de gasa de *Gamgee* (un tipo de vendaje quirúrgico inventado por el Dr. Joseph Sampson Gamgee (1828-1886) en Birmingham, consistente en una capa gruesa de algodón absorbente sostenida entre dos gasas). Estas capas de gasa permanecían sujetas a la máscara a través de la abrazadera. El anestésico (éter o cloroformo) se vertía sobre las gasas empapando las mismas. El exceso de líquido se acumulaba en el borde en forma de canal, impidiendo el contacto del anestésico con la cara del paciente, evitando la irritación de la piel⁹⁵.

⁹⁵ LO, R. (2014) "The Schimmelbusch Mask". *Hong Kong Med J*;20(6):560-561.



Figura 47. Máscara de Schimmelbush. Izquierda: marco de alambre libre. Derecha: marco de alambre sosteniendo el algodón absorbente y las gasas. Imágenes de Science Museum Group. Objetos número: A500040 y 1987-146. Licencia de reproducción de Creative Commons: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

3.3.1.6.- Máscara de Kocher

Además de la máscara de Schimmelbusch, en 1890 Theodore Kocher (1841-1917), profesor de Cirugía de la Universidad de Berna, Suiza, inventó otra máscara para la administración de éter o cloroformo (figura 48). La máscara de Kocher consistía en una especie de canasta hemisférica de alambre, de aproximadamente 15 cm de diámetro, sobre la que se colocaba una gasa a modo de cubierta. Por su forma, el volumen de espacio muerto era mayor que con otras máscaras⁹⁶.

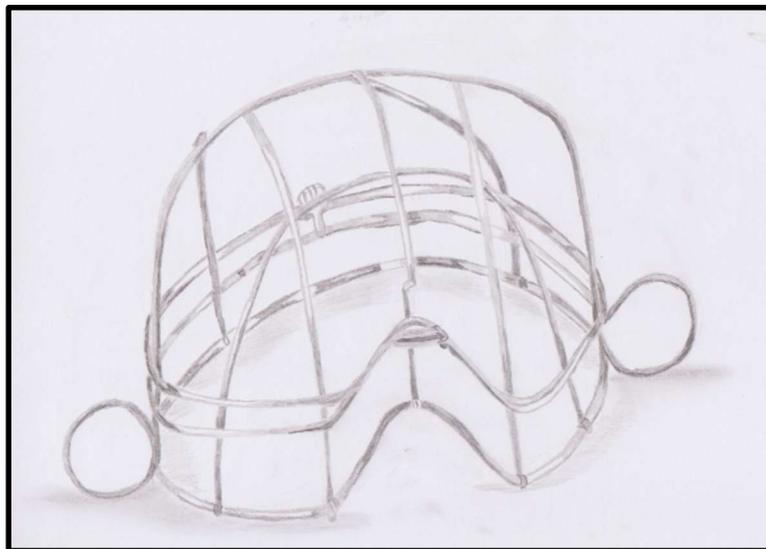


Figura 48. Dibujo de la máscara de Kocher. Autora: Claudia Bustos. Universidad de Talca (Chile) Reproducida con permiso.

⁹⁶ BALL, C. (1995) "Kocher's Mask". *Anaesth Intensive Care*;23(5):535.

3.3.2.- Inhaladores de cloroformo

Al margen de las máscaras faciales, la irrupción del cloroformo en la práctica clínica despertó el ingenio de los galenos ingleses para inventar, modificar y adaptar piezas de otros aparatos acorde a las peculiaridades de este nuevo agente. De esta forma, durante los años cincuenta y sesenta del s. XIX se fabricaron en Reino Unido aparatos como el inhalador de Murphy, el inhalador de Snow, el aparato de cloroformo de Clover, o el inhalador de Sansom, entre otros.

Además de la producción británica, podemos destacar otros dispositivos para la administración de cloroformo, como el aparato de Charrière en Francia, que también se empleó para la administración de este agente, o el inhalador de Junker, diseñado en Inglaterra por el austriaco Ferdinand Edelbert Junker⁹⁷.

3.3.2.1.- Inhalador de cloroformo de Murphy

Edward W. Murphy (1802-1877), profesor de Obstetricia de la *University College* de Londres, comenzó a utilizar el cloroformo como agente analgésico durante el trabajo de parto, poco tiempo después de su presentación por parte de J.Y. Simpson.

En febrero de 1848 Murphy presentó en la *Harveian Society of London* un monográfico titulado *Chloroform in The Practice of Midwifery*⁹⁸, en el que exponía sus experiencias con el empleo del cloroformo en siete casos clínicos de trabajo de parto dificultoso (presentaciones anómalas, contracturas de pelvis, o procedimientos con fórceps, entre otros).

En este trabajo describió un nuevo inhalador para la administración del cloroformo ideado por los señores Stevens y Pratt, y que pasó a conocerse como el inhalador de Murphy (figura 49).

El inhalador de Murphy consistía en una pequeña caja de estaño circular, la cual contenía un trozo de esponja en su interior, a la que se le colocaba una pieza bucal en forma de trompeta. La zona de unión disponía de una fisura para que los vapores de anestésico pasaran desde la caja de estaño a la pieza bucal. La nariz quedaba excluida.

Para su funcionamiento el cloroformo se vertía en la esponja, y luego se cerraba la caja de estaño con una tapa que presentaba una apertura longitudinal. Durante la inspiración, el aire atmosférico entraba por dicha apertura, arrastraba los vapores de cloroformo y salía por la pieza bucal hacia el paciente. Durante la espiración, el aire salía al exterior a través de una apertura en la parte superior de la boquilla.

⁹⁷ THOMAS, K.B. (1971) "The early use of chloroform. With some notes on certain apparatus designed for its delivery". *Anaesthesia*;26(3):348-362.

⁹⁸ MURPHY, E.W. (1848) *Chloroform in the Practice of Midwifery*. London: Wertheimer & Co.



Figura 49. Inhalador de Murphy. Imagen de dominio público, distribuida por Wellcome Images con referencia L005815 y licencia de uso de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

3.3.2.2.- Inhalador de Cloroformo de Snow

John Snow comenzó a experimentar con el cloroformo en estudios con animales, poco después de su introducción en 1847. A partir de estos estudios, Snow obtuvo sus primeras conclusiones sobre dosis y efecto; advirtió que la concentración de vapor en la mezcla aumentaba con la temperatura, de manera que la cantidad de cloroformo que produciría una mezcla respirable de manera segura a una temperatura daría un porcentaje peligrosamente alto a otra temperatura más elevada.

Snow determinó a través de estos trabajos, que un 2% de vapor de cloroformo en aire producía una pérdida de conocimiento, así como condiciones adecuadas para una anestesia quirúrgica. Asimismo, señaló que el aumento de esta concentración disminuía la respiración progresivamente hasta producir apnea, conduciendo a la muerte si se mantenía la aplicación de concentraciones por encima del 4-5%⁹⁹.

El 28 de enero de 1848 se produjo la primera muerte documentada por cloroformo. La víctima fue Hannah Greener, una joven de 15 años que iba a someterse a la extracción de una uña del pie en Winlaton, Inglaterra. Este fatal accidente fue publicado en el *'Edinburg Medical and Surgical Journal'*, y tras difundirse por la comunidad médica, numerosos autores investigaron la muerte. Uno de estos autores fue John Snow, quien determinó que la causa de la muerte debía atribuirse a la magnitud de la acción del cloroformo sobre los centros nerviosos respiratorios, la cual condujo a la apnea. La forma en la que se administró el cloroformo a la paciente fue a través de un pañuelo. Snow consideraba que los inhaladores eran más seguros que el método del pañuelo,

⁹⁹ BUXTON, D.W. (1924) "Snow's work on chloroform". *Br J Anaesth*;1(4):149-158.

ya que con estos se podían administrar cantidades más conocidas de cloroformo. Tras la muerte de Hannah Greener trató de cambiar la práctica aceptada, y trabajó en el desarrollo de un vaporizador para el cloroformo¹⁰⁰.

El inhalador de cloroformo de Snow (figura 50), estaba compuesto por los siguientes elementos:

1. Un cilindro doble, hecho de metal. El espacio exterior contenía agua fría, y el espacio interior alojaba el vapor de cloroformo que el paciente debía respirar. La parte interna del cilindro contenía un marco atornillado, que disponía de numerosas aberturas para la admisión de aire, y cuatro cables gruesos que actuaban como soporte de dos bobinas de papel grueso y absorbente, atadas alrededor de ellos. En la parte inferior de las bobinas de papel se hacían cuatro muescas, para permitir que el aire pasara en la dirección indicada por las flechas. La cantidad de cloroformo que se aplicaba no debía rebasar estas muescas, para que el aire pasara a través del inhalador sin obstrucción alguna¹⁰¹.
2. Un tubo elástico, que conectaba el inhalador con la pieza facial. Su diámetro interno era de unos 19 mm, para ofrecer poca resistencia a la inhalación de aire por parte del paciente.
3. La máscara o pieza facial, la cual incluía tanto la boca como las fosas nasales. El diseño original era del Dr. F. Sibson (1814-1876), sobre el que Snow introdujo modificaciones.

La pieza facial representaba una ventaja con respecto a las piezas bucales. Con las piezas bucales, el paciente tenía que respirar como si estuviera fumando en una pipa, y, además, cuando quedaba inconsciente por el efecto del narcótico, la pieza se caía de la boca, y el paciente comenzaba a respirar por las fosas nasales.

Los lados de la pieza facial estaban hechos de una delgada lámina de plomo que permitía adaptarse a la morfología de la cara. El modelo de Snow incorporaba dos válvulas: una inspiratoria, y otra espiratoria. La válvula inspiratoria permitía la entrada de aire y vapor del inhalador durante la inspiración, cerrándose durante la espiración para impedir la entrada de aire exhalado en el aparato; la válvula espiratoria, por su parte, permitía la salida del aire exhalado al exterior del dispositivo¹⁰².

¹⁰⁰ KNIGHT III, P.R., BACON, D.R. (2002) "An Unexplained Death. Hannah Greener and Chloroform". *Anesthesiology*;96:1250-1253.

¹⁰¹ Un tubo de vidrio que comunicaba con el interior del cilindro y pasaba a la parte exterior, permitía al operador ver cuando se debía renovar el cloroformo.

¹⁰² SNOW, J. (1858) *On Chloroform and Other Anaesthetics: Their Action and Administration*. London: John Churchill. p.81-83.



Figura 50. Inhalador de Cloroformo de Snow. Dibujo reproducido de: Snow J. (1858) *On Chloroform and Other Anaesthetics: Their Action and Administration*. London: John Churchill. p.82.

3.3.2.3.- Aparato de cloroformo de Clover

Snow, en su libro *On Chloroform and Other Anaesthetics: Their Action and Administration* (1848), indicó que la forma más exacta de conseguir una concentración determinada de cloroformo, para su administración a un paciente, consistía en introducir una cantidad medida en una bolsa o balón de tamaño conocido, y luego llenarlo por medio de un fuelle. De esta forma, Snow había conseguido inducir fácil y cómodamente a los pacientes con una mezcla de cloroformo al 4% en aire. Sin embargo, comentó que no se había atrevido a introducir este método para su uso general, ya que, en ocasiones, la bolsa se habría interpuesto en el camino del cirujano, y llenarla con un fuelle habría ocasionado algún problema.

Joseph Thomas Clover (1825-1882), solventó este problema inventando una bolsa que se podía colgar fácilmente sobre la espalda del operador, y que contenía una mezcla de cloroformo

en aire del 4%. La bolsa estaba revestida de una tela impermeable de seda llamada “siphonia”¹⁰³, barnizada con una mezcla de pegamento y melaza, y posteriormente cubierta con un papel de seda más delgado para evitar que los lados opuestos de la bolsa se adhirieran al plegarse. Con ello se conseguía que el cloroformo se almacenase en el interior de la bolsa sin absorberse ni alterarse.

Para rellenar la bolsa, Clover inventó un aparato consistente en un fuelle portátil de unas 1000 pulgadas cúbicas de aire (2500 cc.), unido a un vaporizador que se conectaba con la bolsa a través de una manguera (figura 51). De esta forma, cuando se accionaba el fuelle, se enviaba una corriente de aire que atravesaba el vaporizador e introducía una mezcla de aire y cloroformo en la bolsa. El vaporizador estaba calibrado para que una dosis precisa de cloroformo se mezclara con el aire. De esta manera, 100 pulgadas de aire contenían 3 pulgadas cúbicas de vapor de cloroformo (250 cc. de aire contenían unos 7,6 cc. de vapor de cloroformo).

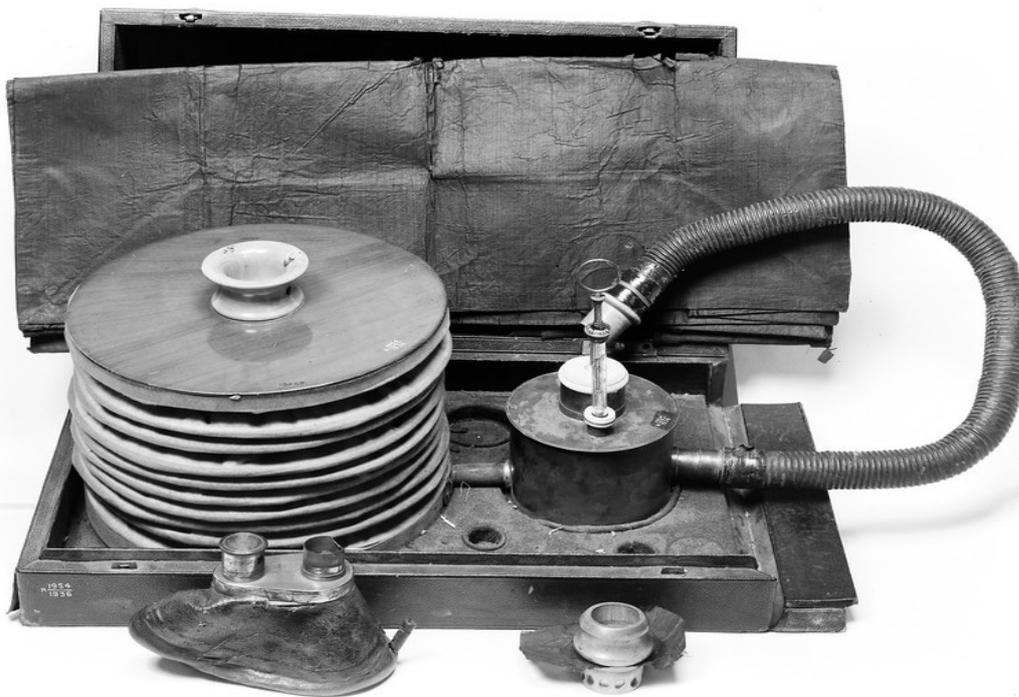


Figura 51. Aparato de cloroformo de Clover. 1862. Dominio público. Créditos: Wellcome Collection. CC BY 4.0.

La bolsa de cloroformo se conectaba a la pieza facial a través de un tubo flexible de un metro de longitud (figura 52). La pieza facial estaba hecha de metal flexible forrado con goma, para ajustarse con precisión a la cara del paciente. Al igual que la pieza facial de Snow, disponía de válvula inspiratoria y válvula espiratoria. Además, contenía una pequeña puerta corredera, la cual permitía la entrada de aire adicional para reducir la concentración de cloroformo por debajo del 4%.

¹⁰³ Siphonia: Sinónimo de *Hevea Brasiliensis*, termino actual para referirse al árbol del caucho.



Figura 52. Fotografía de J.T Clover administrando cloroformo con su aparato de 1862. Obsérvese la bolsa reservorio colgando a su espalda. Imagen de dominio público. Créditos: Wellcome Collection. Licencia de uso CC BY 4.0

Cuando Clover usaba su aparato, administraba una mezcla inicial de cloroformo al 2% para llevar a cabo la inducción. Posteriormente aumentaba la potencia de inducción para conseguir un estado de anestesia en cinco a siete minutos.

Clover fabricó este aparato en 1862, y lo exhibió en la Exposición Internacional celebrada en Londres ese mismo año. En 1868 publicó un trabajo en el que afirmaba haber usado el aparato de forma exitosa en más de 1800 casos, sin haber tenido que lamentar ningún resultado fatal¹⁰⁴.

3.3.2.4.- Inhalador de cloroformo de Sansom

Arthur Ernest Sansom (1838-1907) consideraba que el aparato de Clover presentaba algunos inconvenientes: se necesitaba tiempo para hacer los arreglos mecánicos pertinentes encaminados a conseguir la concentración deseada en el interior de la bolsa; la elaboración de la bolsa era relativamente compleja; el coste del aparato era elevado; y por último, aunque admitía que el aparato poseía un gran valor, opinaba que era poco probable que cada profesional se proveyera de un dispositivo de este tipo.

Con respecto al inhalador de Snow, Sansom afirmaba que, pese a tener un gran valor en cuanto a capacidad de regulación y metodología de administración, su baño de agua lo hacía pesado y engorroso, y su tubo, largo y flexible, solía interponerse en el campo quirúrgico.

¹⁰⁴ MARSTON, A.D. (1949) "The Life and Achievements of Joseph Thomas Clover: The Joseph Clover Lecture delivered at the Royal College of Surgeons on 16th March, 1949". *Ann R Coll Surg Engl*;4(5):267-280.

Además, consideraba que, en la etapa inicial, no provocaba una dilución suficiente como para que el paciente inhalara el vapor de forma agradable, sino que solía provocar espasmos o tos.

Estos efectos secundarios estaban relacionados con inducciones a concentraciones elevadas. Sansom estimaba que la mezcla de vapor de cloroformo durante la inducción con el aparato de Snow se situaba en torno al 5-6%.

Sansom era partidario de comenzar administrando pequeñas proporciones de cloroformo, e ir incrementándolas gradualmente a medida que el paciente iba tolerando el proceso de inducción anestésica. De esta forma, la irritabilidad de la glotis se atenuaba poco a poco y no aparecía tos.

Para ello era necesario un aparato que admitiera un suministro abundante de aire, y en el que se pudiera regular gradualmente la proporción de cloroformo. Asimismo, entendía que el dispositivo tenía que ser simple, compacto, portable, y de un tamaño y disposición que evitara interponerse con el operador en cualquier momento.

El inhalador de Sansom (figura 53), fabricado en 1865, estaba formado por un recipiente para el cloroformo, un tubo transportador de la mezcla gaseosa, y una mascarilla o pieza facial.

El recipiente para el cloroformo era un pequeño cilindro metálico, de unos ocho cm de alto, con un diámetro de cuatro cm aproximadamente. El cilindro estaba lleno de papel secante, y la placa superior perforada para la admisión de aire e introducción de cloroformo. Para el mantenimiento de la temperatura, el cilindro metálico estaba rodeado con un estrato de gutapercha¹⁰⁵.

Este material permitía aislar la temperatura del interior del cilindro, protegiéndola de la temperatura exterior, tanto para el frío, como para el calor transmitido por la mano del operador.

Un poco por encima del centro del cilindro se conectaba el tubo que transportaba la mezcla de cloroformo y aire. Para permitir la movilidad, el tubo de salida se dobló en ángulo recto antes de terminar en la boquilla. De esta forma, el inhalador se podía adaptar a un paciente en posición sentada, o a un paciente en posición de decúbito, gracias a que el cilindro se podía girar a la derecha o izquierda, según fuese necesario (figura 53).

En la zona de unión del tubo a la pieza facial, un mecanismo rotatorio permitía regular la entrada de aire a este nivel, con objeto de conseguir una mayor o menor dilución en la zona de salida. Esto era posible debido a que a este nivel el tubo era doble: un tubo externo que rotaba sobre otro interno, ambos perforados.

En función del grado de rotación, estas perforaciones coincidían completamente, parcialmente, o no coincidían. De esta manera la entrada al aire podía estar abierta, parcialmente abierta, o cerrada.

¹⁰⁵ Gutapercha: material elástico de consistencia dura, fabricado a partir de la savia del árbol del género *palaquium*. Su aspecto y forma es similar al caucho.

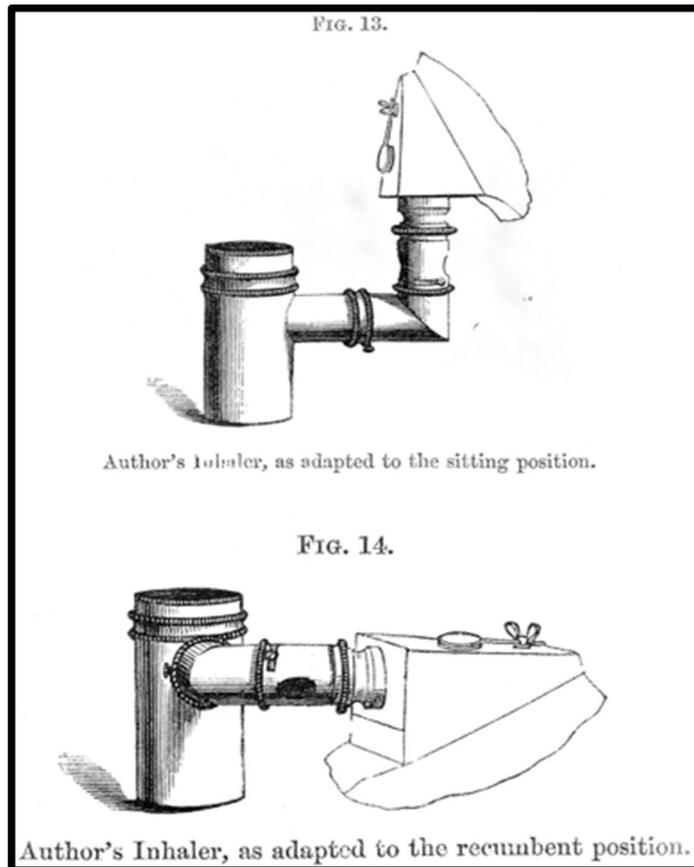


Figura 53. Dibujos del inhalador de Sansom, adaptado a las posiciones del paciente sentado y tumbado respectivamente. Imágenes de dominio público. Créditos: Wellcome Collection. Licencia de uso CC BY 4.0

Por último, la pieza facial era la original descrita por el Dr. Sibson, sobre la que Snow había introducido modificaciones¹⁰⁶.

3.3.2.5.- Inhalador de cloroformo de Junker

Ferdinand Adelbert Junker von Langeegg¹⁰⁷ (1828-1901) fue un médico nacido en Viena, Austria, en 1828. A mediados de la década de 1850 se trasladó a Londres, donde comenzó a trabajar en el *Samaritan Free Hospital for Women* a partir de 1860¹⁰⁸.

En 1867 publicó un artículo en el '*Medical Times & Gazette*', en el que describía su aparato para la administración de vapores anestésicos.

El aparato de Junker estaba compuesto por tres elementos: el cilindro para el anestésico, el fuelle de mano, y la mascarilla (figura 54).

¹⁰⁶ SANSOM, A.E. (1865) *Chloroform: Its Action and Administration*. London: John Churchill & Sons. p.120-128.

¹⁰⁷ En Inglaterra fue conocido como Ferdinand Edelbert (o Etherlbert) Junker.

¹⁰⁸ THOMAS, K.B. (1973) "Ferdinand Edelbert Junker". *Anaesthesia*;28:531-534.

El cilindro era de vidrio, tenía un volumen de dos onzas líquidas (60 ml aprox.), y estaba graduado (Figura 54: Fig. 1 A y Fig. 2). La parte superior, cerrada herméticamente, estaba atravesada por dos tubos: uno largo, “a”, que llegaba casi hasta el fondo, y otro corto, “b”, que terminaba por debajo del tapón.

El fuelle de mano (Figura 54: Fig. 1 B) se conectaba al tubo “a”. Al comprimir el fuelle, el aire atravesaba el tubo y ascendía en la dirección de las flechas, a través del fluido anestésico, hacia el tubo “b”.

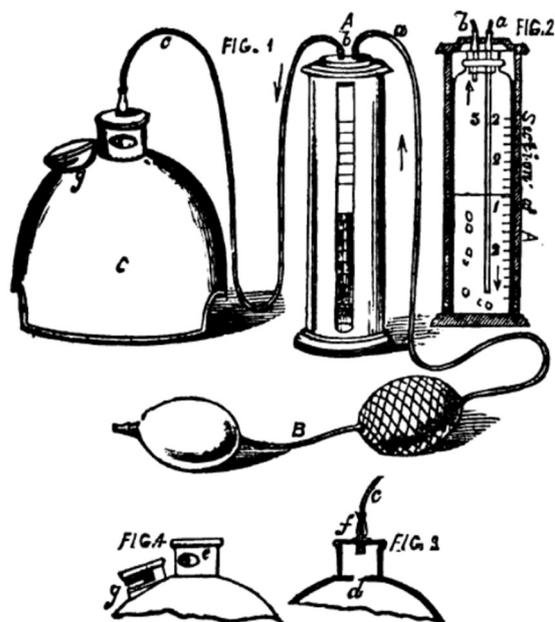


Figura 54. Aparato de Junker. Reproducido de Junker FE. “Description of a new apparatus for administering narcotic vapours”. *Med Times Gazette*.1867;2:590. Dominio público.

La máscara (Figura 54: Fig. 1 C), estaba unida por medio de un manguito de conexión elástico, “c”, al tubo “b”, por donde salía el aire impregnado con el vapor anestésico (clorometilo¹⁰⁹ o cloroformo).

El cilindro de vidrio se encajaba en un soporte hecho de un material no conductor, forrado con terciopelo. Esto era necesario para evitar que el clorometilo hirviera cuando se utilizaba en una habitación caliente.

El soporte disponía de una ranura lateral graduada, que permitía observar la cantidad de anestésico utilizado. No se debía introducir más de dos tercios del volumen del cilindro, para evitar que una parte del fluido escapara a través del tubo de conexión hacia la máscara.

La máscara estaba hecha de vulcanita y tenía forma de semiesfera hueca. Su diámetro en la base era de 3 pulgadas (7,6 cm), y tenía una profundidad de 2,5 pulgadas (6,35 cm). El borde

¹⁰⁹ Clorometilo: también llamado “Bicloruro de metileno”, resultante de la mezcla física de cloroformo y alcohol metílico.

disponía de dos muescas para las prominencias de la barbilla y nariz. El centro de la máscara disponía de un orificio del calibre del tubo de conexión. Sobre este orificio se disponía una cámara con una doble pared lateral fenestrada. El giro de la porción externa determinaba la apertura o cierre de esta cámara. Esta cámara albergaba en su interior el tubo “f”, que actuaba de unión con el tubo de conexión “c”. La función de esta cámara era evitar la congelación del extremo del tubo “f”, que se produciría algunas veces si este se expusiera inmediatamente al aliento cálido del paciente durante la administración de clorometilo.

Por último, la máscara estaba provista de una válvula protectora (Fig. 4, g), para descargar el aire espirado¹¹⁰.

El aparato de Junker fue el primero en usar el principio del «blow-over», consistente en empujar el aire sobre el anestésico líquido mediante un fuelle de goma bombeado a mano. Gozó de gran popularidad durante varias décadas, y sus peligros e inconvenientes, como conectar erróneamente los tubos dando lugar al paso directo del cloroformo líquido a la máscara, fueron eliminados por las modificaciones llevadas a cabo por Frederic Hewitt¹¹¹, o C. Braine, en 1892¹¹².

En la figura 55, podemos observar mejor algunos detalles de este inhalador.



Figura 55. Aparato de Junker de 1867 para la administración de vapores narcóticos, Londres, Inglaterra. Dominio público. Créditos: Wellcome Collection, Science Museum, London. Licencia de uso CC BY 4.0.

¹¹⁰ JUNKER, F.E. (1867) “Description of a new apparatus for administering narcotic vapours”. *Med Times Gazette*;2:590.

¹¹¹ HEWITT, F. (1892) “A modification in Junker’s Chloroform inhaler. Specially designed to prevent certain accidents which have from time to time occurred with the ordinary apparatus”. *Lancet*;139(3583):966-967.

¹¹² BRAINE, C. (1892) “A safety Junker Inhaler”. *Br Med J*;1:1364.

3.3.2.6.- Inhaladores de cloroformo desarrollados en Francia

Tan pronto como los cirujanos franceses tuvieron conocimiento de las primeras experiencias publicadas sobre el uso clínico del cloroformo en Inglaterra, comenzaron a experimentar con este anestésico.

El 24 de noviembre de 1847, Pierre Nicolas Gerdy (1797-1856), del *Hôpital de la Charité*, tras comprobar sobre sí mismo los efectos de la inhalación del cloroformo, lo usó para una operación de fístula lumbar en un paciente joven. La administración del anestésico se realizó a través de una esponja cóncava, que cubría la base de la nariz y la boca del paciente.

El contacto directo del cloroformo con la piel provocó quemaduras y úlceras en las zonas de exposición, por lo que Gerdy notificó a la Academia de Medicina que lo mejor era emplear un «aparato de aspiración» en lugar de una esponja¹¹³.

En este sentido, empezaron a fabricarse diferentes aparatos en Francia para el cloroformo.

3.3.2.6.1.- Aparato de Elser

Charles Emmanuel Sédillot (1804-1833), cirujano del Hospital militar de Estrasburgo y miembro de la Academia de Medicina, también comenzó a utilizar el cloroformo de forma muy temprana tras su introducción clínica, pero siguiendo las recomendaciones de Gerdy, evitó el uso de esponjas y lo administró a través de aparatos para la vaporización. En un primer momento empleó el aparato de Jules Roux¹¹⁴, y posteriormente el aparato de Elser (figura 56).

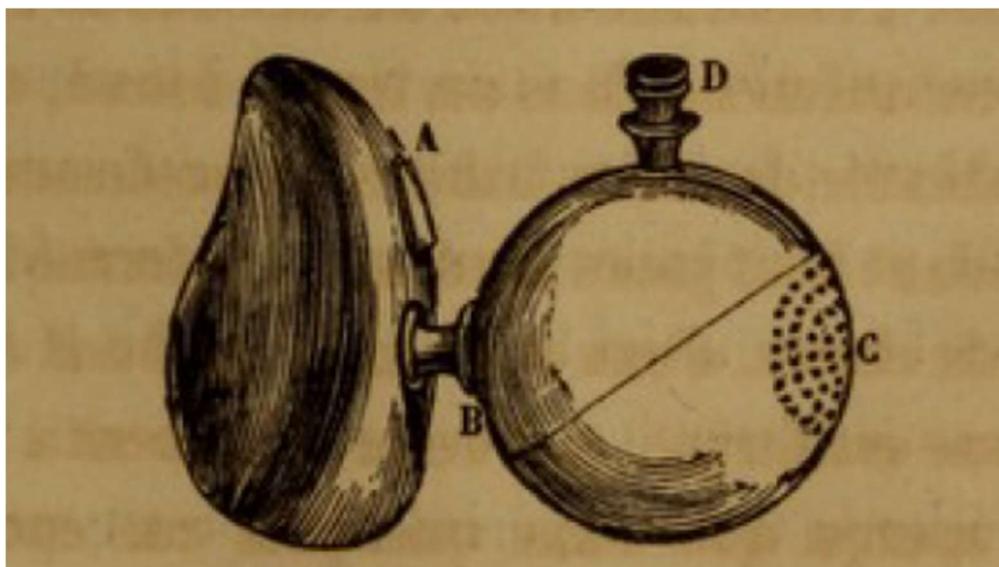


Figura 56. Aparato de Elser. Dibujo reproducido de: Sédillot CE. *De l'insensibilité produite par le chloroforme et par l'éther et des opérations sans douleur*. Dominio público.

¹¹³ ZIMMER, M. (1997) "Les premières expériences de chloroformisation et les appareils à chloroformer de Joseph Charrière". *Cah Anesthesiol*;45(4):303-310.

¹¹⁴ Cirujano de la marina francesa que diseñó un aparato en forma de saco para la administración de éter.

El aparato de Elser se componía de dos partes principales:

- Una especie de mascarilla facial, destinada a envolver la boca y nariz, para que el paciente respirara naturalmente sin tener que darle ninguna instrucción sobre la forma de respirar. Esta pieza presentaba una válvula de espiración, “A”, y se unía a la otra parte por una rosca, “B”, en la cual se encontraba la válvula de inspiración.
- La segunda pieza era hueca, y se componía de dos semiesferas que se acoplaban la una sobre la otra. Una de las semiesferas estaba perforada, “C”, para permitir la penetración del aire inspirado. La otra está rematada por un tubo, “D”, a través del cual se vertía el cloroformo durante el curso de la operación.

El aparato de Elser estaba hecho de estaño, era muy portable, y se podía montar y desmontar fácilmente para facilitar su transporte. En el interior de la esfera y sobre la zona perforada se podía colocar una delgada capa de esponja contenedora, sobre la que se vertía cloroformo.

Sédillot comenzó su práctica quirúrgica con el cloroformo el 25 de noviembre de 1847, y tras adquirir una notable experiencia con este anestésico, informó sobre las ventajas que ofrecía sobre el éter, sus efectos adversos y su potencial peligrosidad, incluida la muerte, por lo que aconsejaba el manejo del cloroformo por parte de personal experimentado¹¹⁵.

3.3.2.6.2.- Aparatos de Charrière para el cloroformo

Durante esta primera fase de administración del cloroformo a través de aparatos, se postuló que, tanto el éter como el cloroformo, desde el punto de vista industrial conducían al mismo resultado de producción de insensibilidad, y que la única diferencia desde este punto de vista era simplemente una cuestión de cantidad, por lo que lo único necesario era sustituir el depósito del éter por otro de menor tamaño para el cloroformo.

Sin embargo, Charrière consideraba que no podía ser indiferente fabricar un aparato para administrar indistintamente cloroformo o éter, ya que de las observaciones presentadas en la Academia de las Ciencias y de la Medicina, se desprendía que los efectos producidos no eran similares. No obstante, sus primeros aparatos para el cloroformo fueron una adaptación de algunos de sus modelos para el éter.

El primero de estos aparatos fue una modificación del modelo de triple efecto de éter fabricado en marzo de 1847 (figuras 57 y 58).

¹¹⁵ SÉDILLOT, C.E. (1848) *De l'insensibilité produite par le chloroforme et par l'éther et des opérations sans douleur*. París: J. B-B.Baillière; Londres: H. Baillière.



Figura 57. Dibujo esquemático del aparato de Charrière para la inhalación de cloroformo. Reproducido de Charrière J. *Appareils pour l'inhalation du chloroforme* (1848). Dominio público.

La parte superior del dispositivo era la misma que la del aparato de éter. Un tornillo que pasaba por el embudo “A”, que era la zona de unión, permitía separar la parte superior del aparato del depósito “B”, que era diferente para el aparato de cloroformo¹¹⁶. Desenroscando el embudo “A”, se podía verter el líquido anestésico con tanta frecuencia como fuera necesaria, ya que el excedente de anestésico que no quedase impregnado en la tela en espiral que cubría el depósito “B”, pasaba a través de unas ranuras al tanque “E”.

Estas aperturas servían para que, una vez desatornillado el tanque en el que había caído el exceso de anestésico líquido, el aire arrastrara el vapor desde abajo hacia arriba cuando el paciente llevaba a cabo la inspiración a través de la pieza facial. La pieza facial estaba unida al aparato de cloroformo a través de la tubería de succión, fabricada de un material elástico.

¹¹⁶ Nota: Pese a ello, este aparato de Charrière podía funcionar con éter, vertiendo una proporción seis veces mayor del mismo.



Figura 58. Aparato de cloroformo de Charrière (1848). Dominio público. Créditos: Wellcome Collection, Science Museum, London. Licencia de uso CC BY 4.0.

En las figuras 59 y 60 se puede apreciar mejor el embudo por donde se vertía el cloroformo hacia el depósito, así como la espiral de metal elástica cubierta con tejido de algodón y punto grueso¹¹⁷.



Figura 59. Zona de depósito del cloroformo. Reproducido de Charrière J. *Appareils pour l'inhalation du chloroforme* (1848). Dominio público.

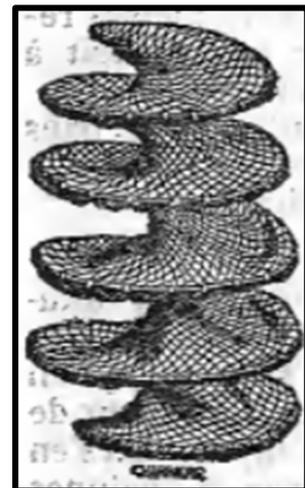


Figura 60. Espiral metálica cubierta con algodón. Reproducido de Charrière J (1848). Dominio público.

¹¹⁷ CHARRIÈRE, J. (1848) *Appareils pour l'inhalation du chloroforme*. París: Thunot.

Posteriormente Charrière introdujo diferentes modificaciones y componentes sobre esta estructura base, dando lugar a diferentes modelos de aparatos de cloroformo construidos con diferentes materiales (cristal, estaño, latón...).

En las figuras 61 y 62 podemos encontrar varias piezas de estos ejemplares:

- La figura 61, “Figure 30”, representa una botella de vidrio con tapa perforada que se podía incorporar al aparato de triple efecto.
- La figura 61, “Figure 31”, muestra un aparato sin grifo modificado, cuyo interior contiene una esponja empapada con cloroformo.

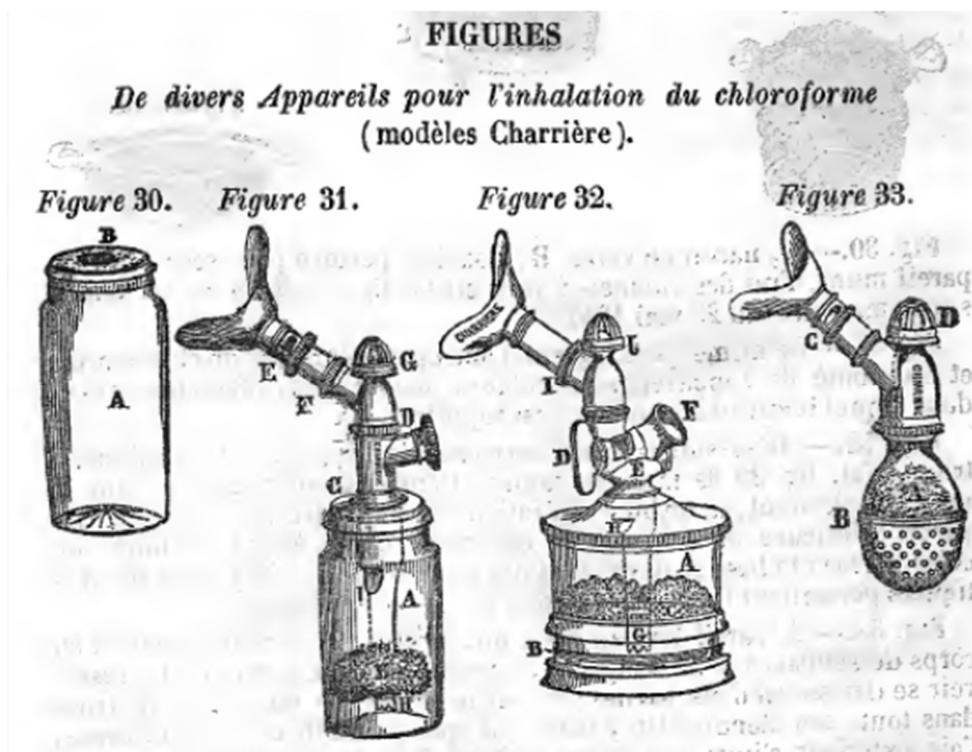


Figura 61. Componentes del aparato de Charrière para la inhalación de cloroformo. Reproducido de Charrière J. (1848). Dominio público.

- La figura 61, “Figure 32”, corresponde a un tanque de estaño coronado por el aparato y el grifo de triple efecto (véase la diferencia con el grifo anterior). En este modelo, como en el modelo anterior, se retiró la tubería de succión intermedia. La parte inferior de este tanque se llenaba con una esponja empapada en cloroformo. La base se desenroscaba a posteriori para permitir el paso de aire a través de las ranuras “B”
- En la figura 61, “Figure 33”, el tanque estaba dividido en dos partes; La parte inferior estaba perforada con agujeros en toda su extensión. En la parte superior se ponía una esponja empapada en cloroformo. y el aire exterior se introducía desde abajo hacia arriba. La parte del grifo, de estaño fino, disponía de válvulas de succión y de exhalación.

- En la figura 62, “Figure 34”, el tanque era el mismo que el anterior, pero perforado por un único tubo de estaño fino. Cerca de la boca, “C”, se hacía una apertura para la incorporación de aire limpio.
- La figura 62, “Figure 35”, corresponde a un modelo con el depósito de vidrio coronado por una boca de estaño. En este depósito, en forma de botella, se introducía una espiral metálica cubierta por un paño grueso de algodón impregnado con cloroformo. La succión y la exhalación tenían lugar a través de la abertura “B” en el fondo del tanque.
- En la figura 62, “Figure 36”, vemos la representación de un aparato de peltre con base perforada y relleno con una esponja empapada en cloroformo.
- Las figuras 62, “Figure 37”, y 64, “Figure 38”, corresponden a diferentes modelos de cilindros metálicos que se conectaban al depósito¹¹⁸.

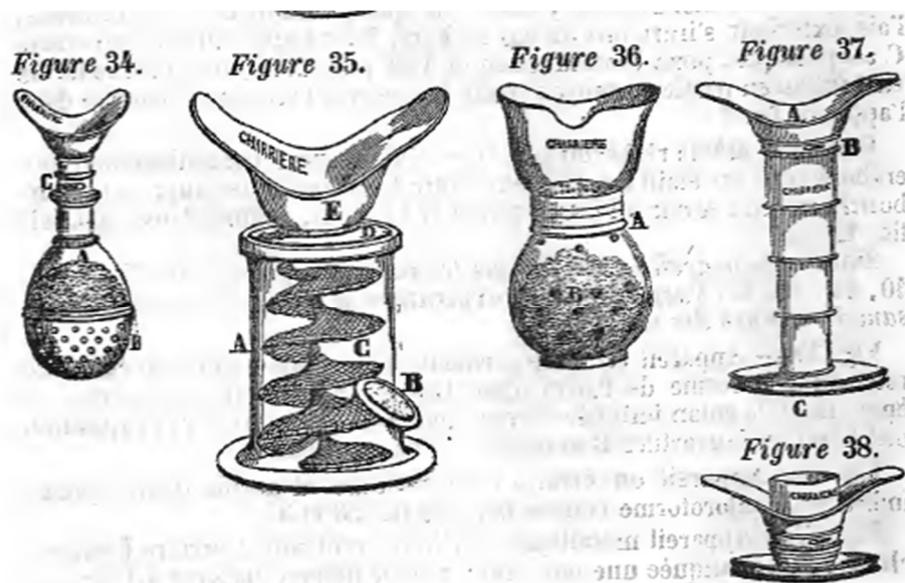


Figura 62. Componentes del aparato de Charrière para la inhalación de cloroformo. Reproducido de Charrière J. (1848). Dominio público.

3.3.2.6.3.- Aparato de Louis Mathieu

La gran variedad y complejidad de dispositivos hizo que surgiera la idea de una simplificación de los aparatos.

C. Louis Mathieu (1817-1868), un fabricante de instrumentos quirúrgicos parisino, diseñó un aparato que fue presentado en la *Académie des sciences* el 13 de diciembre de 1847 (figura 63).

¹¹⁸ CHARRIÈRE, J. (1848) *Appareils pour l'inhalation du chloroforme*. París: Thunot.

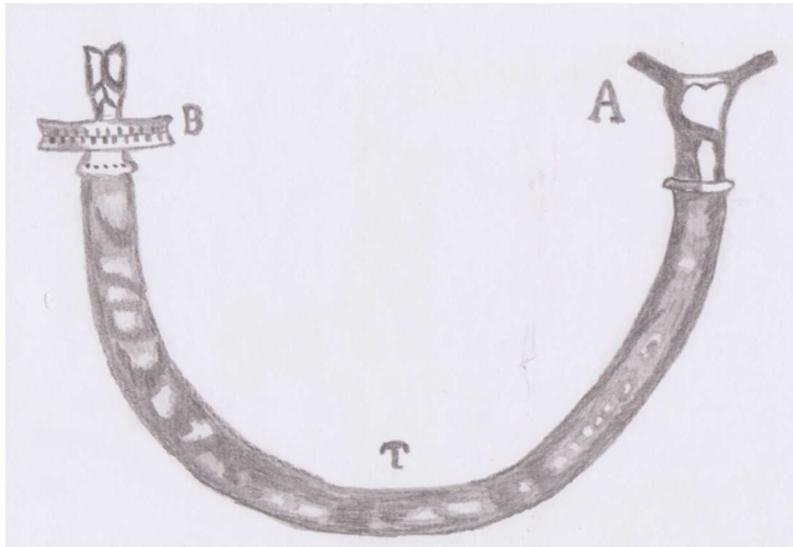


Figura 63. Aparato de Mathieu. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile) Reproducido con permiso.

En una carta adjunta, describía el aparato con una gran precisión:

«consiste en un tubo flexible, acabado en un extremo por una boquilla, y en el otro, por un verdadero recipiente, de madera o metal, circular y muy aplanado; su diámetro es de unos siete centímetros y tiene una altura de un centímetro. Examinado desde el exterior, vemos en el recipiente circular, aperturas, que pueden cerrarse girando una de las caras o tapa del recipiente. En la tapa o cara opuesta a la unión del tubo, vemos, en el medio, una abertura sobresaliente, en forma de cilindro, en la que cabe un anillo, en la que se puede tocar una válvula esférica, que viene a cerrar abertura, de lo cual hablé. En el interior, en el fondo del recipiente, hay una segunda abertura sobresaliente que se comunica con el tubo flexible.

Entre la circunferencia que limita el recipiente y la que limita la abertura sobresaliente, colocamos algodón cardado, pelusa o estopa, que se empapa con líquido para que duerma el paciente. El saliente de la apertura del interior del recipiente está separado de su tapa por un espacio, destinado a permitir, durante la inspiración, pasar por el tubo, que se comunica con el paciente, el aire, procedente de las pequeñas aperturas laterales, saturado con vapor de cloroformo, aire, que no puede salir por la apertura de la tapa, previamente cerrada por la válvula esférica externa; porque el vacío, que tiende a estar debajo de ella, la mantiene en contacto con esta apertura.

Pero, para evitar que, en la exhalación, el aire retome el mismo camino que en la inspiración, agregué un pequeño manguito de seda, fijado por un anillo, en la proyección de la apertura del recipiente, para que ese aire exhalado, que se aplica alrededor de la salida directa de la válvula, se desvíe para escapar»¹¹⁹.

¹¹⁹ ZIMMER, M. (2008) “L’anesthésie au chloroforme”. En: ZIMMER, M. Ed. *Histoire de l’anesthésie. Méthodes et techniques au XIX^e siècle*. Les Ulis: EDP Sciences. p.231-317.

3.3.2.6.4.-Inhalador de Alphonse Amussat

Otro aparato de cloroformo de origen francés fue el inhalador de Amussat, construido por Charrière bajo las indicaciones del autor.

El aparato de Amussat (figura 64), era una modificación de la pipa de éter¹²⁰ diseñada por Jules Germain Cloquet (1790-1883). Estaba compuesto por los siguientes elementos:

- Un tanque o jarra, “B”, consistente en un pequeño cilindro de tela metálica de 5 centímetros y medio de largo, y tres centímetros de diámetro. Contenía una pequeña esponja sobre la que se vertía el cloroformo.
- Un pequeño embudo metálico, “C”, por donde se vertía el anestésico sin necesidad de quitar el inhalador de la cara del paciente.
- Una pieza facial, “F”, diseñada para que el paciente respirara por la boca y la nariz al mismo tiempo. Los bordes de esta pieza facial estaban forrados de piel o goma.
- El aparato disponía de dos válvulas, inspiratoria y espiratoria, representadas en el dibujo de la izquierda con las letras “E” y “G”¹²¹.

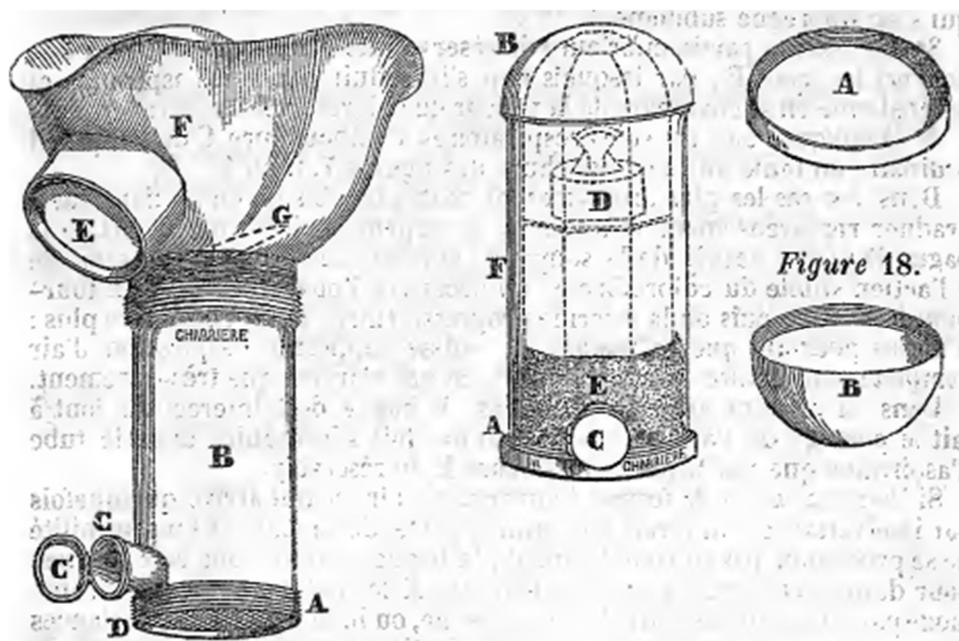


Figura 64. Inhalador de Amussat. Reproducido de: Charrière J. (1848). Dominio público.

El inhalador de Alphonse A. Amussat (1820-1878) fue depositado en la Academia de Medicina el 30 de noviembre de 1847, para su valoración por la Comisión del Éter.

¹²⁰ De este dispositivo solo se han encontrado referencias textuales.

¹²¹ ZIMMER, M. (2008) “L’anesthésie au chloroforme”. En: ZIMMER, M. Ed. *Histoire de l’anesthésie. Méthodes et techniques au XIX^e siècle*. Les Ulis: EDP Sciences. p.231-317; CHARRIÈRE, J. (1848) *Appareils pour l’inhalation du chloroforme*. Paris: Thunot.

De todos los dispositivos del mercado francés, los que prevalecieron durante los primeros años fueron los de Charrière, sobre todo tras la inclusión en sus aparatos de una válvula de tres vías.

3.3.2.6.5.- Inhalador nasal de Auguste Faure

En abril de 1859, Auguste Faure propuso a la Academia de Medicina, a través de una carta, inhalar cloroformo a través de una sola fosa nasal. La fundamentación de esta propuesta se basaba en que, al introducir aire cargado de vapores de cloroformo por una de las fosas nasales, y aire puro por la otra, las dos columnas gaseosas se mezclarían, en partes iguales, en la parte posterior de la garganta.

Para poner en práctica la idea, Faure inventó un inhalador consistente en un depósito cilíndrico con una base plana, una cara superior rematada en forma de embudo invertido en la zona central, y una chimenea o zona de unión en uno de los extremos (figura 65). En esta chimenea es donde se insertaba el tubo nasal, de 8 a 13 mm de diámetro y 17 cm de longitud. Este tubo, fabricado de goma, terminaba en una punta cónica, y se introducía medio centímetro en la fosa nasal.



Figura 65. Inhalador de Faure. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile) Reproducido con permiso.

Por la otra fosa nasal se podía introducir un tubo de las mismas características en comunicación con el aire atmosférico. En el momento de la anestesia, se vertían 4, 5, 10 ó 12

gramos de cloroformo en el depósito, y se insertaba la punta del tubo en la nariz del paciente, pidiéndole que respirara libremente¹²².

3.3.3.- La llegada del cloroformo a España

Las noticias sobre el descubrimiento de la anestesia clorofórmica y de sus primeros ensayos clínicos, llegaron a España a finales del mes de noviembre de 1847 a través de la prensa médica francesa e inglesa¹²³.

Las ciudades receptoras de estas primeras noticias fueron Cádiz, Barcelona, Santiago de Compostela y Madrid. Tras comprobar su eficacia en experimentos con animales, el 20 de diciembre de 1847 tuvieron lugar las primeras intervenciones quirúrgicas con el nuevo anestésico. En Santiago de Compostela, los Dres. Guarnerio Gómez (1818-1880) y González Olivares (1802-?) llevaron a cabo una amputación de pene y una mastectomía, respectivamente. El método empleado para la administración de la anestesia clorofórmica fue el método de la compresa, sobre la que se vertió media dracma de cloroformo, llevándose a cabo estos procedimientos sin que se experimentase dolor¹²⁴.

Ese mismo día, en Barcelona, el Dr. Mendoza Rueda (1811-1872) intervino a una paciente de una tumoración sarcomatosa en el tercio superior de la pierna. En este caso, el Dr. Mendoza vertió dos o tres dracmas de cloroformo en una esponja ahuecada en forma cóncava, y la aplicó sobre la boca y nariz de la paciente¹²⁵.

En España, la utilización del cloroformo se extendió desplazando al éter, al igual que en otros países europeos. El método de la compresa fue la forma más habitual para administrar cloroformo durante muchos años, y a pesar de la llegada de aparatos para la anestesia, sobre todo extranjeros, se mantuvo vigente hasta por lo menos 1940.

No obstante, hay que señalar que los cucuruchos o conos gozaron de gran popularidad entre 1850 y 1875, y para su construcción se podían emplear diferentes materiales, como papel, cartón, lienzo, cuero o metal. En el fondo del cono se fijaba una gasa o algodón empapada de anestésico. En las figuras 66 y 67 podemos apreciar el uso del cono durante sendas intervenciones quirúrgicas.

¹²² ZIMMER, M. (2008) “Inhalateurs á chloroformer:1859-1869”. En: ZIMMER, M. Ed. *Histoire de l'anesthésie. Méthodes et techniques au XIX^e siècle*. Les Ulis: EDP Sciences. p.427-429.

¹²³ MÁRQUEZ-ESPINÓS, C. (2018) *Constitución de la anestesiología como especialidad médica en España*. Cádiz: Real Academia de Medicina y Cirugía de Cádiz. p.22.

¹²⁴ FRANCO-GRANDE, A., VÁZQUEZ, M.L., CID, M., FREIRE, J. (1991) “Las primeras operaciones efectuadas con el cloroformo en España. Más datos y nuevas aportaciones”. *Rev Esp Anestesiol Reanim*;38:182-188.

¹²⁵ HERVÁS-PUYAL, C. (1986) *La anestesia en Cataluña, Historia y Evolución (1847-1901)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.

Finalmente, los nidos, variante de las máscaras de alambre y llamados así por su forma ovalada y cóncava, que asemejaba a un nido, alcanzaron su mayor popularidad entre 1905 y 1940¹²⁶.



Figura 66. Intervención quirúrgica bajo anestesia inducida por cono (flecha amarilla). Imagen reproducida de: Cardenal Fernández S. *Manual práctico de cirugía antiséptica*, (2ª ed.). Barcelona: Biblioteca ilustrada de Espasa y Cª. 1887. Dominio público.

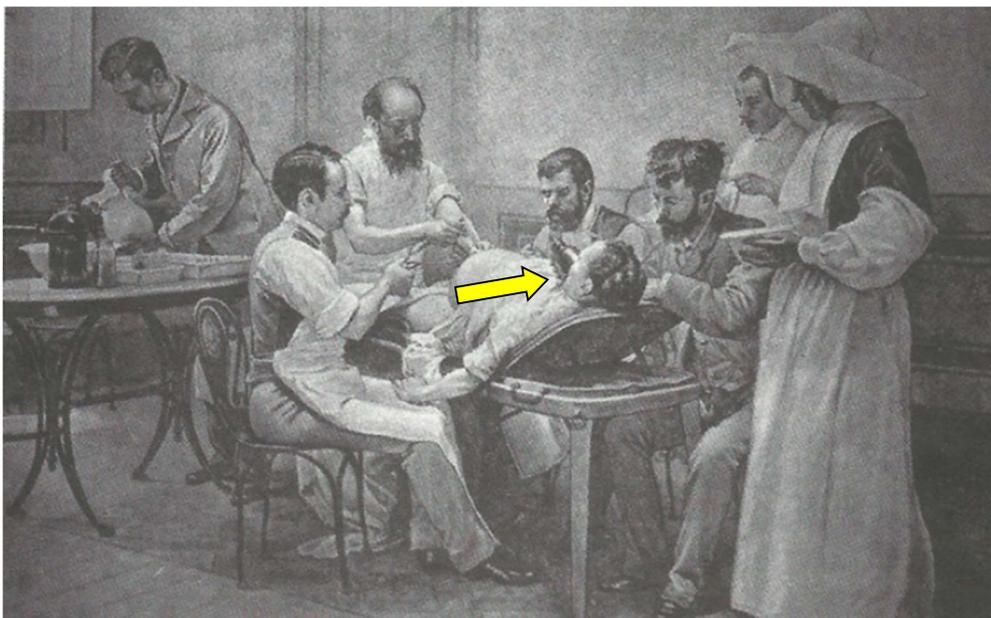


Figura 67. Intervención ginecológica bajo anestesia con cono. Fotografía de una ovariectomía a domicilio practicada por el Dr. Salvador Cardenal. Obsérvese la administración de anestesia a través de cono (flecha amarilla). Imagen reproducida de: Cardenal Fernández S. (1887). Dominio público.

¹²⁶ FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. (2005) “El aparato de anestesia en España. Aspectos tecnológicos y evolución durante los primeros 100 años de la moderna anestesia”. En: FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. Eds. *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Madrid: Arán. p.287-307.

3.4.- INTRODUCCIÓN DEL ÓXIDO NITROSO. INHALADORES COMPLEJOS

El desarrollo de inhaladores complejos se produjo como consecuencia de dos necesidades por parte de los anestesiólogos: la capacidad de ajustar las concentraciones inspiradas del agente anestésico, y la posibilidad de administrar más de un agente inhalatorio¹²⁷.

El óxido nitroso, del que se conocían sus propiedades hilarantes y analgésicas desde finales del siglo XVIII, precisaba para su obtención y administración aparatos muy voluminosos y de gran complejidad. Esto dificultaba su portabilidad, estando básicamente confinado en gabinetes odontológicos, donde se utilizaba como gas analgésico para la realización de procedimientos dentales¹²⁸. Sin embargo, en 1870, tanto George Barth como *Coxeter & Son* consiguieron comprimir el gas y almacenarlo en forma líquida en cilindros de acero en Gran Bretaña, mientras que, en 1873, la compañía *Johnston & Brother* hacía lo propio en Nueva York¹²⁹. Esto supuso un gran impulso para la introducción del óxido nitroso en el ámbito quirúrgico.

En este contexto, Clover fabricó su aparato de óxido nitroso/éter en 1876, lo que constituyó el primer intento de secuenciar la administración de ambos gases anestésicos.

3.4.1.- Inhalador secuencial de óxido nitroso/éter de Clover.

Durante años, Clover sustituyó el éter por el cloroformo para evitar la desagradable sensación de asfixia que experimentaban los pacientes durante la inducción con éter, y que no se producía con el cloroformo.

Con la introducción del óxido nitroso, Clover pensó diseñar un aparato que permitiese llevar a cabo la inducción con óxido nitroso, más agradable para el paciente, y mantener la anestesia con éter, más eficaz que el óxido nitroso para eludir la sensación dolorosa del acto quirúrgico. El aparato de óxido nitroso/éter de Clover (figura 68), estaba compuesto por los siguientes elementos:

- Vaporizador de éter (E)
- Cilindro de acero contenedor de óxido nitroso líquido (estrella amarilla)

¹²⁷ NUNEZ, C.M. (1996) "The evolution of Anesthesia Machine". *Bull Anesth Hist*;15(4):12-15.

¹²⁸ FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAIÑO, J. (2005) "Historia de la anestesia por el óxido nitroso". En: FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAIÑO, J. Eds. *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Madrid: Arán. p.275-281.

¹²⁹ SMITH, W.D.A. (1967) "A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part X: the early manufacture, storage and purity of nitrous oxide". *Br J Anaesth*;39:351-381; DORSCH, J.A., DORSCH, S.E. (2014) "Anaesthesia Machines and Breathing Systems: An Evolutionary Success Story". En: EGER-II, E.I, SAIDMAN, L.J., WESTHORPE, R.N. Eds. *The Wondrous Story of Anaesthesia*. Nueva York: Springer. p.703-714.

- Rarificador de gas (R). [artilugio para disminuir la densidad de un gas]
- Bolsa de goma india (G)
- Pieza facial (F)

El vaporizador y el cilindro de óxido nitroso se conectaban a una pieza intermedia (flecha roja fig. 68), que se acoplaba por otra conexión a la bolsa de goma india contenedora de los gases anestésicos, y que enlazaba con la pieza facial. Por otra parte, dentro de la bolsa había un tubo flexible (representado por líneas blancas discontinuas en la fig. 68) que se conectaba a la pieza facial y al recipiente de éter. A través de un regulador (Re), el paciente podía respirar directamente de la bolsa, o indirectamente a través del tubo conectado al recipiente de éter. El regulador, como su nombre indica, regulaba la proporción entre el contenido de la bolsa y del vaporizador de éter que el paciente inhalaba.

El vaporizador de éter podía usarse solo, o conjuntamente con óxido nitroso. Mediante la activación de una tecla de pie del cilindro de almacenamiento (“K” en fig.68), el óxido nitroso, tras pasar por el rarificador de gas, llegaba a la bolsa de goma india. La pieza intermedia, en su parte superior, disponía de una llave de control que permitía cortar el paso de éter a la bolsa reservorio. De esta manera la anestesia podía inducirse con óxido nitroso únicamente, y posteriormente mantenerse con el éter del vaporizador, o con mezcla de éter y óxido nitroso presente en la bolsa¹³⁰ .

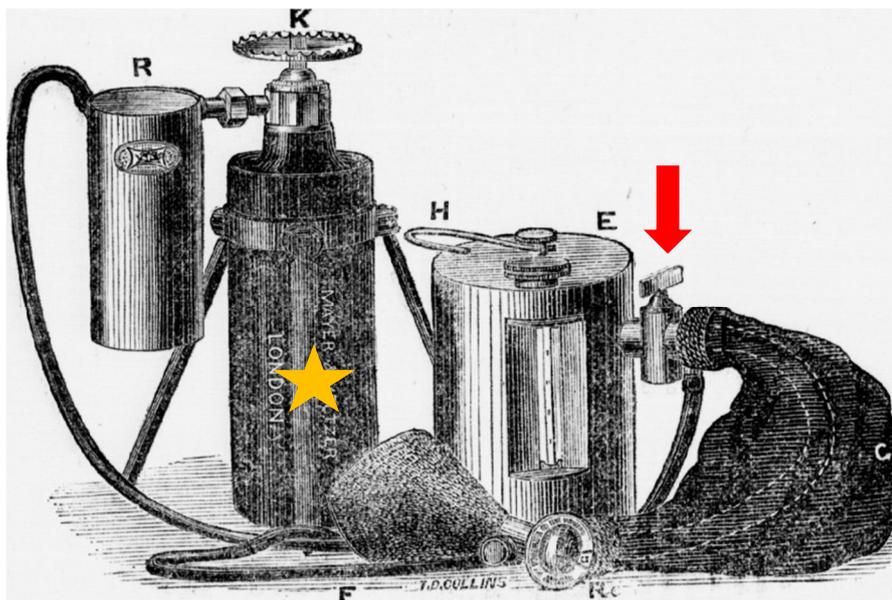


Figura 68. Aparato secuencial de óxido nitroso/éter de Clover. 1876. Reproducido de: Clover JT. On an apparatus for administering nitrous oxide gas and ether, singly or combined. *Br Med J*.1876;2(811):74 -5. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.

¹³⁰ CLOVER, J.T. (1876) “On an apparatus for administering nitrous oxide gas and ether, singly or combined”. *Br Med J*;2(811):74-75.

En las figuras 69 y 70 podemos apreciar mejor la pieza intermedia que actuaba como llave de paso.



Figura 69. Pieza intermedia del aparato secuencial de óxido nitroso/éter de 1876. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto número de registro VGKM4110. Disponible en: <https://victoriancollections.net.au/items/532a58f12162ef0e4831af31>.

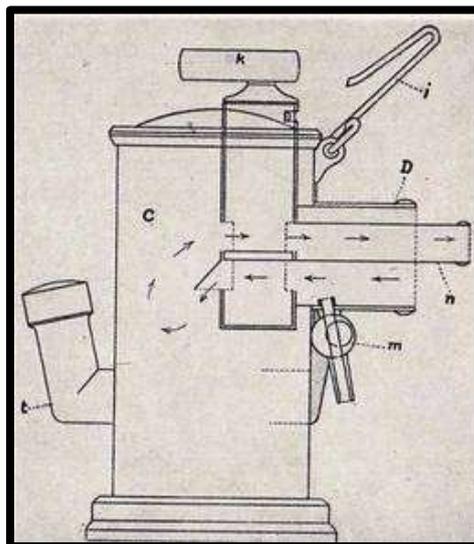


Figura 70. Representación esquemática de la pieza intermedia del aparato de Clover de 1876. Dominio público.

En cuanto al ajuste de las concentraciones inspiradas del agente anestésico, el propio Clover fabricó en 1877 su inhalador regulador portátil de éter.

3.4.2.- Inhalador de éter regulador portátil de Clover

Clover estaba bastante satisfecho con los resultados obtenidos con su aparato de óxido nitroso/éter, al que además consideraba más seguro por permitir una recuperación más rápida en caso de asfixia que cuando ésta era atribuida a una sobredosis de éter o cloroformo. Sin embargo, advirtió que cuando el aparato se sobrecalentaba o el éter se abría demasiado rápido, se producía la tos común y la lucha del paciente.

En su intento por tratar de evitar la necesidad de calentar el vaporizador de éter, diseñó un regulador portátil de éter (figura 71) con las premisas de rodear al recipiente de éter con agua a temperatura normal, y colocarlo más cerca de la pieza facial con el objetivo de aprovechar el calor de la respiración del paciente y el de la mano del operador.

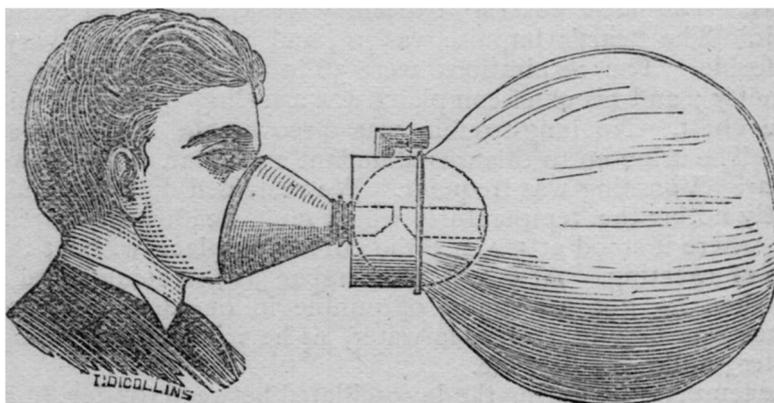


Figura 71. Inhalador de éter regulador portátil de Clover. 1877. Dibujo reproducido de Clover JT. Portable regulating ether inhaler. *Br Med J*.1877; 1:69-70. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.

Según Clover, el inhalador presentaba las siguientes ventajas: no tenía válvulas; suministraba el vapor de forma tan gradual que los pacientes respiraban silenciosamente; producía sueño en dos minutos; no requería éter fresco durante la realización de una operación; la recuperación de una operación corta era más rápida que con la mayoría de los otros inhaladores; no era necesario calentarlo antes de usarlo; no precisaba esponja ni fieltro; y el éter que quedara en el inhalador se podía guardar para otra ocasión.

El inhalador de éter regulador portátil consistía en una pequeña cámara esférica de metal de 10 cm de diámetro, parcialmente llena de éter, atravesada por dos tubos concéntricos en cuyos extremos se adaptaban una bolsa de caucho, por un lado, y una máscara, por otro (figura 72). Haciendo girar la esfera sobre el tubo central, se abrían gradualmente dos ventanas interiores que

hacían pasar sobre el éter el aire respirado por el paciente (figura 73). Un pequeño depósito de agua adosado a la esfera debía atenuar el enfriamiento del éter al evaporarse¹³¹.



Figura 72. Inhalador de éter regulador portátil de Clover. Fotografías cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objetos con número de registro 1792 y 6851 respectivamente. Imágenes disponibles en los siguientes enlaces: <https://victoriancollections.net.au/items/564d34552162f122a8983fa9> y <https://victoriancollections.net.au/items/564c0aac2162f11498147e01>.

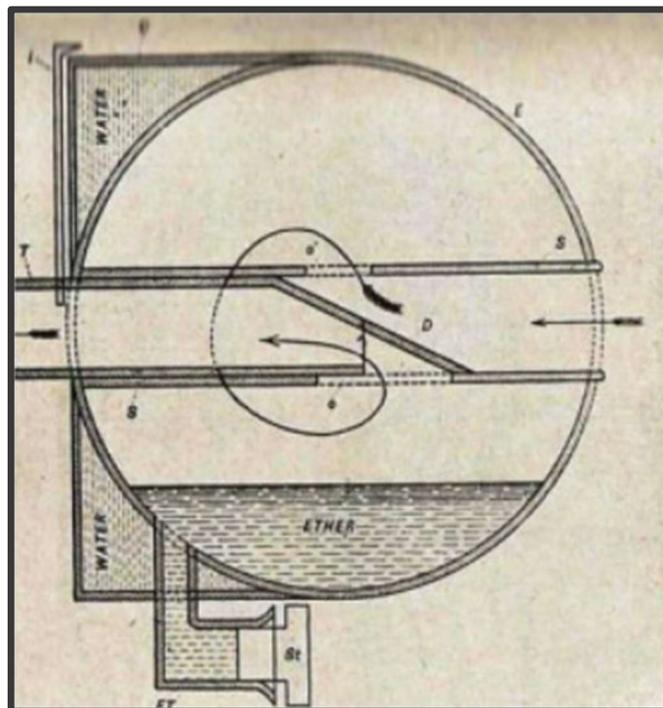


Figura 73. Esquema del modo de funcionamiento del inhalador de éter regulador portátil. Las flechas indican la dirección del aire inhalado, que tras pasar por la cámara de éter se convierte en la mezcla anestésica. Reproducido de: Hewitt FW. *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton; 1922.p.293. Dominio público.

¹³¹ CLOVER, J.T. (1877) "Portable regulating ether inhaler". *Br Med J*;1:69-70.

En cuanto al método anestésico, este inhalador era un sistema de reinhalación cerrado sin válvulas ni cal sodada. La técnica más común consistía en persuadir al paciente para que soplara y respirara de la bolsa a medida que se iba acumulando el dióxido de carbono, estimulando la respiración. A continuación, se giraba la esfera gradualmente para ir introduciendo el éter. De esta forma el sueño podía ser inducido en dos minutos tal como defendía Clover.

Por otra parte, no se admitía la entrada de aire fresco hasta que la insensibilidad no estuviera establecida, y se hacía de forma moderada levantando ocasionalmente la máscara, controlando de esta forma el nivel deseado de anestesia quirúrgica.

Posteriormente se describieron otros métodos con este inhalador, como la inducción sin la bolsa de reinhalación (técnica menos sofocante y cianótica, aunque más lenta), o el llenado de la bolsa con óxido nitroso con o sin oxígeno, método con el que se conseguía una inducción menos cianótica y más placentera.

Estas variantes metodológicas se debieron a que el inhalador de éter regulador portátil fue muy popular en Reino Unido, y formó parte de la *Royal Air Force* hasta el comienzo de la Segunda Guerra Mundial. Por último, hay que destacar que este aparato fue el primero en proporcionar una tecnología adecuada para regular la cantidad de vapor inhalado¹³².

Ese mismo año, 1877, Lambert Hepenstal Ormsby (1849-1923), un cirujano neozelandés que trabajaba en el Hospital de Dublín (Irlanda), publicó un artículo en el *'British Medical Journal'* en el que daba a conocer un nuevo inhalador para la anestesia etérea. Más allá del inhalador, que describiremos a continuación y que no entra en la categoría de inhaladores complejos, consideramos que hay dos elementos a destacar en dicho artículo (figura 74). El primero es la defensa de las ventajas del éter como anestésico, y el segundo, directamente relacionado con el anterior, la importancia de la seguridad del paciente en lo concerniente a la peligrosidad de la anestesia.

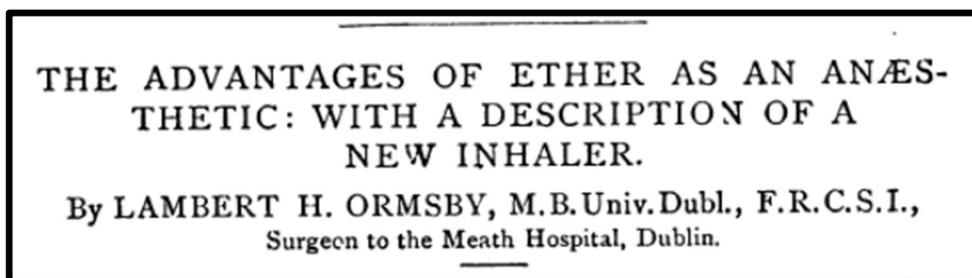


Figura 74. Encabezado del artículo de Ormsby en el *'British Medical Journal'* en el que presenta su inhalador de éter. Reproducido de Ormsby LH. The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler. *Br Med J.* 1877;1(850):451-3. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.

¹³² ATKINSON, R.S, BOULTON, T.B. (1977) "Clover's portable regulating ether inhaler (1877). A notable one hundredth anniversary". *Anaesthesia*;32(10):1033-1036.

Ormsby analizó las ventajas del éter desde cuatro aspectos: seguridad del paciente, rapidez de acción, facilidad de aplicación y portabilidad, y economía.

En cuanto a seguridad del paciente, resaltó la baja mortalidad del éter en comparación al cloroformo, del que advertía que muchos cirujanos lo usaban sin ser conocedores de su peligrosidad, ignorantes de que podía ser *más dañino que el propio bisturí que afilaban*, a pesar de la existencia de estadísticas, como la del profesor Morgan de Dublín, que mostraban la relativa peligrosidad de cada agente (figura 75).

	Deaths.	Inhalations.
Ether	4 to	92,815 or 1 in 23,204
Chloroform	53 to	152,260 or 1 in 2,873
Mixture of chloroform and ether	2 to	11,176 or 1 in 5,558
Bichloride of methylene	2 to	10,000 or 1 in 5,000
Nitrous oxide	Not given.	

Figura 75. Estadística de la mortalidad asociada a diferentes anestésicos. Reproducido de Ormsby LH. The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler. *Br Med J.* 1877;1(850):451-3. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.

En lo relativo al inicio de acción, Ormsby tabuló los tiempos del éter con su inhalador y el promedio que obtuvo fue de dos a tres minutos, es decir, similares a los conocidos para el cloroformo.

La facilidad de aplicación y portabilidad quedaron respaldadas con su nuevo inhalador, de pequeño tamaño y fácilmente transportable.

Por último, en lo referente al aspecto económico, Ormsby defendía que los conceptos que hoy conocemos como eficacia y eficiencia solo podían obtenerse mediante el proceso de reinhalación de los vapores de éter expulsados por los pulmones en la espiración, ya que los métodos abiertos, en su opinión, suponían un derroche del anestésico, y se acompañaban de mayores complicaciones por el efecto irritativo sobre las vías respiratorias del éter frío.

El inhalador de Ormsby¹³³ (figuras 76 y 77) consistía en una bolsa de goma flexible que englobaba una esponja empapada con éter, la cual estaba contenida en una jaula de alambre, conectada a la mascarilla facial. La bolsa de goma flexible a su vez estaba cubierta por una red cuyo objetivo era evitar una expansión indebida.

¹³³ NOTA: El inhalador de Ormsby no es un inhalador complejo. Se trata de un inhalador simple de aparición tardía que incluimos aquí para mantener el orden cronológico de los acontecimientos.

La mascarilla estaba elaborada con un metal suave que permitía adaptarse a cualquier cara, ya que el metal blando podía doblarse de cualquier forma. Además, el borde de la mascarilla estaba forrado con un tubo de goma india para conseguir un mayor sellado. De esta forma, se evitaba la entrada o salida de aire, consiguiéndose la reinhalación y mantener la temperatura del éter. No obstante, la máscara disponía de una válvula deslizante simple para admitir aire o permitir su escape, en caso de que fuera necesario (fig. 76, nº 2). De hecho, durante la inducción se permitía que permaneciera abierta para que hubiese una mezcla de aire con el éter, y a continuación cerrarla¹³⁴.

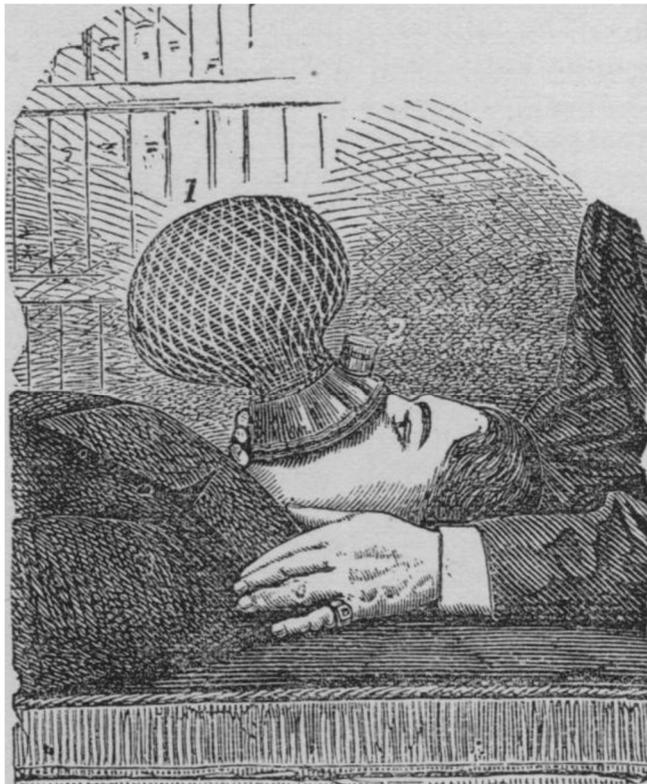


Figura 76. Inhalador de éter de Ormsby. 1877. Reproducido de Ormsby L.H. The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler. *Br Med J.* 1877;1(850):451-3. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.

Sin embargo, este inhalador presentaba una serie de inconvenientes: dificultad para recargar la esponja de éter durante la anestesia, reinhalación de dióxido de carbono, y mezcla hipoxémica.

¹³⁴ ORMSBY, L.H. (1877) "The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler". *Br Med J*;1(850):451-453.

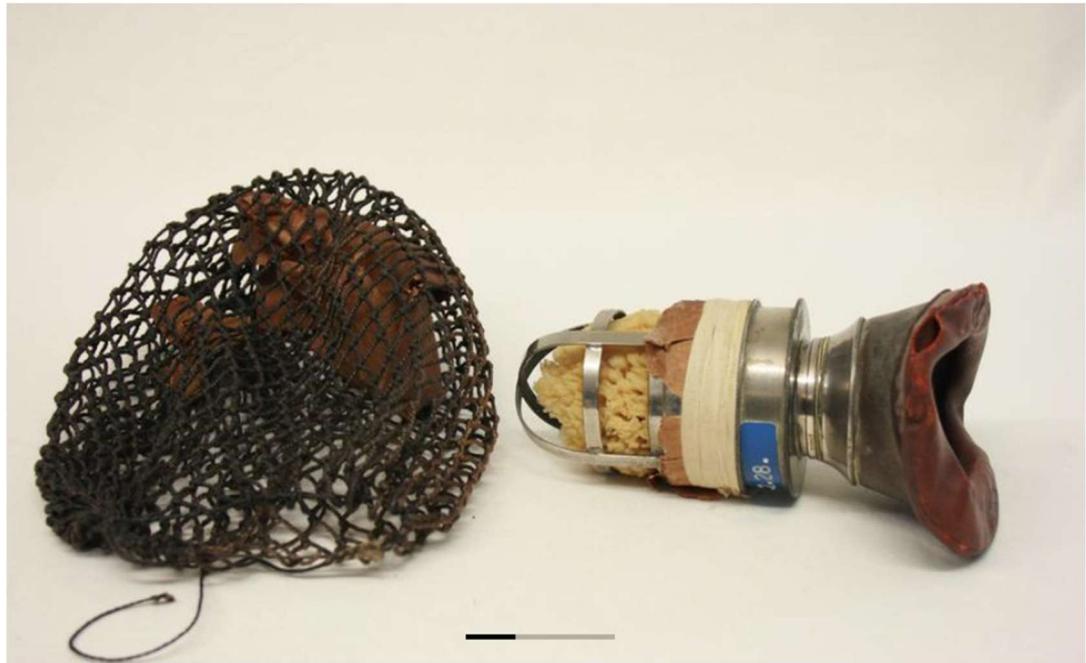


Figura 77. Inhalador de Ormsby. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto con número de registro 4510. Disponible en el siguiente enlace: <https://victoriancollections.net.au/items/553f26822162f10f6cc737fe>.

3.4.3.- Aparato de Hewitt para la anestesia con óxido nitroso-oxígeno

La incorporación del oxígeno a la mezcla de gas no fue considerada una necesidad por parte de los proveedores de anestesia hasta principios del siglo XX, a pesar de que ya en 1868, Edmund Andrews (1824-1904), un cirujano de la Universidad Northwestern, sugirió agregar oxígeno al óxido nitroso para evitar la aparición de hipoxia. Esta recomendación fue seguida por Paul Bert (1833-1886) y Clover. En 1879 Bert combinó un 15% de oxígeno con un 85% de óxido nitroso, para producir anestesia en una cámara de presión hiperbárica, pero no fue una solución práctica, ya que, hasta 1885, la tecnología no consiguió almacenar el oxígeno puro en cilindros de alta presión¹³⁵. De los primeros aparatos que combinaron óxido nitroso con oxígeno podemos destacar el descrito por el médico inglés Frederic W. Hewitt (1857-1916) en 1893. Hewitt se interesó por el campo de la Anestesiología, donde consideraba que muchas de las muertes eran evitables, y se debían en gran medida a la poca capacitación de los profesionales que manejaban los anestésicos. Con la determinación de hacer más segura la anestesia, Hewitt se dedicó al estudio e investigación de esta especialidad, donde llevó a cabo numerosas aportaciones que contribuyeron al desarrollo de la misma de forma considerable.

¹³⁵ DORSCH, J.A., DORSCH, S.E. (2014) “Anaesthesia Machines and Breathing Systems: An Evolutionary Success Story”. En: EGER-II, E.I, SAIDMAN, L.J., WESTHORPE, R.N. Eds. *The Wondrous Story of Anaesthesia*. Nueva York: Springer. p.703-714.

El aparato de Hewitt estaba formado por dos cilindros de óxido nitroso licuado y otro de oxígeno comprimido, que se conectaban a una estructura de soporte y unión de los cilindros. La forma de la estructura estaba diseñada para que el cilindro de oxígeno quedara dispuesto sobre los dos cilindros de óxido nitroso (figura 78).

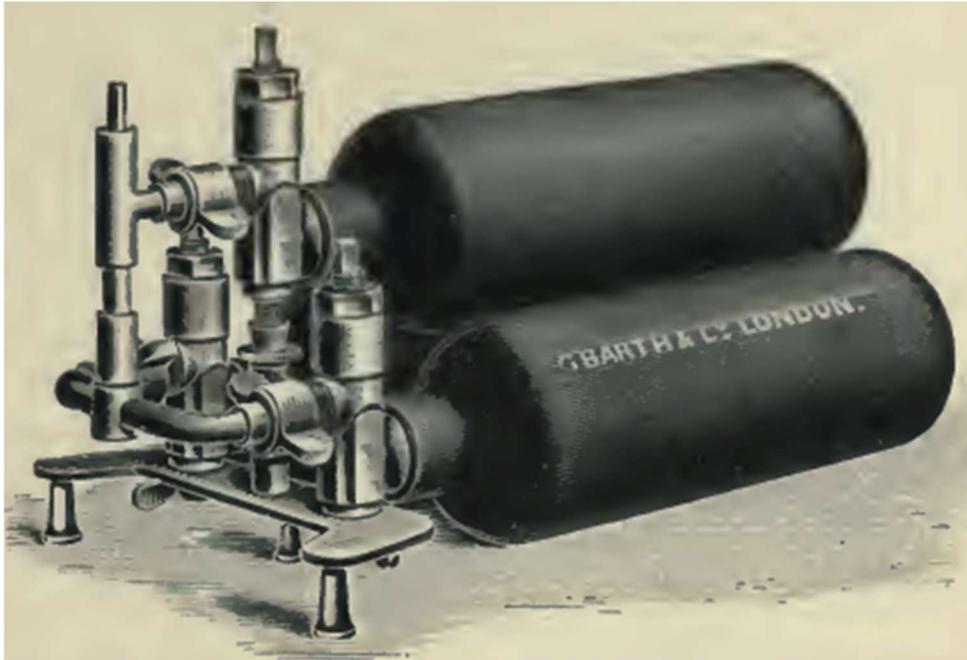


Figura 78. Estructura de soporte y unión del aparato de Hewitt de óxido nitroso/oxígeno de 1893. Reproducido de: Hewitt FW. *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton; 1922.p.263. Dominio público.

Al abrir la llave de pie del óxido nitroso, este pasaba a un tubo de latón de gran calibre, mientras que, al abrir la llave del oxígeno, este pasaba a un tubo de latón de menor calibre, el cual se encontraba alojado en el interior del tubo de gran calibre. De esta forma, el tubo de salida era un tubo doble, uno interno, por donde salía el oxígeno, y otro externo, por donde salía el óxido nitroso (figura 79).

Un tubo de goma india doble transportaba los gases desde la estructura de unión a la bolsa contenedora. Esta bolsa contenedora también estaba fabricada de goma india, al igual que la tubuladura de transporte, era doble¹³⁶. Una pieza en Y, entre la bolsa y el tubo de transporte, permitía que cada gas pasara de forma independiente al interior de la bolsa doble (figura 80).

En la salida de la bolsa contenedora se disponía uno de los elementos más relevantes de este aparato, su conocida llave de paso *Stopcock* (figura 81). Esta llave era la encargada de regular la administración de ambos gases, y disponía de diferentes posiciones para la administración de

¹³⁶ HEWITT, F.W. (1922) *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton.

aire, óxido nitroso, o mezcla de óxido nitroso y oxígeno en proporciones variables¹³⁷. (Se trataba, por tanto, de una cámara de mezcla que terminaba en un orificio de salida por donde se conectaba la pieza facial).

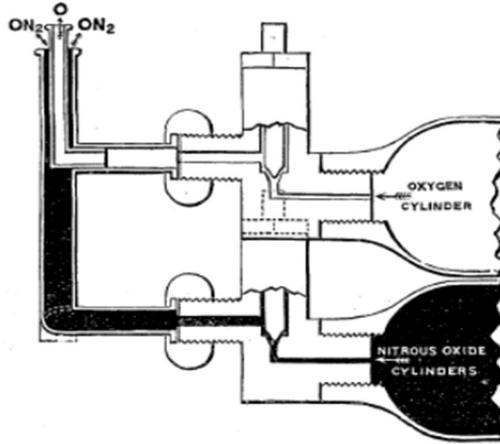


Figura 79. Sección esquemática de los cilindros y de la estructura de soporte y unión del aparato de Hewitt de 1893. Reproducida de Hewitt FW. (1897). Dominio público.

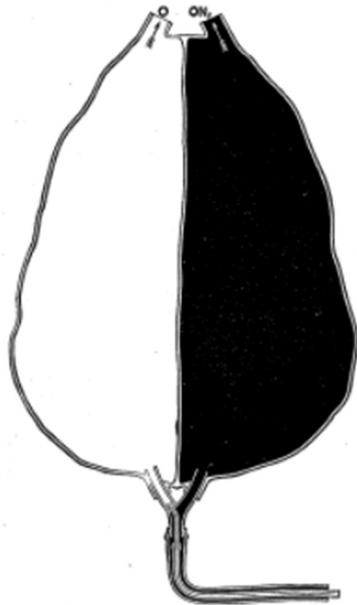


Figura 80. Sección esquemática de la bolsa y tubo dobles del aparato de Hewitt de 1893. Reproducida de Hewitt FW. (1897). Dominio público.

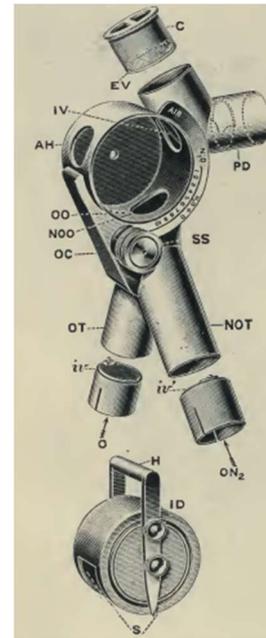


Figura 81. Llave de paso reguladora y cámara de mezcla de Hewitt. Reproducido de: Hewitt FW. *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton; 1922. p.264. Dominio público.

¹³⁷ HEWITT, F.W. (1897) *The Administration of Nitrous Oxide and Oxygen for Dental Operations*. London: Claudius Ash & Son.

Descripción del funcionamiento de la llave *Stopcock* de Hewitt (figura 81): “NOT”: tubo del óxido nitroso; “iv’”: válvula respiratoria extraíble del tubo “NOT”. “OT”: tubo de oxígeno; “iv”: válvula inspiratoria del tubo OT. El óxido nitroso pasa a través del tubo “NOT” y del gran orificio “NOO” a la cámara de mezcla, en la que se gira la pieza “ID” del tambor interno con la ranura “S”. El paso del oxígeno a través del tubo “OT” se hace a través de la pequeña cámara “OC”, desde la que pasa a la cámara de mezcla a través de los diez pequeños orificios “OO”. El número correspondiente se abre girando el tambor interno hacia su posición. La llave de paso suplementaria “SS” dispone de tres posiciones para ajustar de modo más fino el tamaño de los orificios de oxígeno. Desde la cámara de mezcla, los gases se inhalan a través de la válvula inspiratoria “IV”. El aire espirado escapa a través de la válvula “EV” tras pasar por “PD”, un diafragma parcial para dirigir el aire espirado hacia “EV”.

Cuando el tambor interno estaba en su posición y el indicador señalaba “AIR”, el aire ingresaba a la llave de paso a través de “AH” y se respiraba a través de “IV” y “EV”. El óxido nitroso y el oxígeno estaban cerrados.

Cuando se levantaba el asa H (figura 81), el indicador pasaba de “AIR” a “N2O” y se respiraba óxido nitroso puro, porque “AH” y “OO” estaban cerrados, y “NOO” estaba abierto.

Si el mango “H” se elevaba aún más, el indicador pasaba a “1”, lo que permitía respirar óxido nitroso con una pequeña fracción de oxígeno. Al mover el indicador a “2”, “3” ... aumentaba la proporción de oxígeno. Una vez colocado el indicador en “10”, si se deseaba admitir más oxígeno se giraba la llave “SS” a su segunda o tercera posición, según se precisase.

En la figura 82 podemos observar de forma más clara las diferentes posiciones de la llave de paso *STOPCOCK de Hewitt*:

- AIR
- N₂O
- N₂O + O (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10)¹³⁸.

Sin embargo, el propio Hewitt señaló que era imposible saber con precisión qué porcentaje de oxígeno pasaba en cualquier momento, ya que un aparato podía diferir de otro, así como del tamaño relativo de la bolsa en cada momento.

¹³⁸ HEWITT, F.W. (1893) “Further observations on the Use of Oxygen with Nitrous Oxide”. *Br Dent J*;15:380-387.

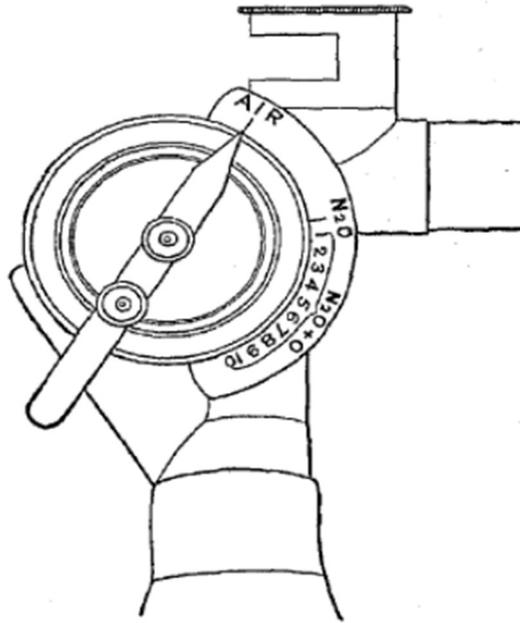


Figura 82. Dibujo de la llave de paso reguladora *Stopcock* de Hewitt. Reproducido de Hewitt FW. Further observations on the Use of Oxygen with Nitrous Oxide. *Br Dent J.* 1893; 15:380-7. Dominio público

La llave de paso de Hewitt no fue muy popular, ya que posteriores modificaciones del aparato por otros autores no la incorporaron. No obstante, la figura de Hewitt hay que valorarla ya que, aunque no fue el primero, sí que fue quien demostró el valor de usar oxígeno conjuntamente con óxido nitroso.

3.4.4.- Modificaciones del inhalador de éter regulador portátil de Clover

Como señalamos anteriormente, el inhalador de éter de Clover fue muy popular durante un gran periodo de tiempo. Esto hizo que diferentes autores realizaran modificaciones sobre él para mejorar algunos aspectos, o para contrarrestar algunos de sus inconvenientes.

3.4.4.1.- Aparato de éter de Wilson Smith

En 1898 los señores Mayer y Meltzer construyeron para el Dr. Wilson Smith un inhalador de éter más pequeño que el original de Clover, en el que introdujeron varias modificaciones.

En primer lugar, este inhalador disponía en la cámara de éter dos aberturas circulares a cada lado, en las que se atornillaban dos ventanas de vidrio de reloj que permitían una visualización del interior (figura 83). De este modo, se podía comprobar el nivel de éter en el interior de la cámara en cada momento durante una administración. Estas ventanas podían desenroscarse y limpiar el interior con facilidad después de cada uso, lo cual era otra ventaja con

respecto al inhalador de Clover, en cuyo interior se depositaba cardenillo¹³⁹, que no se podía eliminar con fines de limpieza.

Por otra parte, la cámara de agua en lugar de cerrarse completamente, disponía de una abertura con tapón de rosca desmontable (B en la figura 83). Esto permitía llenar la cámara con agua tibia antes de la inhalación en climas fríos, y vaciarla y rellenarla rápidamente en caso necesario durante una operación prolongada.

Por último, en el extremo distal de la bolsa había otra abertura, cubierta con una tapa de metal, cuya rotación abría o cerraba una ranura para la entrada de aire en la bolsa (E en la figura 83). De esta forma, manteniendo un poco abierta la ranura después de la inducción anestésica, se evitaba la cianosis, la cual podía resultar muy perjudicial, sobre todo en pacientes debilitados¹⁴⁰.

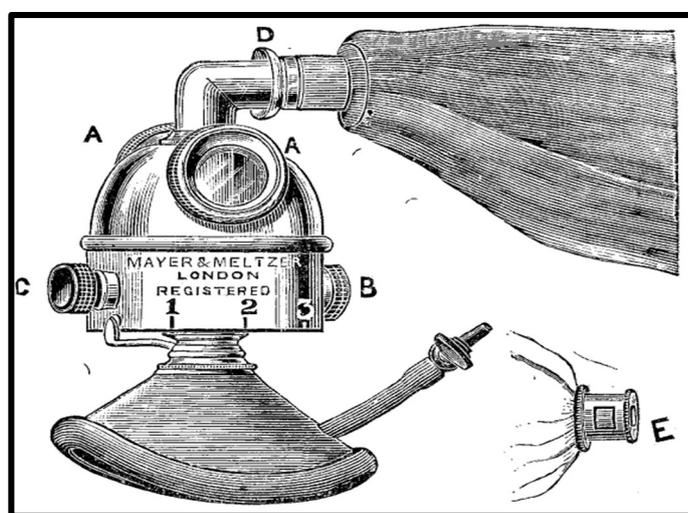


Figura 83. Inhalador de éter de Wilson Smith.1898. Reproducido de Wilson Smith T. Improved Ether Inhaler. *Lancet*. 1898;151(3893):1005. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

3.4.4.2.- Modificación de Hewitt del inhalador de éter de Clover

A principios del siglo XX, los anestésicos inhalatorios consolidados en la práctica clínica eran el éter, el cloroformo y el óxido nitroso. El cloruro de etilo y el etileno, introducidos durante la segunda mitad del siglo XIX, gozaban de menos popularidad¹⁴¹.

Por este motivo, los nuevos aparatos de anestesia continuaron desarrollándose basados en las propiedades de estos tres anestésicos inhalatorios. En este sentido, en 1901 Hewitt introdujo su inhalador de éter, consistente en una modificación del inhalador de éter de Clover (figura 84).

¹³⁹ Sustancia venenosa de color verdoso o azulado que se forma sobre los objetos de cobre o sus aleaciones por la acción de la humedad.

¹⁴⁰ WILSON SMITH, T. (1898) "Improved Ether Inhaler". *Lancet*;151(3893):1005.

¹⁴¹ WHALEN, F.W., BACON, D.R., SMITH, H.M. (2005) "Inhaled anesthetics: an historical overview". *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*;19(3):323-330.

El principal cambio fue aumentar el diámetro del tubo central a través del cual respiraba el paciente. Esto disminuyó la incomodidad de los primeros esfuerzos respiratorios cuando el paciente estaba todavía consciente, además de reducir el riesgo de estertores, cianosis y dificultad respiratoria, bastante frecuentes con el paciente anestesiado.

Por otra parte, en este nuevo aparato el depósito no giraba sobre el pilar central, sino que permanecía fijo, y era el tubo central, dividido en dos partes, el que se podía girar dentro del depósito. Este cambio permitía agregar éter al depósito sin tener que quitar el inhalador de la cara del paciente¹⁴².



Figura 84. Inhalador de Hewitt. 1901. Imagen de dominio público. Créditos: Wellcome Collection, Science Museum, London. Licencia de uso CC BY 4.0

3.4.4.3.- Aparato de Ombrédanne

Otra modificación del inhalador de Clover fue el aparato del cirujano parisino Louis Ombrédanne (1871-1956), descrito por el autor en un artículo en la '*Gazette des hôpitaux civils et militaires*', en 1908 (figura 85). Ombrédanne (figura 86) consideraba al cloroformo un agente muy peligroso, del que cada año se documentaba un considerable número de accidentes que en su opinión no se podían prevenir ni evitar.

Esta peligrosidad del cloroformo le llevó a trabajar principalmente con el éter, ya que, aunque este agente se relacionaba con complicaciones pulmonares principalmente, consideraba que dichas complicaciones eran evitables en gran medida. No obstante, Ombrédanne era crítico

¹⁴² EDWARDS, G. (1951) "Frederic William Hewitt (1857-1916)". *Ann R Coll Surg Engl*;8(3):233-245.

con los aparatos disponibles para la administración de éter, porque, aunque estaba convencido de que la eficacia del éter venía determinada por la inhalación de sus vapores en un espacio cerrado, era partidario de la admisión de aire fresco cada cierto tiempo para evitar el suministro de mezclas de gases hipóxicas.

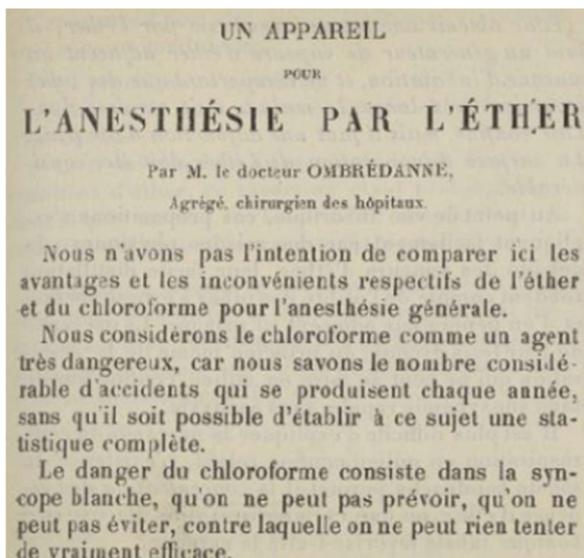


Figura 85. Encabezado del artículo de Ombredanne en *Gazette des hôpitaux civils*. 1908. Reproducido de Ombredanne L (1908). Dominio público.



Figura 86. Louis Ombredanne. Dominio público.

El aparato de Ombredanne (figura 87) introducía varios cambios con respecto al inhalador de Clover. En primer lugar, llenó el depósito de éter de fieltros para que se empapasen con el anestésico líquido, aumentando la superficie de vaporización (“d”). Esto permitía obtener altas concentraciones de vapor anestésico en el aire inhalado.

Por otro lado, el tubo central (“e”) también era de mayor diámetro que en el modelo original, y a diferencia del inhalador de Clover, atravesaba la esfera transversalmente, conectándose por un extremo a la bolsa respiratoria, y por el otro, en lugar de conectar con la máscara facial, se comunicaba con el aire exterior a través de una llave de mando que permitía regular varios parámetros.

La salida de los gases hacia la máscara facial se llevaba a cabo a través de una pieza perpendicular conectada al tubo central por dos extremos (tubo “h” en figura 87), y una compuerta “j” que regulaba el flujo dentro de ella.

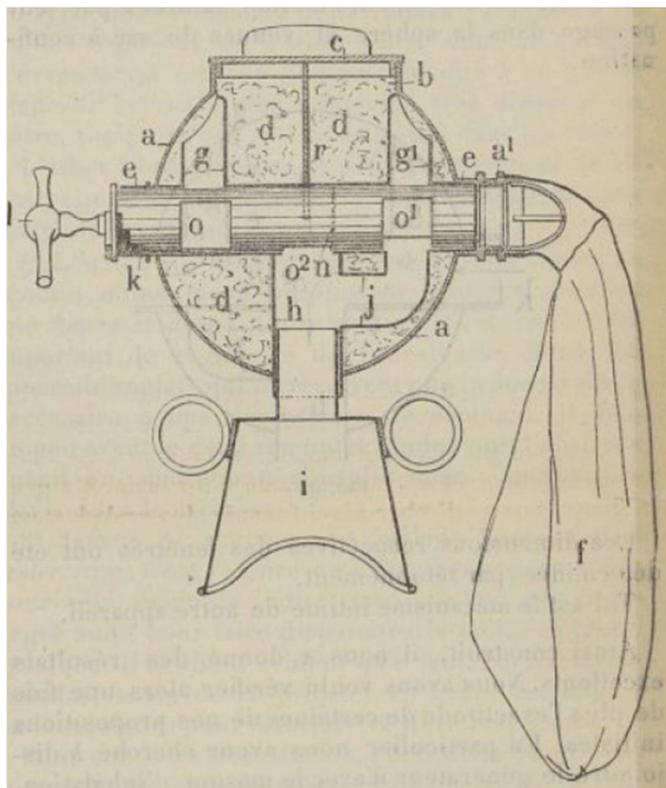


Figura 87. Sección esquemática del aparato de Ombrédanne de 1908. Reproducido de Ombrédanne L. (1908). Dominio público.

Las chimeneas “g” y “g¹” servían para la entrada y salida de los gases de la cámara de vaporización respectivamente. La pared “r” hacía que el aire fluyera a través de la esfera, en lugar de que pasase directamente de una chimenea a otra.

En el interior del tubo central, también llamado tubo diametral, giraba un cilindro hueco, dividido en dos (división marcada por “n” en las figuras 87 y 88), y perforado con ventanas con apertura progresiva (O, O¹ y O² en ambas figuras).

A través de la llave de mando se regulaba el movimiento de este cilindro en una escala graduada de 0 a 8.

En la posición 0 (figura 88), las chimeneas “g” y “g¹” están cerradas, la entrada de aire “k” está abierta completamente, y la ventana “O¹” también está abierta. De esta manera, el paciente respiraba mucho aire fresco y una pequeña proporción de aire confinado en la bolsa respiratoria (“f” en la figura 87).

En la posición 4, posición media, el paso de aire a través de “k” está medio cerrado, “g” y “g¹” están medio abiertas, y “O¹” también está medio abierta. Si el paciente respiraba en esta posición, el aire fresco que entraba a través de “k” arrastraba los vapores de éter procedentes de la cámara de vaporización, los cuales también eran arrastrados por el aire procedente de la bolsa respiratoria.

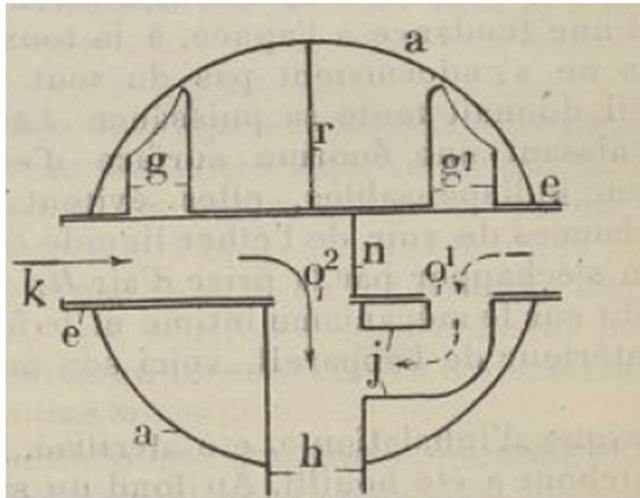


Figura 88. Sección esquemática del aparato de Ombrédanne con la llave de mando en posición 0. Reproducido de Ombrédanne L. (1908). Dominio público.

Por último, en la posición 8 (figura 89), la entrada de aire por “k” está prácticamente cerrada. Las chimeneas “g” y “g¹” están abiertas completamente, y la compuerta “J” está cerrada, impidiendo el paso de aire desde la bolsa respiratoria al tubo inspiratorio. De esta forma, la entrada de aire atmosférico era mínima, y tampoco había escape de los gases espirados, predominando la respiración de vapores saturados de éter, procedentes fundamentalmente de la bolsa respiratoria. En esta posición la retención y reinhalación de dióxido de carbono era alta¹⁴³.

Por tanto, a través de la llave de mando se podía regular la cantidad de vapor de éter inspirado, la fracción de aire espirado que el paciente volvía a inhalar, y la cantidad de aire nuevo que se añadía desde el exterior en cada inspiración.

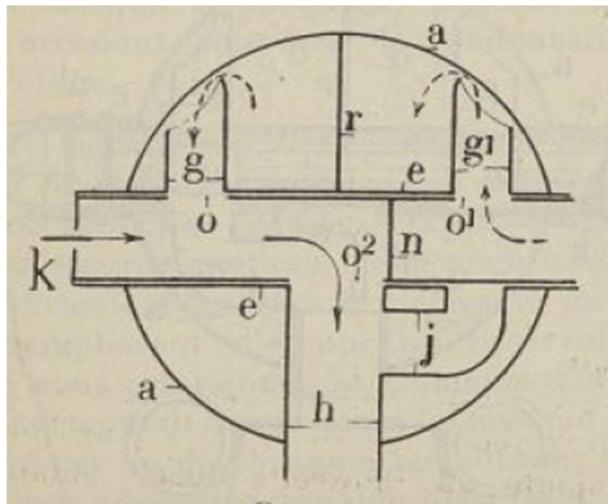


Figura 89. Sección esquemática del aparato de Ombrédanne con la llave de mando en posición 8. Reproducido de Ombrédanne L. (1908). Dominio público.

¹⁴³ OMBRÉDANNE, L. (1908) “Un Appareil pour l’anesthésie par l’éther”. *Gazette des hôpitaux*;81:1093-1098.

El aparato de Ombrédanne se extendió rápidamente por Francia y todos los países de Europa, a excepción de Inglaterra, donde permanecía vigente el aparato de Clover. Tampoco se conoció en Estados Unidos, donde empezaban a desarrollarse sistemas para la administración de gases como veremos más adelante. A través de su buena fama en Europa, el aparato de Ombrédanne se extendió por Hispanoamérica, donde se convirtió en un aparato rutinario en las salas de operaciones.

La aceptación del aparato de Ombrédanne se debió a su aparente simplicidad en el manejo, asociada a su indiscutible eficacia, que permitía obtener con el éter anestias tan completas como las que se obtenían con el cloroformo.

Entre los defectos de este aparato podemos señalar que la cantidad de éter que admitían los fieltros era limitada, lo que hacía que a veces no alcanzara para toda la intervención quirúrgica, y en operaciones prolongadas había que retirarlo en algún momento de la cara del paciente para agregarle más éter. Además, el enfriamiento de la cámara y la condensación del vapor de agua disminuían en ocasiones la evaporación del éter, por lo que el control numérico de su profundidad no era correlativo. Finalmente, en caso de depresión respiratoria, no era posible asistir la ventilación con este aparato¹⁴⁴.

3.4.5.- Inhalador de cloroformo de Vernon-Harcourt

En 1901 la *British Medical Association* nombró un comité para investigar la mortalidad del cloroformo denominado *Special Chloroform Committee*. Este comité estaba convencido de la importancia del método de administración dosimétrico para aumentar la seguridad del cloroformo, y escogió al químico August George Vernon Harcourt (1834-1919) para pilotar este proyecto. Harcourt había estado trabajando sobre un método para proporcionar una corriente de cloroformo gaseoso mezclado con aire en cualquier proporción deseada, y con métodos para estimar el cloroformo gaseoso en la mezcla.

Con este propósito, Harcourt construyó un nuevo aparato para la administración de cloroformo que fue presentado en la *Royal Society* en 1902. Además, describió su invento en la revista '*British Medical Journal*' en 1903, y su patente quedó registrada en Estados Unidos en mayo de 1904 (figuras 90 y 91). Este aparato, diseñado para alcanzar una concentración máxima del 2% de cloroformo en el aire, pasó a conocerse como "el inhalador de Harcourt", y se convirtió

¹⁴⁴ NESI, J.A. (2000) "La paradoja del aparato de Ombrédanne". *Rev Arg Anest*;58(2):99-106.

en un aparato muy popular, tal y como queda reflejado en las correspondencias a revistas prestigiosas entre 1904 y 1919, o a través de sus descripciones en libros de texto de la época¹⁴⁵.

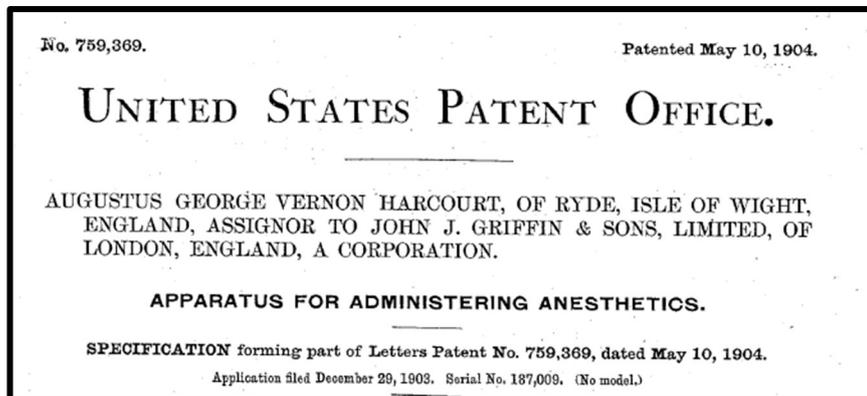


Figura 90. Patente del inhalador de Harcourt. Dominio público.

Descripción del aparato (figuras 92 y 93): el aparato estaba formado por un vástago principal tubular (1), conectado, por medio de una junta universal ajustable (2) a una pieza facial extraíble (3), cuya posición en relación con el vástago podía variarse y acomodarse según se precisara.

La pieza facial estaba provista de una válvula unidireccional espiratoria (4), a través de la cual se expulsaba el aire espirado.

En la parte superior del vástago había una cámara (5) desde la que partían dos tubos laterales (6 y 7), en los que se disponían dos cámaras valvulares (8 y 9) con una envoltura externa fabricada de metal y cristal. A través de estos cristales se podía visualizar la acción de las válvulas del interior (10 y 11).

Una de las cámaras valvulares (9) se conectaba con el recipiente contenedor de cloroformo (13) a través de un tubo flexible (12). Dicho recipiente tenía forma de botella de dos cuellos. Uno de los cuellos se unía al tubo flexible de la cámara valvular (14), mientras que el otro estaba abierto a la atmósfera (14^a).

La otra cámara valvular (10) estaba abierta a la atmósfera para admitir aire a través del tubo lateral correspondiente.

En la cámara desde la que parten los tubos laterales (5) se disponía una válvula distribuidora rotativa (15 fig.93), de forma cilíndrica, y provista de aperturas formando puertos (16,17 y 18 fig.93). Esta válvula estaba adaptada para cerrar cualquiera de los tubos laterales total o parcialmente.

¹⁴⁵ DAVISON, M.H., ESSEX, L., PASK, E.A (1963) "Older methods of the vaporisation of liquid anaesthetics". *Anaesthesia*;18:302-310; HAMMES, T. (1904) "The Harcourt Inhaler". *Br Med J*;2(2286):1118-1119; BUXTON, D.W. (1919) "The Vernon Harcourt Inhaler". *Lancet*;194(5010):456.

La disposición de esta válvula era tal, que o bien uno de los tubos laterales (6 ó 7) estaba totalmente abierto al vástago principal (1), lo que determinaba que el otro estuviera cerrado, o bien estaban ambos abiertos parcialmente, en grado variable.

No. 759,369.

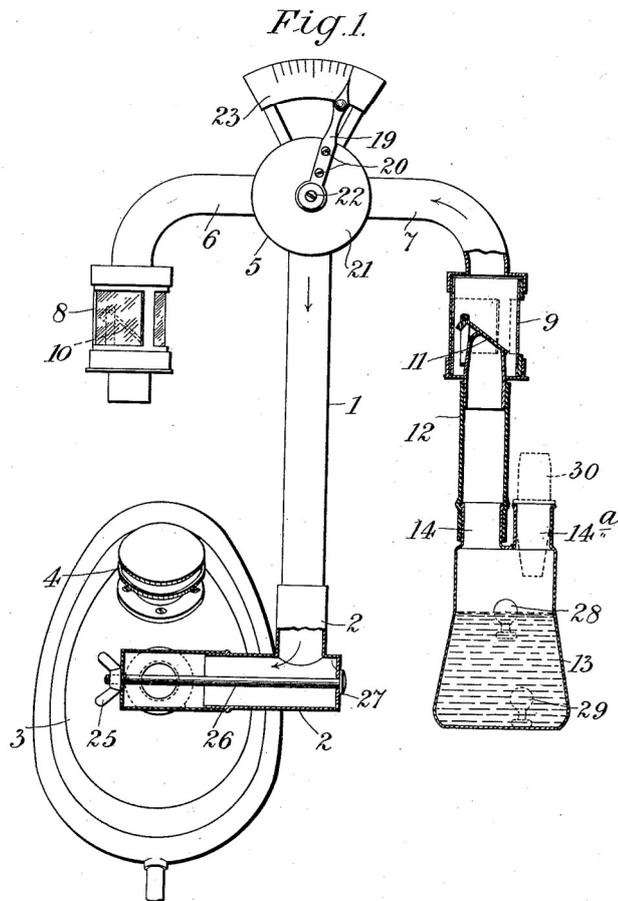
PATENTED MAY 10, 1904.

A. G. V. HARCOURT.
 APPARATUS FOR ADMINISTERING ANESTHETICS.

APPLICATION FILED DEC. 29, 1903.

NO MODEL.

2 SHEETS—SHEET 1.



WITNESSES.

G. H. Freeman
Attorney

INVENTORS

Augustus George Verna Harcourt
by Foster Freeman & Co.
Attorneys

THE MORRIS PETERS CO., PHOTO-LITHO., WASHINGTON, D. C.

Figura 91. Patente del inhalador de Harcourt. Descripción gráfica de los componentes del inhalador. Dominio público.

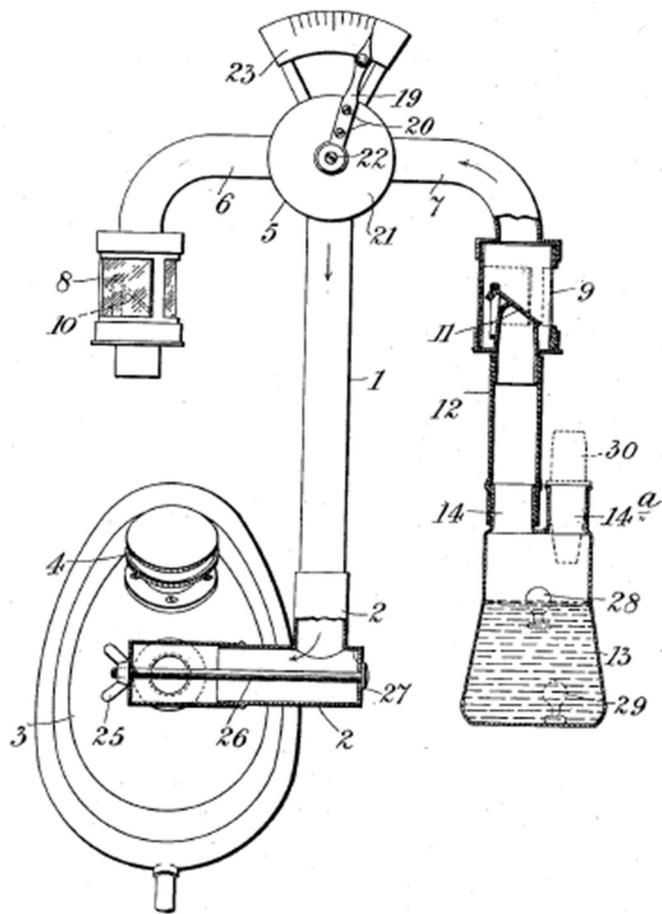


Figura 92. Componentes del inhalador de Harcourt. Reproducidas del documento de patente. Dominio público.

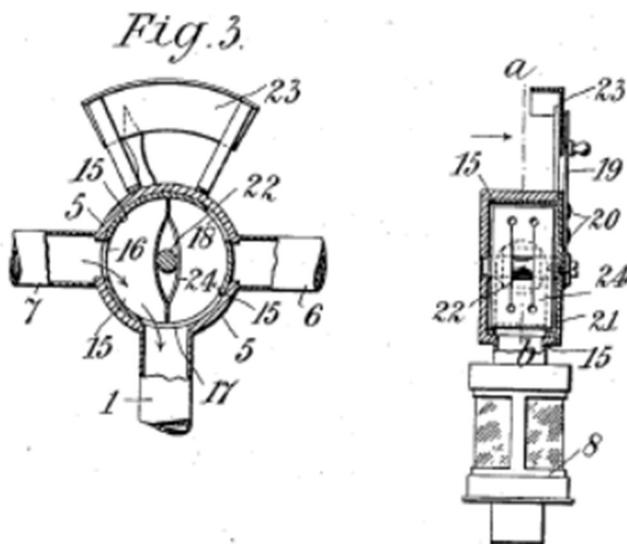


Figura 93. Componentes del inhalador de Harcourt. Reproducidas del documento de patente. Dominio público.

El control de esta válvula se realizaba a través de una manija (19) atornillada (20) a una placa (21) fijada a la válvula cilíndrica, que servía para cerrar la parte delantera de la cámara (5). El giro de la válvula a través de la manija determinaba diferentes posiciones que se reflejaban en una escala graduada a través de un puntero (23). La pieza (22) era el husillo, zona central, sobre la que giraba dicha válvula.

Una placa deflectora en el interior de la cámara (24) evitaba que cualquier entrada a un tubo lateral tuviera la menor irrupción en el otro tubo lateral.

El recipiente del cloroformo tenía forma cónica, de modo que a medida que aumentaba la distancia entre la entrada de aire y la superficie del líquido, también aumentaba el área de este último.

Modo de empleo:

Para el correcto uso del inhalador era importante que la botella o recipiente proporcionado fuera el especificado por el fabricante, y que la temperatura estuviera regulada entre 13 y 15 grados, para que la cantidad de anestésico absorbido por el aire no superase la concentración del 2%. No obstante, si se insertaba un tubo con área decreciente (30) por el extremo del cuello abierto de la botella, el porcentaje podía incrementarse al 2,5 o 3%, en función del extremo del tubo (30) que se insertase.

Para el control de la temperatura, el aparato disponía de dos bolitas o perlas con diferente gravedad específica (28 y 29), que actuaban como indicadores de la temperatura: si la temperatura del cloroformo era inferior a 13°, ambas bolitas flotaban en la superficie. Si la temperatura estaba por encima de 15°, las bolitas se hundían. En el primer caso, la cantidad de cloroformo inhalado era inferior a la indicada por el puntero, mientras que en el segundo caso podía ser mayor. Por eso la temperatura debía mantenerse entre los 13 y 15°.

Cuando el puntero estaba en el extremo más alejado al depósito de cloroformo, solo se inhalaba aire procedente del tubo lateral 6; si se colocaba en el extremo contrario, se inhalaba la cantidad máxima de cloroformo (2, 2,5 o 3%) procedente del tubo lateral 7.

Cuando el puntero estaba a mitad de la escala (figura 94), la mezcla de cloroformo procedente del tubo lateral 6 se diluía en un volumen de aire equivalente procedente del tubo lateral 7, por lo que a nivel del tubo de salida la proporción de cloroformo era del 1% aproximadamente¹⁴⁶.

¹⁴⁶ HARCOURT, A.G.V. (1904) *Apparatus for Administering Anesthetics*. Patente número 759,369. Mayo de 1904; BUXTON, D.W. (1904) *The Harcourt Inhaler*. London: John J Griffin.

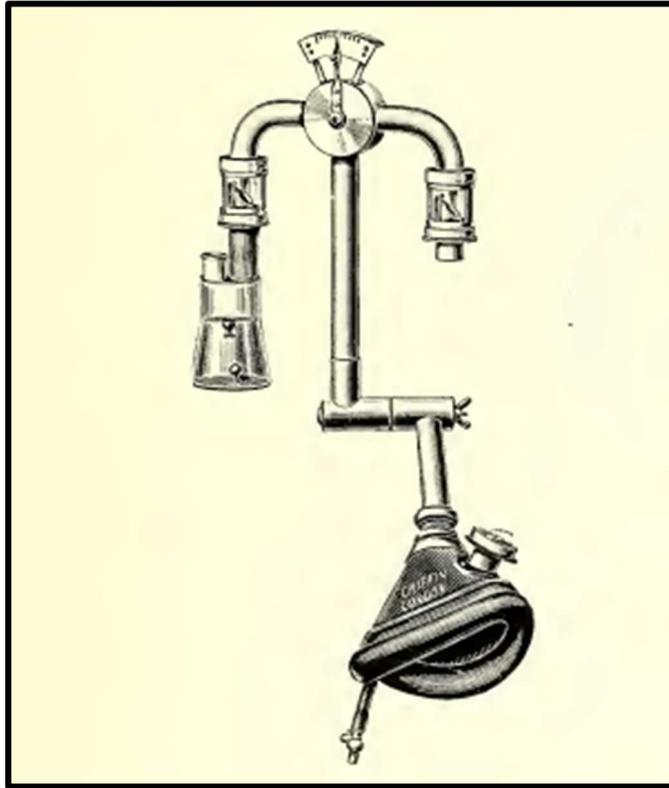


Figura 94. Inhalador de Harcourt, con puntero en la mitad de la escala. Reproducido de Buxton DW. (1904). *The Harcourt Inhaler*. Dominio público.

3.4.6.- Inhalador de Levy

Algunos autores, entre los que se encontraba el australiano Alfred Goodman Levy (1866-1954), consideraban que el aparato de Harcourt no era tan preciso, y que podía dar concentraciones de cloroformo de hasta 5% como consecuencia de la inestabilidad de la botella (las oscilaciones del cloroformo líquido en su interior -provocadas por los movimientos de la mano del operador, del paciente durante la inducción, o por movimientos de la mesa- podían aumentar la emisión de vapores de cloroformo).

Esto llevó a Levy a diseñar un inhalador (figura 95) con el objetivo de solventar los errores del aparato de Harcourt

En el inhalador de Levy, el contenedor de cloroformo era un recipiente circular, rodeado por un baño de agua a 20°C. Este contenedor se fijaba sobre una superficie para evitar la agitación del mismo. Las zonas de entrada y salida del contenedor estaban separadas por un diafragma radial vertical, y la unión a la pieza facial se llevaba a cabo a través de un tubo flexible.

La entrada de aire se producía por una apertura controlada por una llave de paso, que determinaba la cantidad de aire que entraba al contenedor.

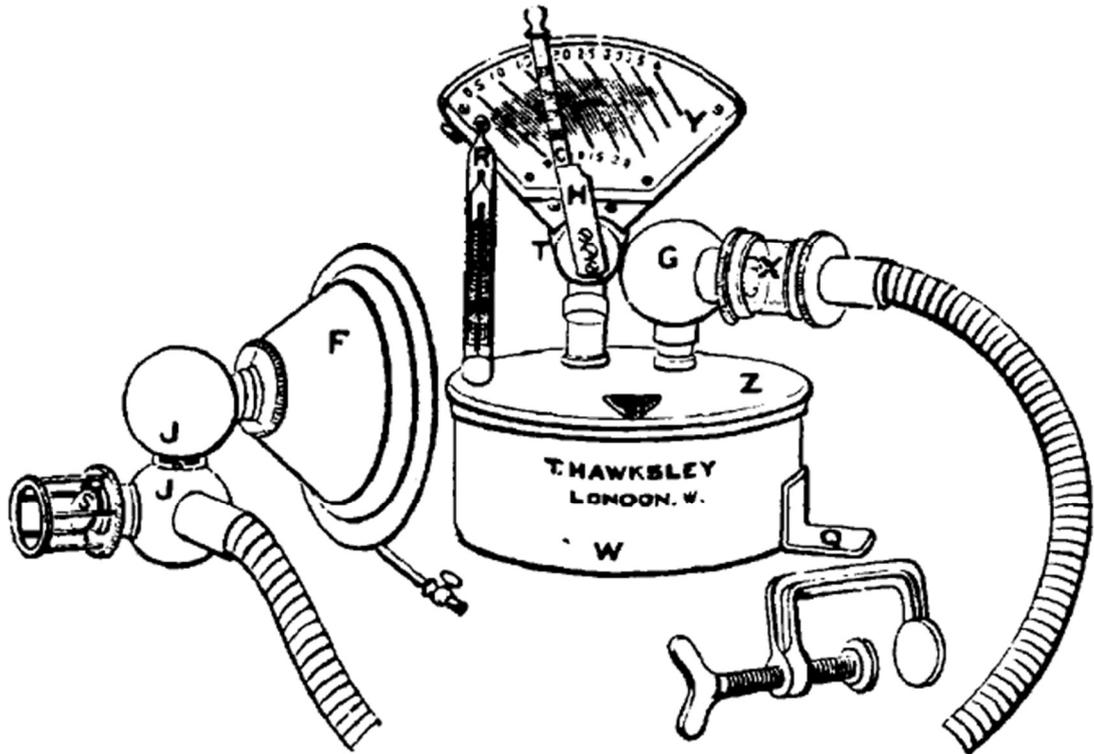


Figura 95. Inhalador regulador de cloroformo de Levy. F: pieza facial. JJ: doble unión entre pieza facial y tubo; S: válvula espiratoria; X: cámara de cristal contenedora de la válvula inspiratoria; G: Cámara de mezcla con apertura al aire (mostrada en figura 96); Z: cubierta contenedora de la cámara de cloroformo; W: baño de agua; R: termómetro; T: grifo regulador del suministro de cloroformo; H: Indicador de manija; Y: escala de porcentaje. Reproducido de Zuck D. "The development of the anaesthetic vaporizer. The contribution of A.G. Levy". *Anaesthesia*. 1988;43(9):773-5. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.

El mecanismo de acción de este dispositivo estaba basado en el principio de la vaporización por arrastre. A través de la respiración, una fracción del flujo de aire que entraba al contenedor pasaba a la cámara de vaporización, donde se encontraba el cloroformo tanto en fase líquida como en fase gaseosa (resultado de la evaporación producida por el calor aportado por el baño de agua).

La dilución del vapor de cloroformo en el flujo de arrastre daba lugar a una mezcla de aire y vapor de cloroformo, cuya proporción venía determinada por un regulador compuesto por dos cilindros concéntricos (figura 96).

Por medio de una palanca el cilindro interno giraba sobre el externo. Ambos cilindros contenían aperturas de acción recíproca. Una de estas aperturas comunicaba con la cámara de vaporización, mientras que la otra lo hacía con el aire exterior directamente. Cuando una de ellas estaba parcialmente abierta, la otra estaba cerrada en la misma proporción. De esta forma podía regularse la dilución del cloroformo.

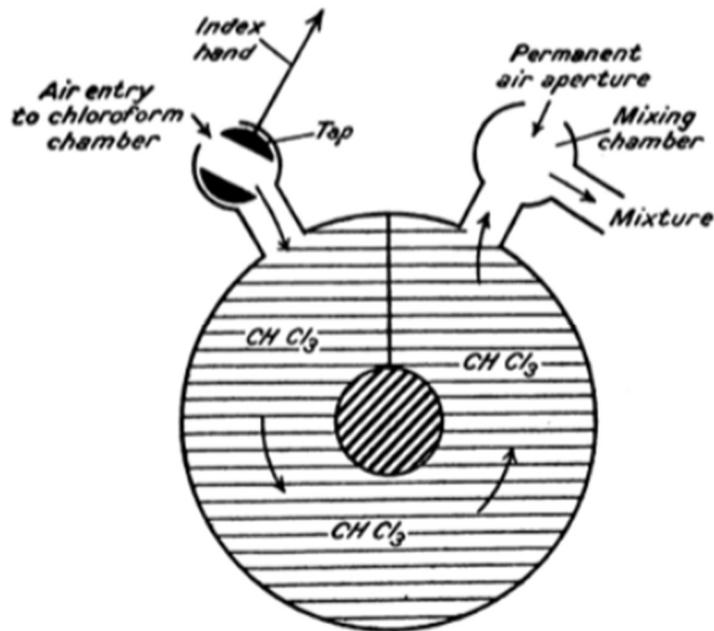


Figura 96. Diagrama que muestra el curso de las corrientes de aire en el inhalador de Levy. El grifo regulador controla solo la corriente que pasa sobre el cloroformo. Reproducido de Levy AG. (1922). *Chloroform anesthesia*. Dominio público.

La concentración máxima de cloroformo que podía aportar el aparato en el aire inspirado era del 4%, para lo cual era necesario elevar la temperatura del contenedor a 40°C¹⁴⁷.

Otra importante aportación de Levy fue la introducción de un compensador. Este elemento permitía evitar la interferencia del esfuerzo respiratorio en la concentración de cloroformo, al actuar la bomba respiratoria como fuerza motriz del aparato. De esta manera, ante la aparición de inspiraciones profundas, se activaba manualmente el compensador para reducir la concentración de cloroformo, y evitar una sobredosis¹⁴⁸.

3.4.7.- Inhaladores complejos en España

En España, el inhalador complejo más usado durante varias décadas fue el aparato de Ombrédanne, siendo, probablemente, el inhalador que usaron en sus inicios casi todos los pioneros de la Anestesia moderna en nuestro país.

La primera referencia de su empleo fue en Pontevedra, en 1925, de manos del cirujano Enrique Marescot (1879-1962), quien, tras especializarse en Cirugía en París, se trajo uno de estos inhaladores del país galo.

¹⁴⁷ LEVY, A.G. (1922) *Chloroform anesthesia*. London: John Bale, Sons and Danielsson. p.121-125.

¹⁴⁸ ZUCK, D. (1988) "The development of the anaesthetic vaporizer. The contribution of A.G. Levy". *Anaesthesia*;43(9):773-775.

El aparato de Ombrédanne (figura 97) contribuyó de forma muy notable al relanzamiento del éter sulfúrico en España, el cual había quedado relegado a un segundo plano tras la irrupción del cloroformo. Esto fue debido a la confianza que depositaron los cirujanos en este dispositivo, lo que permitió a su vez que fueran relegando su uso a personal no médico: el aparato de Ombrédanne fue usado de forma corriente por enfermeras, practicantes, estudiantes de medicina, e incluso monjas.



Figura 97. Aparato de Ombrédanne. Fotografía presente en el Musée des Hospices Civils de Lyon. Dominio público. Créditos: CC BY 4.0.

Durante la década de los cuarenta, muchos de los primeros especialistas en Anestesiología en España se familiarizaron, siendo todavía estudiantes de Medicina, con el aparato de Ombrédanne. Uno de estos pioneros fue el doctor José Miguel Martínez (1905-1998), que introdujo algunas modificaciones en este dispositivo dando lugar al inhalador O.M.O, que veremos más adelante¹⁴⁹.

¹⁴⁹ FRANCO-GRANDE, A. (2003) “Aparato de Louis Ombrédanne (1908)”. En: FRANCO-GRANDE, A Ed. *Los orígenes de la moderna Anestesia en España*. Madrid: Coopegraf/Visagrafic. p.15-20.

3.5.- DISPOSITIVOS DE ANESTESIA: MÁQUINAS DE GAS

A principios del siglo XX aparecieron las máquinas de gas. La introducción de válvulas reductoras de presión mejoró en gran medida el rendimiento de los cilindros de gas comprimido, permitiendo la reducción de una presión alta y variable dentro del cilindro, a una presión de salida baja y constante, incluso cuando la presión dentro del cilindro había caído desde 130 atmósferas a 10 atmósferas¹⁵⁰.

Los aparatos de anestesia se beneficiaron de estos avances, y comenzaron a proliferar máquinas más sofisticadas basadas en la nueva tecnología y en los conocimientos adquiridos en Anestesiología, Cirugía y Fisiología.

Además, estas nuevas máquinas fueron incorporando otros componentes diseñados en distintos ámbitos, pero cuya integración en la máquina de anestesia mejoraban sus prestaciones y seguridad.

3.5.1.- Aparato de oxígeno y cloroformo de Roth-Dräger

En 1902 la compañía alemana Dräger diseñó el primer aparato para la administración de una anestesia mixta de vapor de cloroformo en una atmósfera de oxígeno¹⁵¹. Para ello, los ingenieros Heinrich y Bernhard Dräger (1847-1917; 1870-1928) trabajaron en colaboración con el doctor Otto Roth (1884-1956), cirujano principal en el *Allgemeine Krankenhaus*, Lübeck.

En el aparato de Roth-Dräger, la propulsión de los gases anestésicos hacia los pulmones del paciente se llevaba a cabo a través de medios mecánicos, a diferencia de los aparatos de Clover o Harcourt, entre otros, donde el esfuerzo inspiratorio del paciente constituía la fuerza de arrastre para la inhalación de dichos gases.

La presión de 150 bares del interior del cilindro de oxígeno era disminuida a través de un reductor de presión. Para evitar el enfriamiento del cloroformo, el oxígeno no actuaba como vehículo transportador de éste, sino que pasaba a través de un inyector y generaba succión a través del efecto venturi, lo que determinaba el goteo del cloroformo. Se trataba pues de un sistema de alimentación por goteo basado en el mecanismo de succión.

El recipiente de goteo del cloroformo estaba especialmente diseñado para garantizar que las gotas fueran siempre del mismo tamaño, de manera que 50 gotas de cloroformo equivalían a

¹⁵⁰ EPSTEIN, H.G, HUNTER, A.R. (1968) “Anaesthetic apparatus. A Pictorial Review of the Development of the Modern Anaesthetic Machine”. *Br J Anaesth*;40:636-647.

¹⁵¹ NOTA: Cuando hablamos de máquinas de gas, nos estamos refiriendo a máquinas basadas en la tecnología del óxido nitroso almacenado en cilindros de gas comprimido. Sin embargo, se incluye el aparato de Dräger porque desde el punto de vista técnico está basado en una tecnología similar.

La pieza “Q” era un ajuste de precisión que regulaba la cantidad de oxígeno que llegaba al aparato desde el cilindro. Dos diales (“R” y “R¹”), con sus respectivos indicadores, permitían controlar la dosificación. Estos diales presentaban dos escalas: una periférica, que mostraba las gotas por minuto, y otra central que informaba de los gramos (en el caso del cloroformo, una gota equivalía a 20 miligramos aproximadamente). Debajo de estos indicadores se encontraban las cámaras de vidrio en las que caían los anestésicos: a la derecha cloroformo y a la izquierda éter. Los correspondientes recipientes donde se encontraban estos anestésicos vienen representados por las letras “T” y “T¹”.

Finalmente, la mezcla anestésica alcanzaba la bolsa respiratoria “J”, y a través de la tubuladura que partía de “L” se transportaba a la pieza facial.

Este aparato (figura 99) permitía una narcosis satisfactoria y suficientemente profunda para procedimientos quirúrgicos abdominales, incluidos los de abdomen superior. El uso de oxígeno añadía gran valor a la seguridad de las intervenciones más complejas. El porcentaje de vapor de cloroformo que se podía obtener podía ser bastante alto y resultar peligroso, por lo que debía usarse cuidadosamente por personal especializado.



Figura 99. Aparato de anestesia de oxígeno y cloroformo de Roth-Dräger. Dominio público. Créditos: CC BY 4.0.

El aparato de Roth-Dräger tuvo gran difusión en Europa y fue acogido con gran satisfacción en Inglaterra¹⁵³.

Pocos años después, en 1906, Franz Kuhn (1866-1929) diseñó en Alemania una máquina de anestesia con circuito cerrado. Para ello incorporó dos botes de cal sodada para la absorción del dióxido de carbono, y válvulas para dirigir el flujo de gas¹⁵⁴. No obstante, debido al temor de la interacción del cloroformo con la cal sodada, el desarrollo de esta máquina fue limitado. Esta máquina, fabricada por la compañía Dräger y conocida como la máquina de anestesia de Kuhn-Dräger, permitía además la aplicación de ventilación por presión positiva¹⁵⁵.

3.5.2.- Aparato de Teter

Charles K. Teter (1875-1959), Cleveland (Ohio), es considerado uno de los pioneros en el desarrollo de las máquinas de anestesia, y en educación en Anestesiología en general. Fue el segundo presidente de la *American Society of Anesthesiologist* (ASA).

Teter se graduó en el Departamento de Odontología de la Facultad de Medicina *Starling-Ohio*, en Columbus (Ohio), en 1900. Su trabajo en el campo de la Anestesiología comenzó poco después: en 1902 diseñó su primera máquina de gas con capacidad para administrar óxido nitroso, oxígeno, éter y cloroformo. En este primer diseño, los gases se podían calentar, reinhalar, y administrarlos bajo presión¹⁵⁶.

En 1908, Charles y su hermano William patentaron una máquina para la administración de óxido nitroso, oxígeno y éter, considerada como la primera máquina en incluir estos tres agentes. Este dispositivo se convirtió en la combinación estándar sobre la que se inspiraron todas las máquinas fabricadas en las siguientes dos décadas, como veremos más adelante¹⁵⁷.

El aparato de Teter (figura 100) estaba compuesto por tanques de oxígeno y óxido nitroso, un vaporizador de éter, un vaporizador de cloroformo, un calentador de vapores, tubuladuras grandes y sin obstrucciones, válvulas de control, bolsas de goma para el óxido nitroso y el oxígeno, y máscara facial (también diseñó una pieza para la administración nasal)¹⁵⁸.

El aparato disponía de cilindros de repuesto para cambios rápidos conforme cada cilindro se vaciaba. Estaba preparado para administrar los vapores a través de válvulas, a través del método

¹⁵³ (1907) "The Roth-Drager oxygen and chloroform apparatus". *Br Med J*;1(2418):1067-1068.

¹⁵⁴ THIERBACH, A. (2001) "Franz Kuhn, his contribution to anaesthesia and emergency medicine". *Resuscitation*;193-197.

¹⁵⁵ PETTY, C. (1987) *The Anesthesia Machine*. New York: Churchill Livingstone. p.13.

¹⁵⁶ STEBBINS, H.M. (1958) "Charles K. Teter, D.D.S". *J Am Dent Soc Anesthesiol*;5(1):15-16.

¹⁵⁷ Wood library-museum of Anesthesiology. [sede web]. Schaumburg, Illinois: American Society of Anesthesiologist; 2019 [acceso el 31 de octubre de 2019]. *Teter Apparatus*: Disponible en: <https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/item/756/teter-apparatus>

¹⁵⁸ SMITH, W.D.A. (1972) "A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part XII: developments in America and nitrous oxide anaesthesia between world wars". *Br J Anaesth*;44:215.

de reinhalación, o por medio de una combinación de ambos. Además, podían ser administrados a presión normal, o a presión positiva.

Las bolsas para el óxido nitroso y el oxígeno estaban separadas. Una cantidad definida de oxígeno se mezclaba constantemente con el óxido nitroso, y una parte de los gases espirados escapaba constantemente a través de la válvula espiratoria¹⁵⁹.

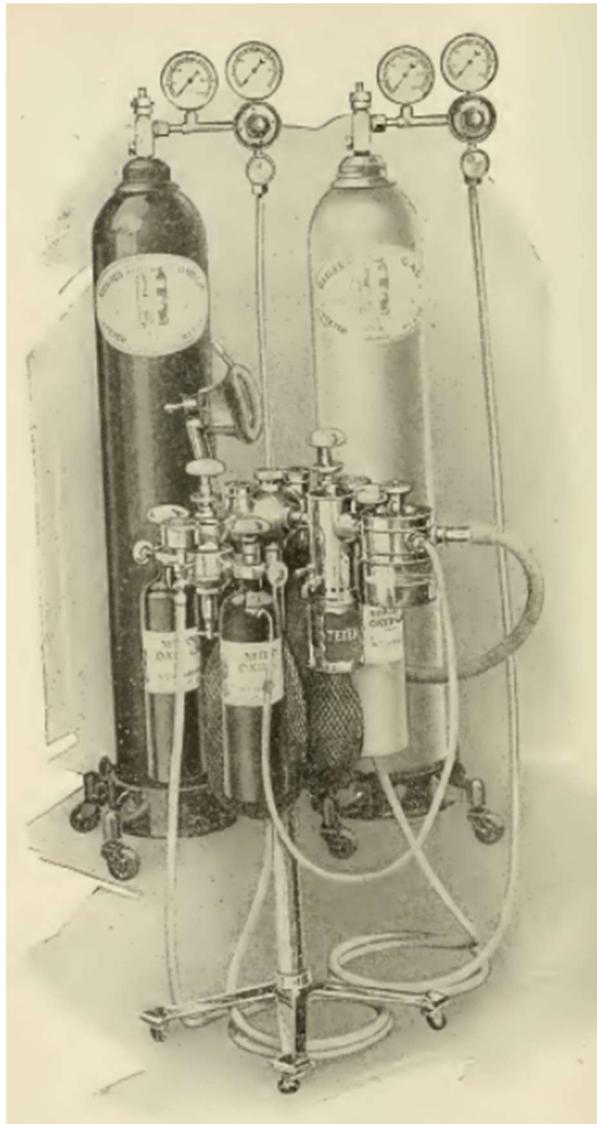


Figura 100. Aparato de óxido nitroso/oxígeno de Teter. Reproducido de Gwathmey J.T. (1914). *Anesthesia*. Dominio público.

Teter describió un método para mantener una adecuada anestesia evitando la cianosis, mediante una serie de instrucciones sobre las variaciones minuto a minuto en el flujo de oxígeno a través de su aparato.

¹⁵⁹ GWATHMEY, J.T. (1914) *Anesthesia*. New York: Appleton. p.152-153.

3.5.3.- Anesthetizer: aparato de Óxido Nitroso/Oxígeno de Heidbrink

Jay A. Heidbrink (1875-1957), dentista nacido en Boaz, Wisconsin, tuvo un importante papel en el campo de la Anestesiología.

Su interés por la anestesia surgió pronto, cuando fue sometido a una amigdalectomía poco después de finalizar sus estudios de secundaria. El cirujano que lo intervino había perdido recientemente a un paciente por hemorragia, y llevó a cabo una resección parcial de las amígdalas sin anestesia efectiva, por lo que la intervención tuvo que ser repetida durante sus estudios en odontología (1898-1901), volviendo a experimentar un gran dolor. Poco después, la infección de uno de sus molares se convirtió en otro episodio doloroso en un intento fallido de extracción, que él mismo relató como «seis meses de tortura».

Estas desagradables experiencias le llevaron a adentrarse en el campo de la Anestesiología, donde experimentó con la cocaína y el alcohol como anestésicos locales. Más tarde adquirió una máquina de gas para su gabinete, y en 1903 compró el aparato de Teter, del que echaba en falta una mezcla más precisa de óxido nitroso y oxígeno. Consideraba que las válvulas tenían una apertura demasiado grande como para conseguir una dosificación precisa, y que la presión de las bolsas de gas no era constante. Esto le motivó a remodelar la máquina de Teter en 1906, convirtiéndose en una de las primeras máquinas de gas de anestesia comerciales. Para las nuevas características de diseño Heidbrink realizó las siguientes modificaciones:

- Igualó de las presiones de óxido nitroso y oxígeno enviadas a la cámara de mezcla. Para ello, Heidbrink colocó las dos bolsas de igual tamaño, una encima de la otra, en una plataforma unida a la parte trasera de la máquina, y con un peso encima para igualar las presiones de ambas.
- Las válvulas fueron ranuradas para proporcionar un control más fino.
- Intercaló una tercera bolsa, bolsa de respiración, entre la cámara de mezcla y el tubo al inhalador.
- Colocó una bombilla eléctrica en la cámara de mezcla para calentar los gases y evitar la congelación de la válvula del cilindro de óxido nitroso¹⁶⁰.

Heidbrink comprobó que el aparato remodelado era mejor, pero todavía no era lo suficientemente bueno, por lo que decidió diseñar su propia máquina, el *Anesthetizer*, del que realizó varias versiones. La primera, descrita como “Modelo A”, fue patentada en 1912. A partir de este modelo fue introduciendo modificaciones que quedaban marcadas por la siguiente letra del alfabeto (B, C, D...). La última de ellas, bajo el nombre de “Modelo T”, data de 1938.

¹⁶⁰ HEIDBRINK, J.A. (1957) “Memoirs”. *Newsmonthly*;4(3):5-11.

En la figura 101 podemos apreciar una de sus versiones, patentada en 1924. Las principales mejoras que fue introduciendo en sus máquinas fueron: la incorporación de válvulas reductoras de presión, para trabajar con presiones bajas; un indicador del porcentaje de oxígeno administrado; una llave de paso que permitía que el oxígeno estuviera disponible de inmediato; un dial para el óxido nitroso, marcado con flechas, pero no numerado; y una botella de burbujas (cuya invención veremos más adelante) para el vaporizador de éter¹⁶¹.

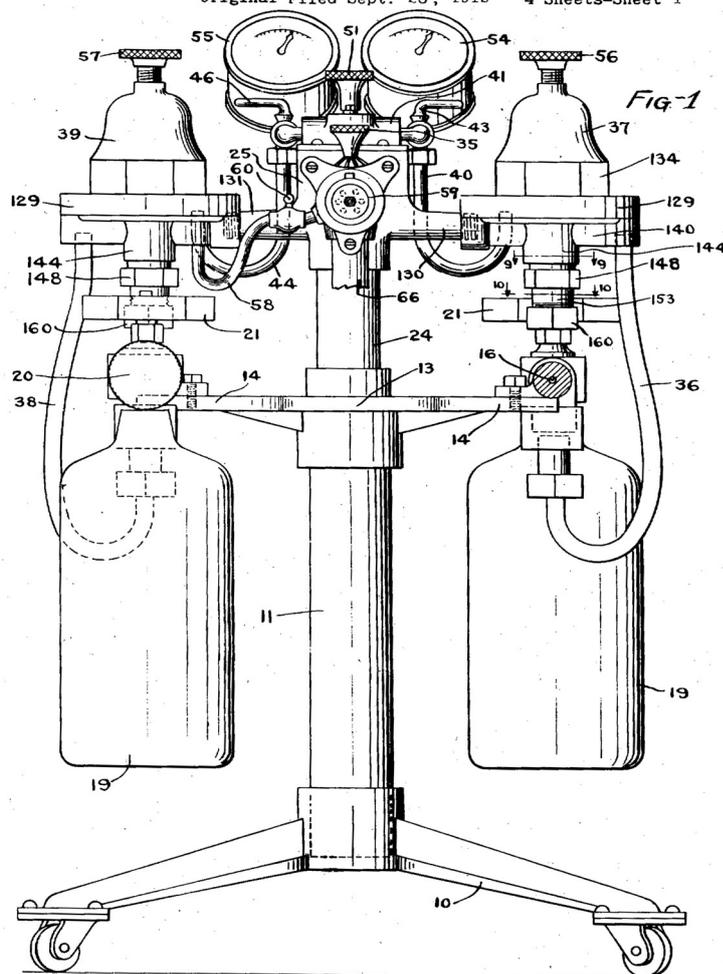
July 22, 1924.

Re. 15,874

J. A. HEIDBRINK

APPARATUS FOR DELIVERING A MIXTURE OF GASES

Original Filed Sept. 26, 1912 4 Sheets-Sheet 1



INVENTOR:
JAY A. HEIDBRINK.
BY *Whiteley and Ruckman*
ATTORNEYS.

Figura 101. Aparato de Heidbrink de 1912. Patente con referencia 15,874, del 22 de julio de 1924. Dominio público.

¹⁶¹ THOMAS, K.B. (1975) *The development of Anaesthetic Apparatus. A history based on the Charles King Collection of the Association of anaesthetists of Great Britain and Ireland*. Oxford: Blackwell Scientific Publications; PETTY, C. (1987) *The Anesthesia Machine*. New York: Churchill Livingstone. p.13.

El *Anesthetizer* de Heidbrink fue una de las primeras máquinas en permitir la administración de concentraciones controladas de óxido nitroso y oxígeno, y fue muy popular para la anestesia dental.

Los dispositivos de Heidbrink fueron comercializados por una empresa fundada por el mismo, *The Heidbrink Company*, que fue adquirida a finales de la década de 1930 por *The Ohio Chemical & Manufacturing Company*¹⁶², la mayor empresa manufacturera de equipos de anestesia¹⁶³.

3.5.4.- Aparato de óxido nitroso – oxígeno de Neu. Introducción de los rotámetros

Franz María Karl Küppers (1874-1933) inventó el rotámetro en Alemania en torno a 1908, registrando su patente en el país bávaro en 1909, y en Estados Unidos en 1910.

El rotámetro, medidor de flujo de gas o líquido de área variable, fue inventado como un dispositivo para la medición de los gases que fluían hacia un quemador de gas incandescente. Sin embargo, desde muy temprano su uso se extendió para la medición del flujo de gases y líquidos en la industria.

En 1910 Maximilian Neu (1877-1940), ginecólogo de la clínica de mujeres de Heidelberg (Alemania), incorporó el rotámetro a una máquina de anestesia para proporcionar una relación porcentual conocida de óxido nitroso y oxígeno a través de estos medidores.

Neu era conocedor de los trabajos del químico Walter Madelung (1879-1963), del Instituto Farmacológico de la Universidad de Heidelberg, y del profesor Rudolf Gottlieb (1864-1924). Estos investigadores habían demostrado en la reunión anual de la Sociedad Médica de Historia Natural de Heidelberg, de 1910, la eficacia de la anestesia con óxido nitroso y oxígeno en conejos premedicados con morfina y escopolamina.

Madelung y Gottlieb habían usado cilindros de gas comprimido ya preparados con óxido nitroso y oxígeno al 80 y 20% respectivamente. Sin embargo, Neu descubrió que la mezcla que salía del oxígeno era variable en su composición, por lo que diseñó un nuevo método para la dosificación precisa de estos gases a través de rotámetros.

¹⁶² Wood library-museum of Anesthesiology. [sede web]. Schaumburg, Illinois: American Society of Anesthesiologist; 2019 [acceso el 03 de noviembre de 2019]. *Heidbrink Anesthetizer Model T*: Disponible en: <https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/item/111/heidbrink-anesthetizer-model-t>;

¹⁶³ Esta compañía fue fundada por Graham W. Clarke en 1910 en Cleveland, Ohio. Clarke introdujo ese mismo año la máquina de anestesia “Ohio Monovalve” para la administración de óxido nitroso, oxígeno y éter. Esta máquina fue la máspreciada de las utilizadas en los Hospitales de Campaña durante la Primera Guerra Mundial, ya que era estable y no se desajustaba. Extraído de: Wood library-museum of Anesthesiology. [sede web]. Schaumburg, Illinois: American Society of Anesthesiologist; 2019 [acceso el 03 de noviembre de 2019] *Ohio Monovalve*: Disponible en: <https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/item/75/ohio-monovalve>.

El rotámetro (figura 102) permitía producir una mezcla precisa de óxido nitroso y oxígeno en una relación de volumen fijo. Una de las ventajas de los rotámetros es que permitían modificar tanto el flujo como la proporción de cada gas de forma instantánea¹⁶⁴.

El aparato de Neu (figura 103) estaba formado por dos tanques de gas (óxido nitroso y oxígeno) que se colocaban sobre una mesa móvil. Cada tanque disponía de una válvula reductora y un indicador de la capacidad de gas. El gas pasaba, a través del rotámetro, a una bolsa de mezcla regulada por una llave de paso. De esta bolsa partía la manguera que conectaba con la pieza facial¹⁶⁵.

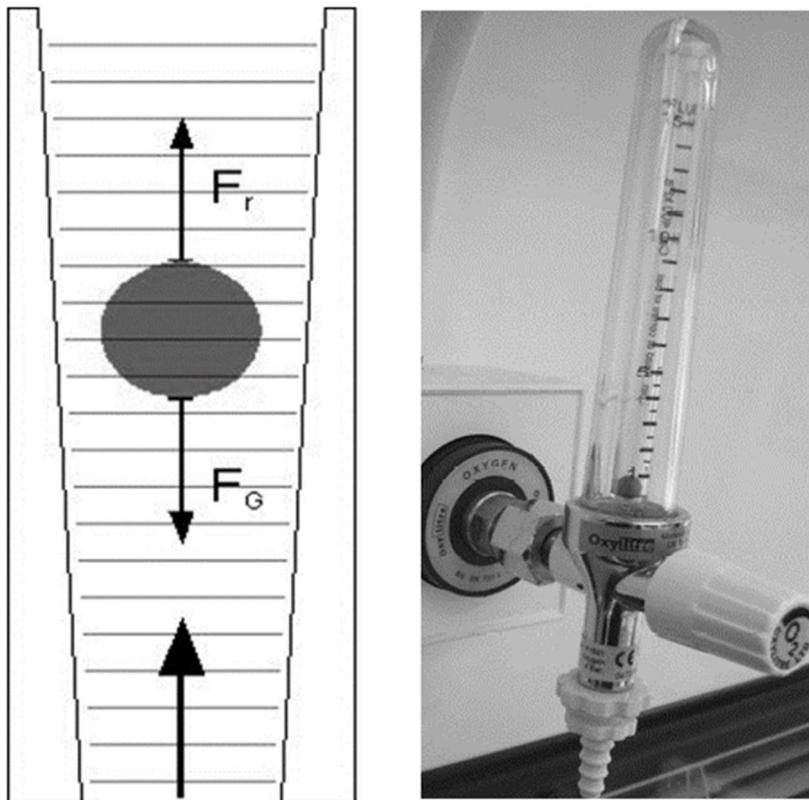


Figura 102. Izquierda: Esquema del principio de funcionamiento de un rotámetro. Derecha: Rotámetro. Dominio público. Créditos: CC BY 3.0.

El aparato podía combinarse fácilmente con un accesorio de presión positiva, como el de Tiegel-Henschen, para utilizarse en cirugía torácica.

El aparato de Neu fue fabricado por la compañía *Deutsche Rotawerke*, y presentado por su inventor en varias reuniones científicas entre 1910 y 1913. A pesar de su eficacia, tanto el coste

¹⁶⁴ FOREGGER, R. (2001) "The rotameter and the waterwheel". *Anaesthetist*;50(9):701-708.

¹⁶⁵ GOERIG, M., SCHULTE AM ESCH, J. (2001) "History of nitrous oxide—with special reference to its early use in Germany". *Best Practice Res Clin Anaesthesiol*;15(3):313-338.

del aparato como el del óxido nitroso, el cual todavía no se producía en Alemania, limitaron su desarrollo y difusión¹⁶⁶.

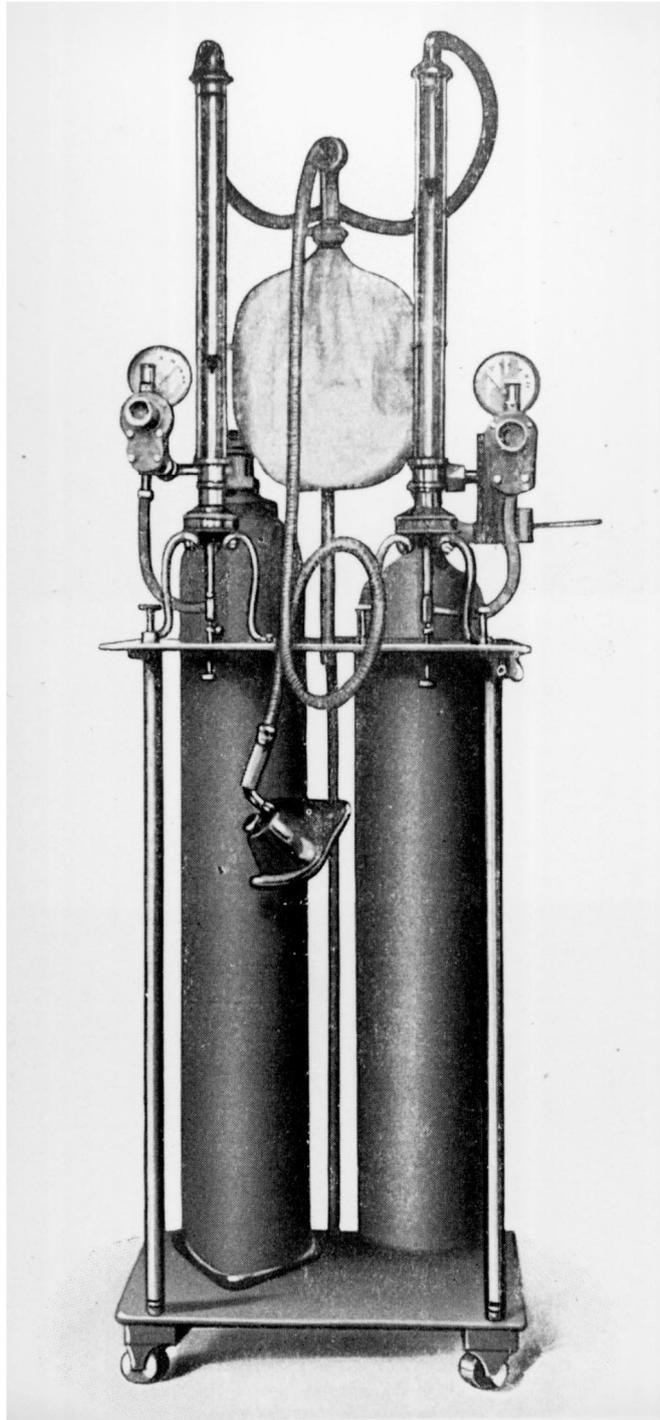


Figura 103. Aparato de óxido nitroso - oxígeno de Neu. Reproducido de Goerig M, Schulte am Esch J. "History of nitrous oxide—with special reference to its early use in Germany". *Best Practice Res Clin Anaesthesiol.* 2001;15,3: 313-38. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

¹⁶⁶ FOREGGER, R. (1952) "Early use of rotameter in anaesthesia". *Br J Anaesth*;24(3):187-195.

3.5.5.- Aparato de óxido nitroso-oxígeno de McKesson

Elmer Isaac McKesson (1881-1935), fue un médico estadounidense que contribuyó notablemente al desarrollo de la máquina de anestesia. Su conocimiento de la fisiología respiratoria, añadido a su dedicación casi exclusiva al estudio del óxido nitroso, le convirtieron en un pionero del establecimiento de este gas como componente principal de la anestesia general. En sus manos, el óxido nitroso podía ser usado como un anestésico completo, permitiendo la realización de cirugías intraabdominales. Esta capacidad del óxido nitroso fue posible gracias a la practicidad de las máquinas de anestesia que fabricó McKesson¹⁶⁷.

En 1911 McKesson publicó un artículo en la revista '*Surgery, Gynecology and Obstetrics*', en el que describía un nuevo aparato para la anestesia con óxido nitroso y oxígeno.

El dispositivo (figura 104) estaba compuesto por el propio aparato y un soporte sobre el que descansaba.

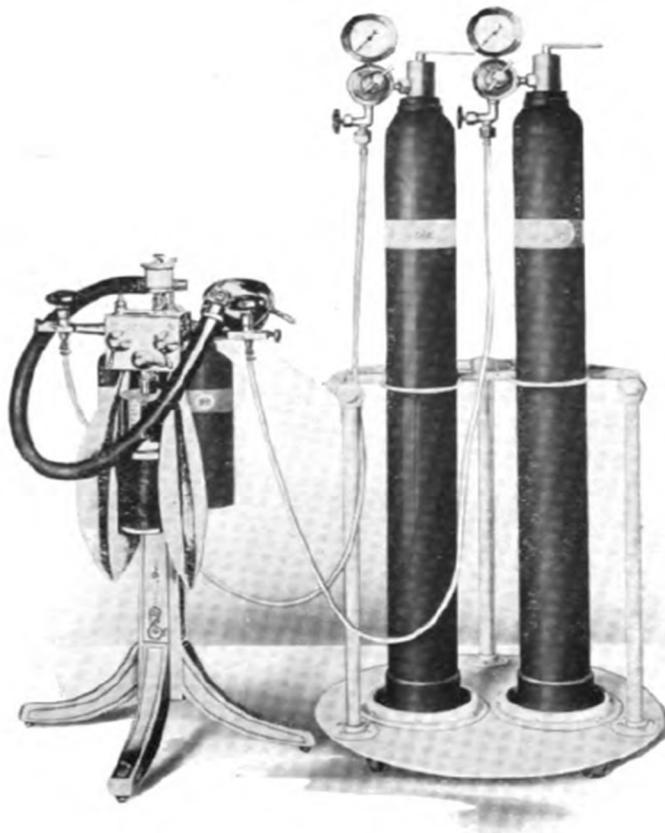


Figura 104. Representación del aparato de McKesson conectado a los tanques de oxígeno y de óxido nitroso, los cuales contenían 750 y 3200 galones de gas respectivamente. Además, el aparato estaba conectado a dos cilindros más pequeños que podían ser usados mientras se recambiaban los tanques agotados, o cuando se deseara realizar intervenciones a domicilio. Reproducido de McKesson EI. (1911). *Nitrous oxyde-oxygen Anaesthesia. With a description of a new apparatus*. Dominio público.

¹⁶⁷ McMECHAN, F.H., McMECHAN, L. (1989) "Fifty-two years ago in anesthesia & analgesia. Elmer Isaac McKesson, MD, anesthetist: his life and work. 1937". *Anesth Analg*;69(2):259.

El aparato propiamente dicho estaba formado por un bastidor hueco con dos brazos laterales. Cada brazo tenía dos yugos para la fijación de los cilindros de gas, o de cualquier otro tipo de suministro de gas. Cuando el gas salía de los cilindros por ambos lados, tomaba el siguiente recorrido (figura 105): pasaba a través del brazo y la válvula de dos vías a una ranura de gas que conducía a la bolsa de suministro (*supply bag*).

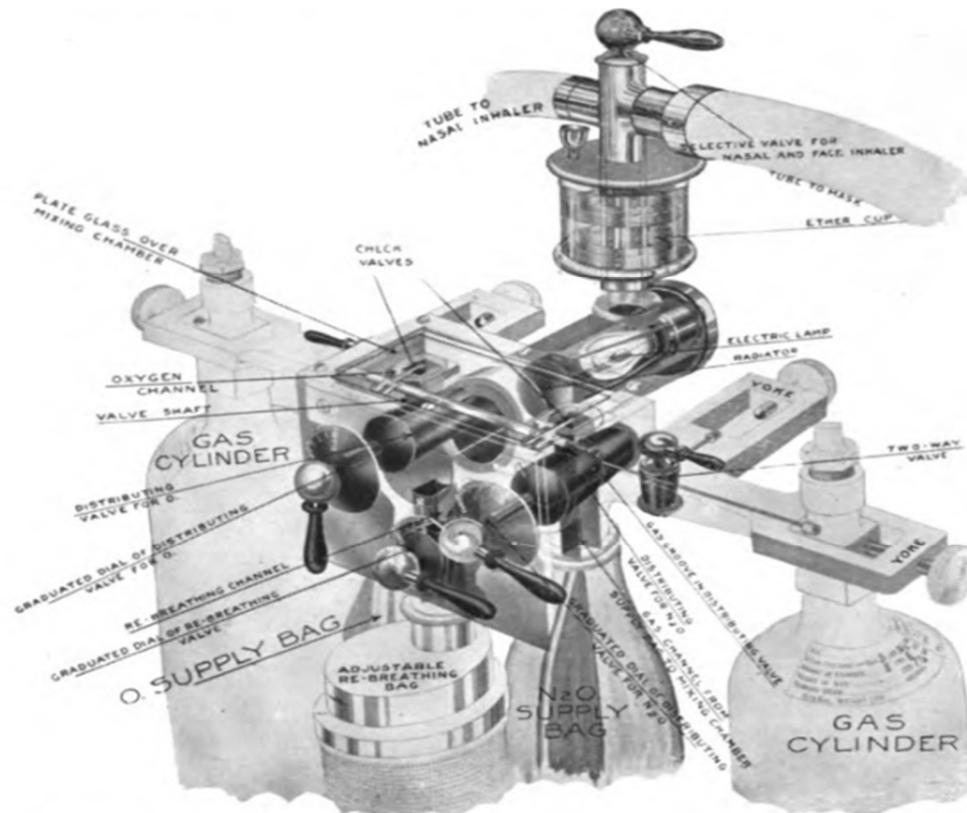


Figura 105. Dibujo representativo de las piezas y componentes del aparato de McKesson. Reproducido de McKesson E.I. (1911). Dominio público.

Desde la bolsa de suministro se dirigía hacia arriba a través de la válvula distribuidora, hasta llegar a la cámara de mezcla, por debajo de la válvula del eje (*valve shaft*). Posteriormente pasaba a la cámara del radiador, la cual estaba conectada con el tubo de goma que conducía la máscara facial y las vías respiratorias del paciente.

Durante la exhalación, el gas salía hacia la atmósfera a través de la válvula espiratoria si la válvula de reinhalación estaba cerrada. Si por el contrario estaba abierta, el gas exhalado pasaba a través del tubo de goma a la bolsa de reinhalación. Cuando esta bolsa se llenaba, la presión ejercida se transmitía a la válvula espiratoria de la máscara produciendo su apertura, lo que permitía que la última porción del aire exhalado, cargada de dióxido de carbono, escapara a la atmósfera. De esta forma se podía reutilizar el gas procedente de los pulmones del paciente.

En el aparato de McKesson las válvulas distribuidoras estaban graduadas. Cada graduación representaba el 5% de la capacidad de la válvula. A través de la graduación de estas válvulas podían obtenerse proporciones diferentes de óxido nitroso y oxígeno. Además, esta máquina disponía de válvulas unidireccionales que impedían que el gas exhalado pasara desde la bolsa de reinhalación a las bolsas de suministro. Estas válvulas, conocidas como válvulas de retención, estaban unidas a un mismo eje que aseguraba la apertura simultánea de los canales de oxígeno y óxido nitroso en cada inspiración. A través de estas válvulas la mezcla de gases se mantenía uniforme.

En la parte posterior de la cámara del radiador se proyectaba una bombilla eléctrica que podía elevar la temperatura hasta los 47 ° C, lo que permitía que la mezcla de gases llegase a los pulmones a una temperatura cercana a la temperatura corporal.

Por otra parte, el aparato disponía de un depósito de éter unido a la cámara del radiador, para que este gas pudiera ser utilizado para intensificar la anestesia en los casos refractarios. En caso de depresión respiratoria podía aplicarse, de forma inmediata, ventilación asistida con oxígeno puro a través de la bolsa contenedora de este gas.

Sin embargo, la característica más destaca del aparato de McKesson fue la introducción del concepto de «flujo a demanda» o «flujo intermitente», para la administración de gases anestésicos: fue la primera máquina de anestesia en tener un corte automático regulado por la respiración del paciente. La corriente de aire fluía solo mientras el paciente inhalaba, y se detenía cuando el paciente exhalaba, lo cual suponía un importante ahorro en anestésicos inhalatorios y gases medicinales¹⁶⁸.

McKesson creó su propia compañía y fabricó su máquina de anestesia en grandes cantidades, ya que se hizo muy popular en todo el mundo desde la década de 1920 hasta la década de 1960. En 1930 introdujo la máquina de anestesia *McKesson Nargraf*. En ella podían emplearse hasta cuatro gases, con el oxígeno y óxido nitroso entregados en una mezcla controlada de precisión desde tambores a presiones inspiradas de 0 a 40 mmHg. Los sucesivos modelos de McKesson fueron incorporando mejoras tecnológicas que aparecieron durante estos años, como el dispositivo de oxígeno de emergencia, el circuito circular, o el fuelle de concertina. Sin embargo, lo más característico del modelo *McKesson Nargraf* fue el sistema de monitorización y registro anestésico (figura 106). Éste permitía registrar, sobre un papel en movimiento, datos útiles para el anesthesiólogo, como la presión arterial del paciente, el porcentaje de oxígeno administrado, la frecuencia respiratoria, el volumen corriente o la presión del gas inspirado¹⁶⁹.

¹⁶⁸ MCKESSON, E.I. (1911) "Nitrous oxyde-oxygen Anaesthesia. With a description of a new apparatus". *Surg Gynecol Obstet*;13:456-462.

¹⁶⁹ WESTHORPE, R. (1989) "McKesson Nargraf Anaesthetic Record". *Anaesth Intensive Care*;17(3):250.

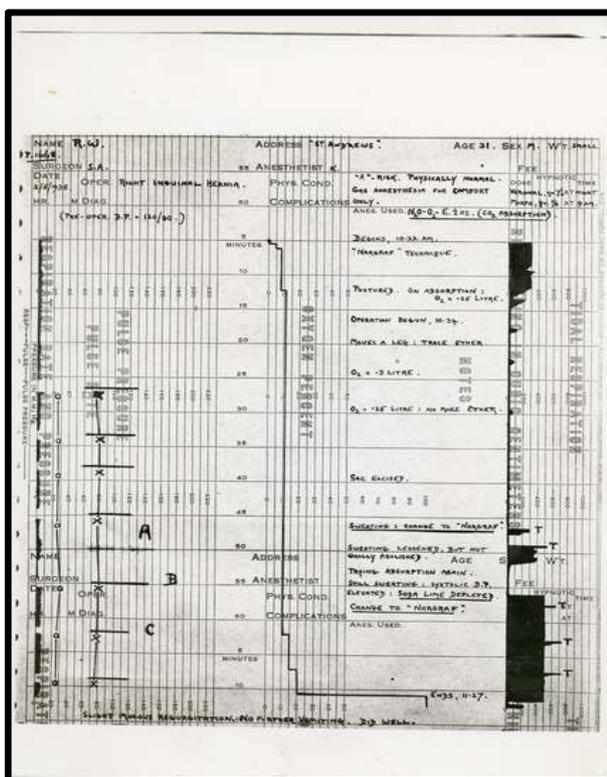


Figura 106. Hoja de registro del modelo McKesson Nargraf. Fotografía realizada el 2 de mayo de 1938. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto con número de registro 7247. Disponible en: <https://victoriancollections.net.au/items/5ad6cd8221ea6b03f8b7f1d8>.

Por todo ello, McKesson es considerado como una figura de gran relevancia en el desarrollo de la máquina de anestesia, ya que introdujo el concepto de flujo intermitente o flujo a demanda, y desarrolló la primera máquina de anestesia con capacidad para crear registros automáticos.

3.5.6.- El aparato de Cotton-Boothby

Los doctores Frederic J. Cotton (1869-1938) y Walter M. Boothby (1880-1953), colegas del *Boston City Hospital*, consideraban que un aparato de anestesia ideal debía poder suministrar una mezcla de óxido nítrico y oxígeno en cualquier proporción deseada, de forma constante, y al mismo tiempo ser capaz de poder admitir la cantidad de vapor de éter necesaria.

Estudios previos habían demostrado que la administración intermitente e irregular de los gases anestésicos se relacionaba con anestias quirúrgicas de peor calidad, más variables y menos suaves que las proporcionadas por una mezcla constante.

Además, consideraban que un aparato tenía que ser simple, sin deber requerir por parte del operador más atención que la relativa a la configuración de las válvulas que regulaban el

suministro de los gases. En este sentido, Cotton y Boothby consideraban que el aparato inicial de McKesson ni liberaba al anestesiólogo del problema de la manipulación valvular, ni permitía que la adición de éter pudiera satisfacer las necesidades en todos los casos en cuanto a cantidad y rapidez de acción.

Teniendo en cuenta que ninguno de los dispositivos inventados hasta el momento satisfacían sus necesidades, en 1911 diseñaron un aparato de anestesia para dar respuesta a cuatro requisitos que consideraron fundamentales: conseguir un flujo de gas totalmente regular de cada gas y a la velocidad deseada, sin necesidad de manipular frecuentemente la válvula; hacer visible el flujo de gas para que sus proporciones pudieran estimarse aproximadamente con una ojeada; disponer de un método eficiente para agregar vapor de éter gradualmente pero de forma rápida y hasta cualquier cantidad; y conseguir una máscara absolutamente hermética.

Cumpliendo todos estos requisitos, la máquina de Cotton y Boothby era capaz de proporcionar un flujo ininterrumpido de gases anestésicos y oxígeno, convirtiéndose en pioneros en el desarrollo de las máquinas de gas con flujo continuo. Además, inventaron un nuevo método para medir de forma visual el flujo de gas. Este método, bautizado como *Bubble Bottle*¹⁷⁰, consistía en hacer pasar cada gas por separado a través del agua en una cámara de mezcla de vidrio, por lo que también se conocieron como flujómetros húmedos o de agua. La tasa de burbujeo de los gases a través del agua se utilizó para estimar el flujo y la proporción de cada gas.

La figura 107 corresponde a la máquina de Cotton y Boothby con el etiquetado de sus partes:

A: Válvula manual para regular el suministro de oxígeno. Funcionaba incluso a bajas presiones manteniendo un flujo constante, que como hemos comentado anteriormente podía estimarse en la botella de burbujas.

B: Válvula del éter. Disponía de tres posiciones: izquierda: la mezcla de gases procedente de la cámara G pasaba directamente al paciente, sin combinarse con el éter; centro (como muestra la ilustración): la mezcla de gases pasaba sobre la superficie del éter en la cámara H, arrastrando vapor de éter; derecha: se hacía burbujear la mezcla de gases a través del éter. De esta forma, se controlaba la cantidad de éter que se deseaba administrar al paciente.

C: Válvula manual para el control del suministro del óxido nitroso. Mismos principios que la válvula A.

D: Indicadores de presión del oxígeno y del óxido nitroso (izquierda y derecha respectivamente). Esta presión no se correspondía con la existente en el interior del cilindro, sino la posterior al paso por la válvula reductora.

¹⁷⁰ El método de visualización de las *bubble bottles* (botella de burbujas) también pasó a conocerse como el principio de “*sight feed*” (principio de alimentación visual), y los sistemas diseñados a tal fin, medidores de flujo de alimentación visual, flujómetros húmedos o de agua, o caudalímetros de agua.

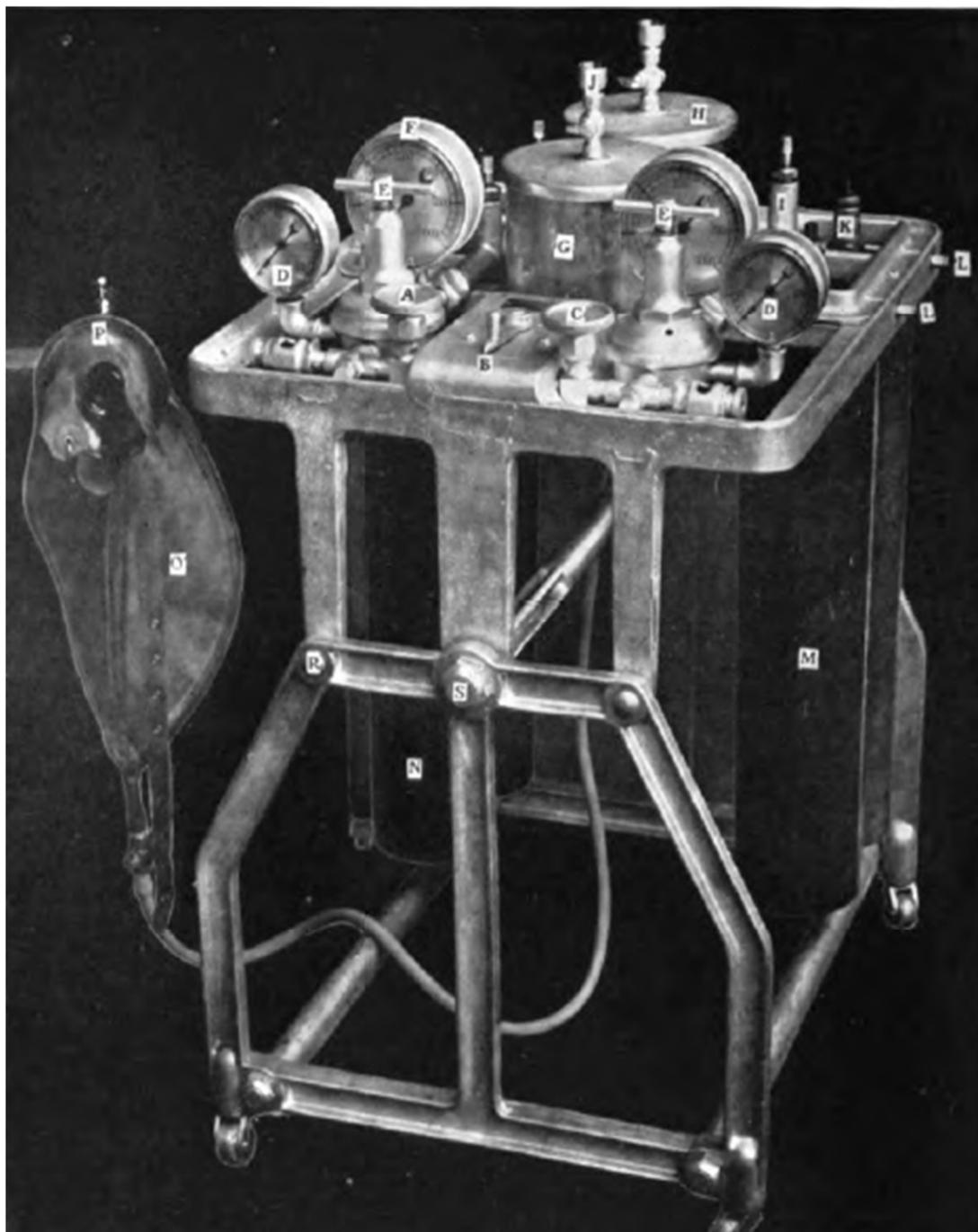


Figura 107. Aparato de Cotton y Boothby. Fotografía reproducida de Cotton FJ, Boothby WM. (1912). *Nitrous Oxide-Oxygen-Ether Anaesthesia: Notes On Administration; A Perfected Apparatus*. Dominio público.

E: Manijas de regulación de las válvulas reductoras, para ajustarla a las bajas presiones deseadas. Normalmente se ajustaban para trabajar con presiones de 20 libras (1,3 atmósferas).

F: Manómetro de alta presión, para mostrar la presión en el tanque de suministro.

G: Cámara de mezcla, fabricada en vidrio (*Bubble Bottle*). Esta cámara contenía agua, a través de la cual cada gas burbujeaba por separado, lo que permitía estimar a simple vista la velocidad del flujo tanto del oxígeno como del óxido nítrico.

H: Cámara de éter. Como se ha comentado anteriormente.

I: Una de las cuatro válvulas. Permitía reemplazar cualquiera de los cilindros de gas vacíos por otro lleno sin necesidad de interrumpir el aparato.

J: Tazas para llenar las cámaras con agua (G) o éter (H).

K: Válvula en el tanque.

L: Tornillo para sujetar cada tanque o cilindro a su yugo.

M: Uno de los dos tanques de óxido nitroso en el lado derecho.

N: Uno de los dos tanques de oxígeno en el lado izquierdo.

O: Bolsa de reinhalación.

P: Máscara con pieza facial de celuloide y collar hermético de retención de Boothby.

R: Perno (x4) para modificar la mesa.

S: Eje central de la estructura.

El aparato de Cotton y Boothby era fuerte pero ligero, y razonablemente portátil. Permitía administrar proporciones variables de óxido nitroso y oxígeno, gracias a sus válvulas de ajuste fino, sin precisar una atención constante del operador. La elevada presión de los tanques de suministro se reducía automáticamente a presiones de trabajo fácilmente controlables gracias a las válvulas reductoras, y permitía agregar rápidamente vapor de éter en la concentración deseada¹⁷¹.

3.5.7.- Aparato de óxido nitroso-oxígeno de Gwathmey.

El aparato de Cotton & Boothby fue tomado como prototipo para la fabricación de otras máquinas de anestesia, como la presentada por los doctores G. W. Crile y C.K Teter en el XVII Congreso Internacional de Medicina celebrado en Londres, en 1912. En dicha reunión estaban presentes los doctores H. Edmund G. Boyle (1875-1941) y James Tayloe Gwathmey (1862-1944).

Gwathmey, que asistía al congreso siendo el primer presidente de la Asociación Americana de Anestesiólogos, diseñó su propia máquina de anestesia basada en estos modelos, y la presentó ese mismo año en Minneapolis¹⁷². El aparato de Gwathmey fue fabricado por la compañía Foregger, de Nueva York¹⁷³.

Uno de sus modelos, el aparato de Gwathmey-Woolsey (figura 108), fue desarrollado de acuerdo a los principios de Cotton y Boothby. Estaba equipado con una cámara de éter y

¹⁷¹ COTTON, F.J., BOOTHBY, W.M. (1912) "Nitrous Oxide – Oxygen – Ether Anaesthesia: Notes On Administration; A Perfected Apparatus". *Surg Gynecol Obstet*;15:281-289.

¹⁷² COPE, D.K. (1993) "James Tayloe Gwathmey: Seeds of a Developing Specialty". *Anesth Analg*;76:642-647.

¹⁷³ (1916) New inventions. "The Gwathmey gas oxygen apparatus". *Lancet*;188(4857):607.

tanques de óxido nitroso (x2) y de oxígeno (x1), provistos con sofisticadas válvulas reductoras de presión. De esta forma, trabajaba con flujo continuo a bajas presiones y permitía la administración de óxido nitroso, oxígeno y éter, solos o en combinación a través de una llave de paso.

Disponía de un baño de agua tibia para mantener la temperatura, gracias a una lámpara de alcohol que se ajustaba a la superficie inferior y suministraba calor y humedad. Estaba equipado con las *bubble bottles* de Cotton y Boothby (controles visuales de flujo también denominados flujómetros de agua). Además, permitía la aplicación de presión positiva e insuflación traqueal, gracias a un tubo de conexión de vidrio que permitía unir el catéter endotraqueal con el tubo de goma del aparato¹⁷⁴.



Figura 108. Aparato de Gwathmey-Woolsey. Reproducido de Gwathmey JT. (1914). *Anesthesia*. Dominio público.

En la figura 109 podemos observar a Gwathmey usando su aparato de anestesia en una operación de adenoides. Obsérvese la administración de los gases anestésicos a través de una mascarilla nasal para permitir el trabajo del cirujano en la cavidad bucal.

¹⁷⁴ GWATHMEY, J.T. (1914) *Anesthesia*. New York: Appleton.



Figura 109. Aparato de Gwathmey-Woolsey en cirugía de adenoides. Fotografía de James T. Gwathmey usando su aparato de óxido nitroso-oxígeno. Reproducida de Gwathmey JT. (1914). *Anesthesia*. Dominio público.

3.5.8.- Aparato de Jackson

En 1915, el estadounidense Dennis E. Jackson (1878-1980) describió un aparato de anestesia en el que incorporó un circuito circular cerrado, a fin de reutilizar el gas exhalado y disminuir los costes de la anestesia. Para ello incorporó un absorbedor de dióxido de carbono, consistente en una solución de hidrato de sodio e hidrato de calcio por el que se hacían pasar los gases exhalados.

Este dispositivo podía trabajar con una gran cantidad de agentes anestésicos (óxido nitroso, cloruro de etilo, éter, cloroformo, bromuro de etilo, etc.) asociados o no a oxígeno.

La figura 110 es un esquema de la máquina, sobre el que iremos explicando su funcionamiento:

Un pequeño motor eléctrico (1) hacía funcionar una bomba de aire (2), que podía ser rotativa como la que se muestra, o bien un pistón. Por medio de un sistema cerrado de tuberías y recipientes, el aire podía mantenerse circulando continuamente a través del aparato sin pérdidas ni ganancias, excepto a instancias del operador: el aire que salía de la bomba pasaba a la tubería (3) si se mantenía la válvula (4) cerrada. Si se abría la válvula (4), parte o todo el aire escaparía al exterior. Cuando la válvula (4) estaba cerrada, el aire pasaba a través de la válvula (5) hacia el tubo (7) por medio de la apertura del grifo (6), alcanzando el recipiente de lavado especial (9).

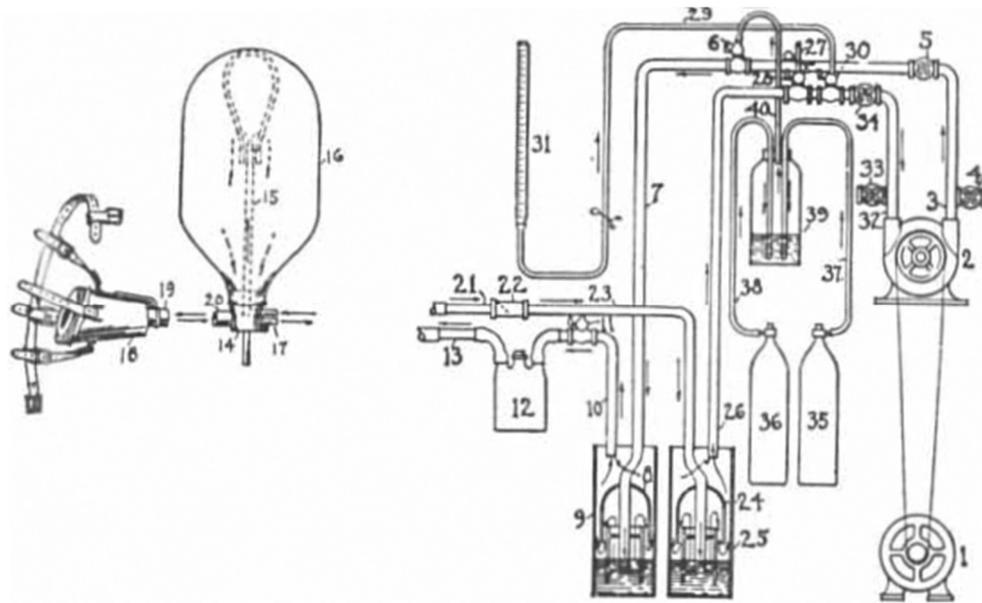


Figura 110. Esquema del circuito del aparato de Jackson (derecha) y del sistema de ventilación (izquierda). Reproducido de Jackson DE. "A New Method for the Production of General Anesthesia and Anesthesia With a Description of the Apparatus Used". *Anesth Analg.* 1971;50(2)181-9. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Este recipiente estaba cerrado herméticamente. Una manguera de goma conectaba el tubo metálico externo con el tubo de vidrio del interior del recipiente, el cual tenía forma de S y pasaba a través de una pieza de vidrio en forma de campana (8). Posteriormente, por debajo de la campana el tubo de vidrio pasaba por dentro de un cilindro de vidrio que llegaba casi hasta el fondo del recipiente. A su paso por el cilindro el tubo se sujetaba a este a través de cuatro radios de vidrio (figura 111).

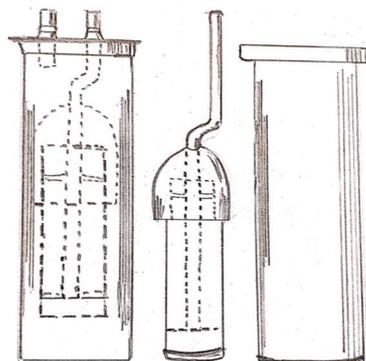


Figura 111. Ilustración a escala ampliada de los recipientes de lavado.

Este recipiente se llenaba con una solución acuosa fuerte de hidrato de sodio e hidrato de calcio, cuyo propósito era absorber el dióxido de carbono exhalado por el paciente. El paso del flujo de aire por el líquido producía burbujeo y salpicaduras. El objetivo de la campana era evitar el paso de las salpicaduras de líquido hacia arriba. A continuación, el flujo de aire salía del recipiente a través del tubo (10) regulado por otro grifo o llave (11), hacia una cámara o depósito

de vidrio de cuello abierto (12). Esta cámara podía estar vacía, o llenarse de otros fluidos con diferentes intenciones (agua para humidificar los gases, bicarbonato de sodio para purificar más el aire, drogas o gases con fines experimentales, aceites aromáticos para perfumar la mezcla gaseosa, etc). Desde el depósito (12), los gases partían hacia la tubería (13), la cual estaba conectada a una manguera de goma de antimonio que transportaba el aire a la pieza facial (18). Intercalada entre la pieza facial y la manguera se encontraba la bolsa reservorio (16).

Una vez procesado el gas en los pulmones del paciente, este regresaba a la máquina a través de la tubería (21). La pieza (22) era una válvula de retención que actuaba como dispositivo de seguridad para evitar cualquier inversión de la corriente. Desde esta válvula el aire pasaba a través de la tubería (23) hacia un segundo recipiente de lavado (25). Este era exactamente igual que el primer recipiente, pero contenía ácido sulfúrico concentrado con el objetivo de eliminar el exceso de humedad del aire, evitando la oxidación de la bomba. Además, este ácido actuaba como esterilizante, neutralizando cualquier veneno orgánico procedente del paciente.

Desde el segundo recipiente de lavado, el aire volvía a la bomba a través de la tubería (26). Sin embargo, como observamos en el esquema, a poca distancia de la bomba dos tubos estaban conectados a esta tubería. El primero de ellos, llave o grifo (28), permitía rociar sustancias volátiles como el cloruro o el bromuro de etilo, al interior de la máquina a través de un pequeño tubo de goma (27) que disponía de un clip. El otro tubo de conexión (30), situado más cerca de la bomba, permitía la inyección de sustancias menos volátiles, como el éter o el cloroformo, desde una bureta (31), lo que permitía una dosificación muy precisa.

Se aconsejaba administrar las sustancias deseadas y hacer funcionar la bomba durante un tiempo antes de conectarla al paciente.

La válvula (34), colocada en la tubería principal próxima a la entrada a la bomba, tenía la misma función que la válvula (5) en la tubería de salida, es decir, era una válvula reguladora de paso: permitía o cortaba el paso al flujo de aire. Sin embargo, la válvula (33), abierta al aire exterior al igual que la válvula (4), tenía la función contraria a esta última: si se abría la válvula (4) mientras el aparato estaba funcionando, se producía un escape de aire al exterior, disminuyendo la cantidad de aire en la bolsa respiratoria (16), reduciéndose la tensión de esta. Si por el contrario se abría la válvula (33), lo que se producía era la entrada de aire exterior al interior del circuito. De esta manera, el operador podía controlar en todo momento la cantidad de aire de la máquina.

Finalmente, a través de la tubería (32) el aire ingresaba en la bomba, volviendo a salir de esta a través de la tubería (3), completándose así el circuito circular.

Para evitar la hipoxia, ya que el oxígeno presente en el aire inicial se iba consumiendo por el paciente, era necesario inyectar oxígeno suplementario a través de un cilindro convencional (35) en el circuito de la máquina. Para ello, el oxígeno del tanque se transportaba a través de una

tubería (37) a otro recipiente de lavado (39), el cual contenía agua o una solución de bicarbonato de sodio, que no interferían con el paso del oxígeno. Desde este recipiente el oxígeno era transportado por otra tubería (40) al grifo (6), incorporándose al sistema de aire de la máquina.

El óxido nitroso se agregaba al sistema de la misma forma que el oxígeno, siendo el tanque (36) el relativo a dicho gas, y su tubería de transporte la tubería (38)¹⁷⁵.

En la figura 112 podemos apreciar una vista general del aparato de Jackson.

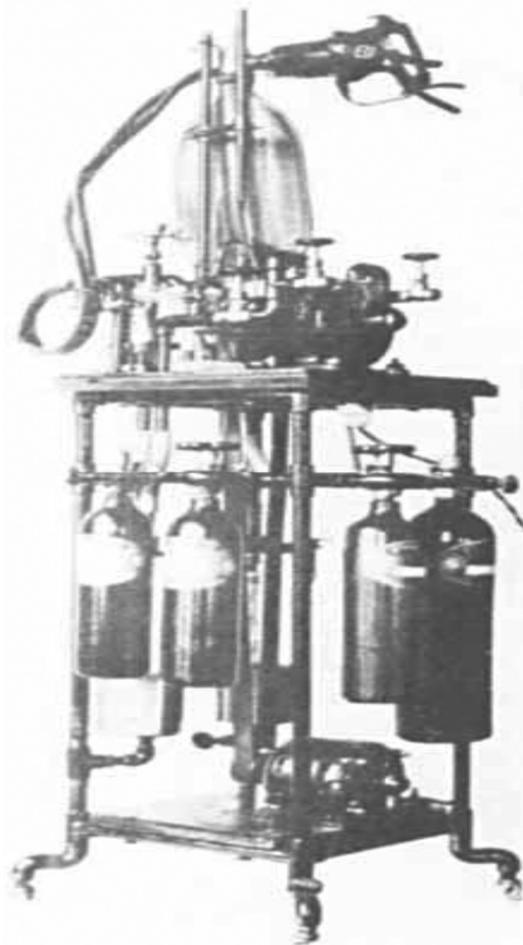


Figura 112. Aparato de Jackson (1915). Equipado con un circuito circular que incorporaba un absorbedor de dióxido de carbono. Un pequeño motor eléctrico actuaba de bomba de aire. Reproducido de Jackson DE. "A New Method for the Production of General Anesthesia and Anesthesia With a Description of the Apparatus Used". *Anesth Analg.* 1971;50(2)181-9. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

El aparato de Jackson fue pionero en la incorporación del circuito anestésico cerrado, y aunque todavía deberían pasar varias décadas para que las máquinas de anestesia lo incorporaran de forma habitual, sentó los conceptos sobre los que se basaron los futuros avances.

¹⁷⁵ JACKSON, D.E. (1971) "A New Method for the Production of General Anesthesia and Anesthesia With a Description of the Apparatus Used". *Anesth Analg*;50(2)181-189.

3.5.9.- Aparato de Boyle

El Dr. H. Edmund G. Boyle, natural de Barbados, pero cuya vida transcurrió en Inglaterra principalmente, conoció a Gwathmey durante el Congreso Internacional de Medicina de Londres en 1912. En dicho congreso, Gwathmey persuadió a Boyle para que comprara uno de sus aparatos y lo probara él mismo. Durante la Primera Guerra Mundial Boyle tuvo la oportunidad de familiarizarse con el aparato de Gwathmey en Francia, y sus experiencias con el uso de esta máquina en cirugía militar fueron publicadas en la revista *'The Lancet'*, en 1917 (figura 113)¹⁷⁶.

Boyle consideraba que los viejos métodos del trapo y la botella, aunque habían sido buenos en el pasado, habían quedado obsoletos, por lo que dedicó grandes esfuerzos para promover la anestesia con gas. En 1916, mientras trabajaba en el *London General Hospital* después de volver de la guerra, convenció a las autoridades hospitalarias para que importaran el aparato de Gwathmey de Estados Unidos¹⁷⁷.

Experiences
IN
**THE USE OF NITROUS OXIDE AND OXYGEN
WITH REBREATHING IN MILITARY
SURGERY.**
*A Paper read before the Medical Society of London on
Oct. 29th, 1917,*
**BY H. EDMUND G. BOYLE, M.R.C.S.,
L.R.C.P. LOND.,**
CAPTAIN, R.A.M.C.(T.); ANÆSTHETIST TO ST. BARTHOLOMEW'S HOSPITAL.

Figura 113. Artículo de Boyle en la revista *'The Lancet'*, 1917. Cabecera del artículo de H. Edmund Boyle sobre el uso de óxido nitroso y oxígeno con reinhalación en cirugía militar. Reproducido de Boyle HEG. "Experiences in the use of nitrous oxide and oxygen with rebreathing in military surgery". *Lancet*. 1917;2:667-9. Copyright 2020. Reproducido con permiso de Elsevier.

Con el manejo de la máquina en su centro de trabajo, Boyle descubrió que el uso prolongado del dispositivo se asociaba a la aparición de fugas, las cuales eran debidas principalmente a incompatibilidades con las conexiones de los cilindros americanos¹⁷⁸. Esto llevó

¹⁷⁶ BOYLE, H.E.G. (1917) "Experiences in the use of nitrous oxide and oxygen with rebreathing in military surgery". *Lancet*;2:667-669.

¹⁷⁷ HADFIELD, C.F. (1950) "H. EDMUND G. BOYLE. Eminent Anaesthetists". *Br J Anaesth*;22:107-117.

¹⁷⁸ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (1999) "The Coxeter Boyle Gas Anaesthesia Apparatus". *Anaesth Intensive Care*;27(2):129.

a Boyle a desarrollar una nueva máquina de anestesia a partir del modelo básico de Gwathmey, en 1917. Dicha máquina fue presentada en 1918 en *la Royal Society of Medicine* de Londres¹⁷⁹, y posteriormente publicada en la revista *'The Lancet'* en 1919.

El diseño original (figura 114) estaba integrado por los siguientes elementos: una estructura de madera en forma de caja, que actuaba como armazón, con dos barras transversales de las que colgaban los cilindros de gas comprimido (variaban en número en función del tamaño de la máquina), un vaporizador de éter, y un caudalímetro de agua (botella de burbujas del aparato de Cotton y Boothby). Además, la máquina disponía de un manómetro para medir la presión de los cilindros, contaba con válvulas reductoras de presión de ajuste fino, y una lámpara de alcohol (una especie de mechero que se usaba para evitar la congelación del óxido nítrico y la consiguiente obstrucción del cilindro).

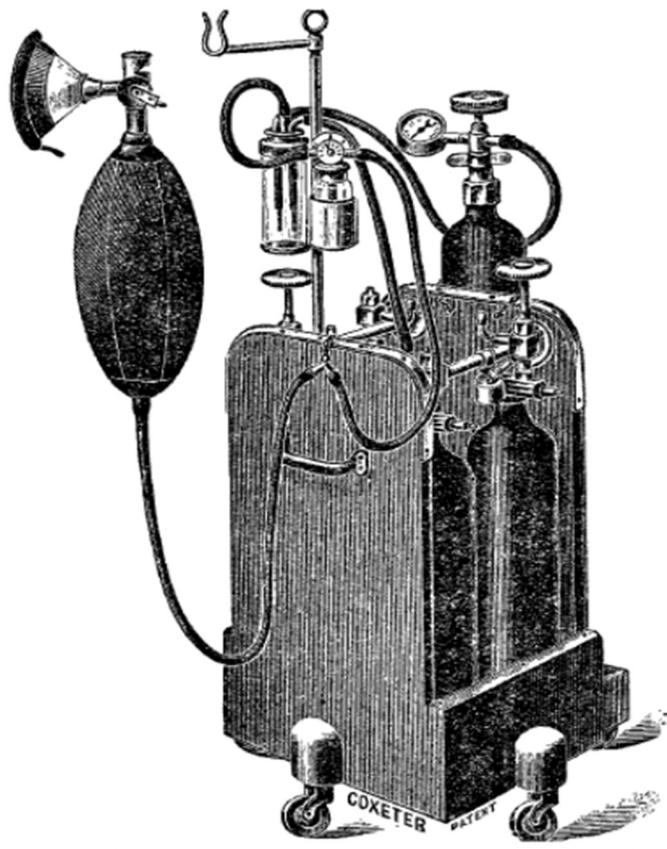


Figura 114. Aparato de Boyle, Diseño original de 1917-1918. Reproducido de Boyle HEG. "New Inventions: Nitrous oxide-oxygen-ether outfit". *Lancet*; 1919;193(4980): 226. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

De este primer modelo existían tres tamaños: el grande, diseñado para trabajar en el extranjero, estaba equipado con cuatro cilindros de 200 galones, dos de 500 galones y otro de 40

¹⁷⁹ GURUDATT, C.L. (2013) "The basic anaesthesia machine". *Indian J Anaesth*;57(5):438-445.

pies de capacidad para el oxígeno; el tamaño mediano, diseñado para trabajar en hospitales, disponía de cuatro cilindros de óxido nitroso de 200 galones, y un cilindro de oxígeno de 40 pies; y el tamaño pequeño, diseñado para la práctica privada, estaba equipado con cuatro cilindros de 100 galones, dos para el óxido nitroso y dos para el oxígeno¹⁸⁰.

La máquina de Boyle fue adoptada desde el punto de vista de diseño por los fabricantes estadounidenses. Boyle dispuso la ubicación de los medidores de flujo a la izquierda, y la salida de gases a la derecha del aparato, para el uso conveniente de este en su lado izquierdo, ya que era zurdo. Esta configuración ha perdurado hasta nuestros días debido a que los diseños dominantes son los referentes a la *Commonwealth* y los Estados Unidos de América. La dominancia izquierda de Boyle se cita anecdóticamente como la razón por la cual la mayoría de las máquinas de anestesia se han conformado a una estructura asimétrica¹⁸¹.

La evolución del aparato de Boyle hasta 1967 (figuras 115-119) fue tratada ampliamente por O.M. Watt en un artículo en la revista '*Anaesthesia*' en 1968. Durante ese periodo, el aparato de Boyle fue integrando diversos avances tecnológicos con el objetivo de aumentar las prestaciones y mejorar la seguridad del diseño original. Las modificaciones del diseño más destacadas se encuentran resumidas seguidamente¹⁸²:

1920	Adición de un vaporizador de Cloroformo
1921-1924	Incorporación del sistema de absorción de dióxido de carbono de Waters
1926	Introducción de controles de Bypass para regular la cantidad de éter o cloroformo
1927	Adición de un medidor de flujo para el dióxido de carbono
1930	Introducción de un dispositivo de émbolo en el vaporizador
1931-1933	Sustitución de los flujómetros de agua por flujómetros secos
1937	Sustitución de los flujómetros secos por rotámetros.
1941	Incorporación del circuito circular absorbedor "Coxeter-Mushin Mark I" en el modelo EMS de Boyle.
1952	Introducción de clavijas no intercambiables en las conexiones de gas.
1958	Incorporación del sello de Bodok en las conexiones de gas.

El aparato de anestesia de Boyle fue fabricado en un principio por la compañía *Coxeter and Sons*, y adquirido posteriormente por la *British Oxygen Company*.

¹⁸⁰ BOYLE, H.E.G. (1919) "New Inventions: Nitrous oxide-oxygen-ether outfit". *Lancet*;193(4980):226.

¹⁸¹ GUY, B. (2010) *The Anaesthesia Machine: Questioning a Design Evolution*. Tesis doctoral. Victoria University of Wellington.

¹⁸² WATT, O.M. (1968) "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*;23(1):103-118.

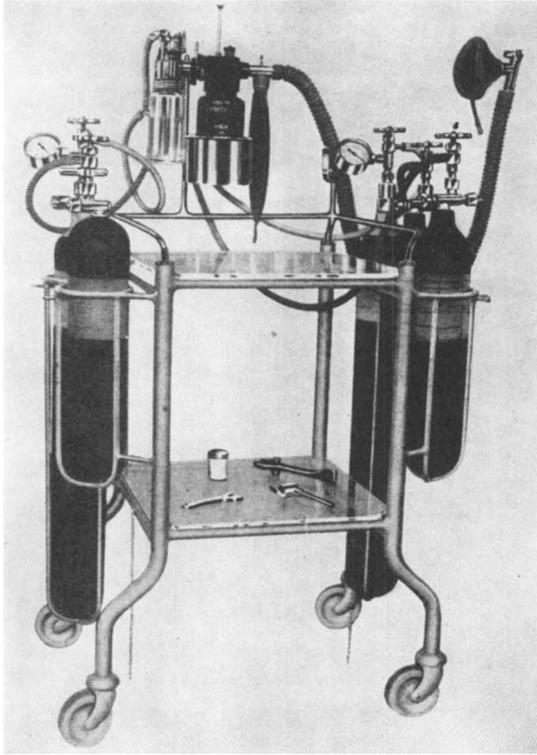


Figura 115. Aparato de Boyle de 1930. Estructura de soporte metálica. Reproducida de Watt OM. "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*. 1968;23(1):106. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.

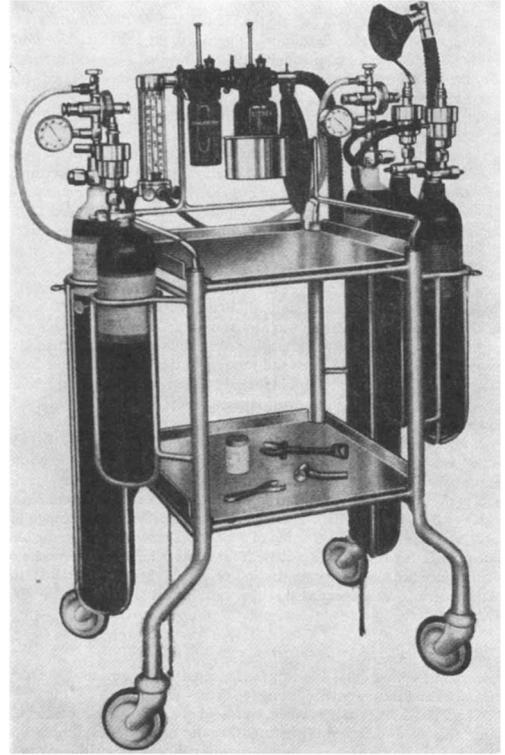


Figura 116. Aparato de Boyle de 1933. Obsérvese el flujómetro seco. Reproducida de Watt OM. "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*. 1968;23(1):108. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.

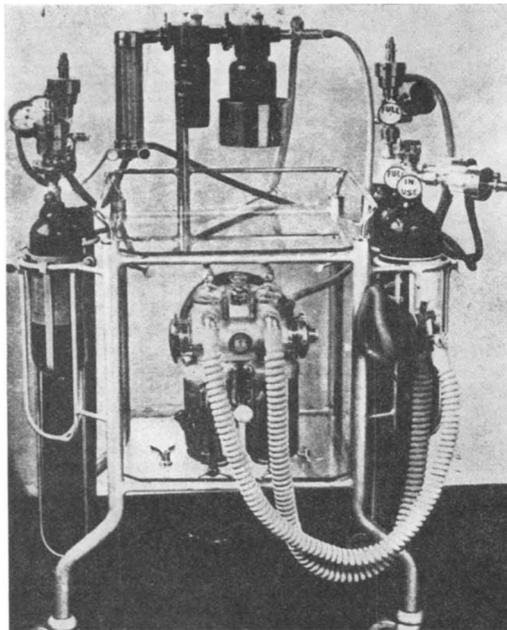


Figura 117. Aparato de Boyle de 1941. Obsérvese el circuito circular absorbedor "Coxeter-Mushin-Mark I". Reproducida de Watt OM. "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*. 1968;23(1):110. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.

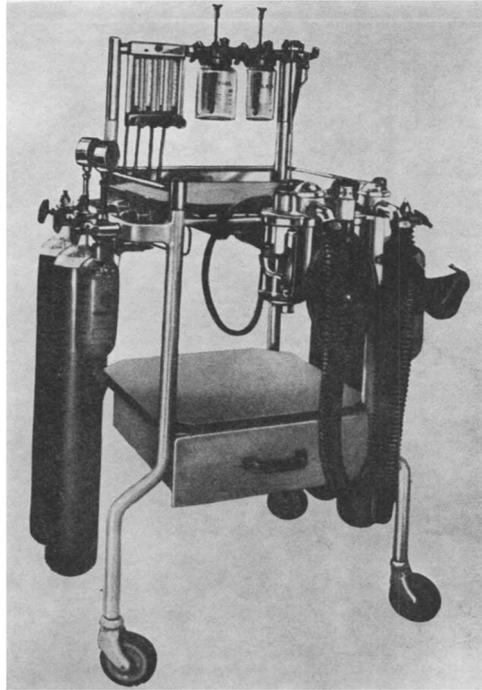


Figura 118. Aparato de Boyle de 1958. Obsérvese la sustitución del flujómetro seco por el rotámetro. Los cilindros están fijos en el marco metálico. Reproducida de Watt OM. "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*. 1968;23(1):115. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.

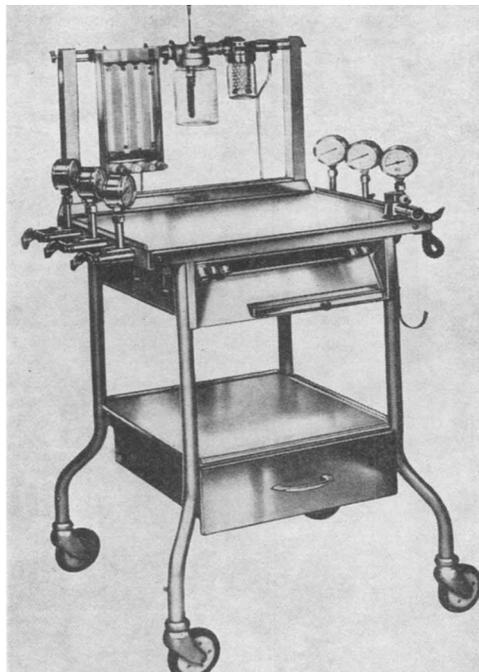


Figura 119. Aparato de Boyle de 1965. Obsérvese la incorporación del vaporizador para halotano. Reproducida de Watt OM. "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*. 1968; 23(1):116. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.

3.5.10.- Aparato de Marshall

Al comienzo de la Primera Guerra Mundial, el cloroformo y el éter eran los dos anestésicos más usados en la práctica civil, y estaban disponibles para su uso militar. Mientras, la anestesia con óxido nitroso se encontraba en plena evolución en Estados Unidos de la mano de importantes figuras como Cotton, Boothby o Gwathmey.

En el Reino Unido, Geoffrey Marshall (1887-1982), comenzó a incorporar estas ideas en sus trabajos sobre la fisiología de la anestesia. Marshall, que había sido miembro del departamento de fisiología del *Guy's Hospital*, se incorporó al ejército inglés como oficial médico de barcaza de ambulancia en 1914. El general a su mando, Sir Anthony Bowlby, le pidió que, en relación a sus conocimientos sobre fisiología de la anestesia, se convirtiera en anestesista para ver si podía disminuir el número de muertes por shock.

Marshall comprobó que la mayoría de las intervenciones que se realizaban en un hospital de campaña eran urgentes, y debían realizarse pocas horas después de la lesión, mientras los pacientes todavía estaban en situación de shock hemorrágico. Además, estos pacientes habían tenido que ser trasladados algunos kilómetros desde la línea de batalla, por diferentes caminos y medios, y en muchos casos habían estado expuestos al frío y la humedad. Por todo ello, la elección correcta de la anestesia a aplicar era de especial importancia, ya que un error ponía en juego la vida del paciente, por lo que era necesario que su administración quedase en manos de un especialista en dicha materia¹⁸³.

En febrero de 1917, en una reunión de la Sección de Anestesia de la *Royal Society of Medicine*, Marshall presentó las conclusiones que había extraído del manejo anestésico de estos pacientes. Reveló que la anestesia espinal podía provocar hipotensión grave hasta 40 horas después de la anestesia. También resultaba igual de peligrosa la administración intravenosa de alcohol y éter al 6%, así como la inhalación de cloroformo y éter. Sin embargo, la administración de éter protegía al paciente durante la intervención (hoy se sabe que era debido a su efecto simpaticomimético sobre el gasto cardíaco).

Durante esta reunión, Marshall tuvo un encuentro con Gwathmey, e intercambiaron puntos de vista. A partir de entonces centró sus esfuerzos en desarrollar la técnica combinada de óxido nitroso, oxígeno y éter. De vuelta a Francia, improvisó una máquina de anestesia, y descubrió que los pacientes conmocionados sobrevivían más y tenían una recuperación más rápida con dicha combinación que con cualquier otro agente o combinación de agentes.

Estos resultados estimularon a Marshall a presentar su diseño a la compañía Coxeter de regreso a Londres. La compañía Coxeter aprobó fabricar la máquina, que pasó a convertirse en la

¹⁸³ RESTALL, J. (1997) "The history of military anaesthesia". *Curr Anaesth Crit Care*;8:290-294.

máquina de anestesia estándar del *Royal Army Medical Corps* en la etapa final de la Primera Guerra Mundial. Sin embargo, Marshall no publicó su invento, y Boyle, que había asistido a la presentación de la máquina de Marshall, realizó unas ligeras modificaciones de la misma y la presentó como el aparato de Boyle, por lo que se adelantó en su éxito a Marshall¹⁸⁴.

El aparato de Marshall (figura 120), carecía de válvulas reductoras de presión. El gas procedente de cada uno de los cilindros era transportado hasta la botella de burbujas, de 300 ml aproximadamente, por la que pasaban los dos tubos de gas por separado (óxido nítrico y oxígeno). Estos tubos de burbujeo eran curvos para permitir una fácil observación de las burbujas, y cada uno de ellos tenía seis agujeros. A continuación, los gases mezclados eran transportados por un tubo de goma a la botella de éter.

En la parte superior de la botella de éter había una llave de control de paso (figura 121), que tenía dos posiciones: «on» y «off». En función de la posición, la mezcla de gases pasaba a través de la botella de éter, o bien continuaba su recorrido sin mezclarse con el éter.

Posteriormente, un tubo de mayor diámetro transportaba la mezcla gaseosa al paciente a través de la llave *Stopcock* de Hewitt con bolsa de reinhalación¹⁸⁵.

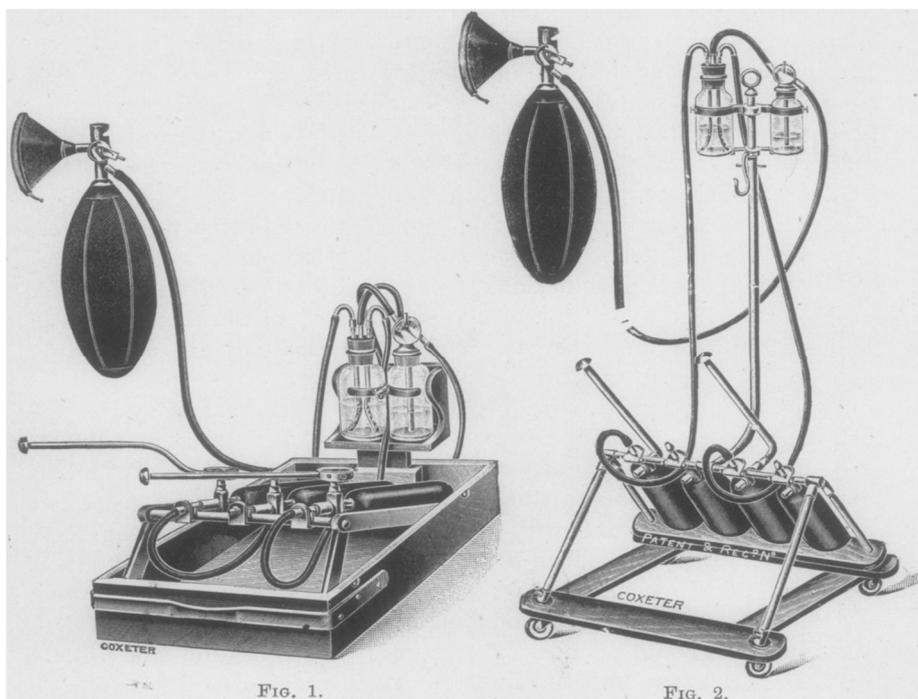


Figura 120. Aparato de Marshall. Izquierda (Fig.1): primer aparato (set portátil); derecha: segundo aparato (conjunto combinado). Reproducido de: Marshall G. (1920). “Two Types of Portable Gas-Oxygen Apparatus”. *Proc R Soc Med*; 13(Sect Anaesth):16-19. Dominio público.

¹⁸⁴ METCALFE, N.H. (2011) “Sir Geoffrey Marshall (1887–1982): respiratory physician, catalyst for anaesthesia development, doctor to both Prime Minister and King, and World War I Barge Commander. *J Med Biogr*;19:10-14.

¹⁸⁵ MARSHALL, G. (1920) “Two Types of Portable Gas-Oxygen Apparatus”. *Proc R Soc Med*;13(Sect Anaesth):16-19.

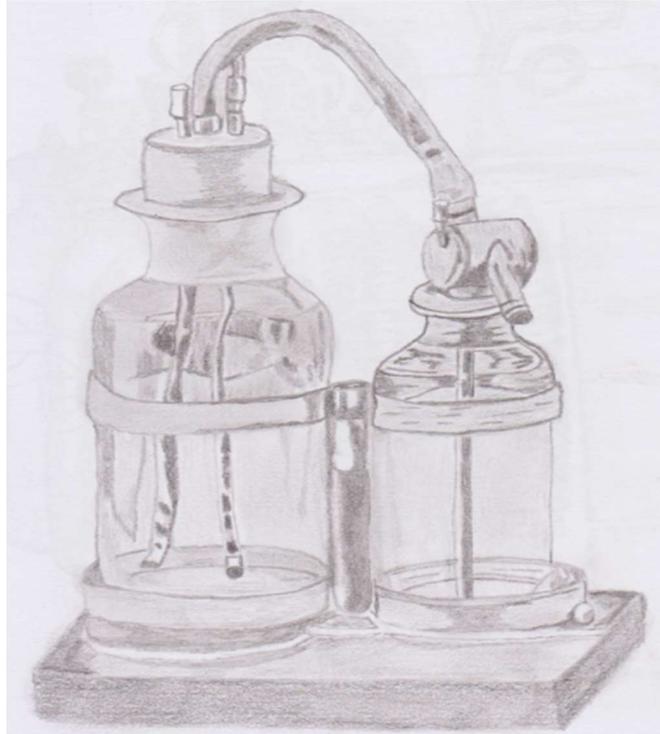


Figura 121. Aparato de óxido nitroso-oxígeno-éter de Marshall. *Bubble Bottle* y botella de éter. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso. Obsérvese los tubos curvados en el interior de la botella de burbujas, y la llave de paso en la parte superior de la botella de éter.

Finalmente, Marshall presentó públicamente su aparato en 1920, en la reunión de la Sección de Anestesia de la *Royal Society of Medicine*, tres años después que Boyle. Este retraso en su presentación explica en gran medida la menor influencia que tuvo con respecto a Boyle.

3.5.11.- Aparato de circuito circular cerrado de Sword

En 1924 Ralph Waters (1883-1979) introdujo los gránulos de cal sodada para la absorción de dióxido de carbono durante la anestesia por inhalación. Ello representaba una ventaja en cuanto economía y bienestar para el paciente, ya que con la reinhalación disminuían los requerimientos de anestésicos, y se mantenía la humedad y el calor corporal de los gases exhalados¹⁸⁶.

Basándose en el circuito circular introducido por Jackson en 1915, Brian C. Sword (1889-1956) diseñó, en 1930, una máquina de anestesia en la que integró el primer circuito circular cerrado con absorción de dióxido de carbono a través de los gránulos de Waters, compuestos por un 50% de óxido de calcio y un 50% de hidróxido de sodio. Estos gránulos contenidos en *cannisters*¹⁸⁷ actuaban además como agente deshidratante de los gases espirados.

¹⁸⁶ WATERS, R.M. (1924) "Clinical scope and utility of carbon dioxide filtration anesthesia". *Anesth Analg*;3:20-22.

¹⁸⁷ "*Cannister*" o canister, es un recipiente colector.

El aparato de Sword, construido con la colaboración de Richard V. Foregger (1872-1960), presentaba un sistema circular con dos tubos, inspiratorio y espiratorio, provistos con válvulas unidireccionales para que la corriente de gas circulara en un solo sentido. Estos tubos estaban conectados por un extremo a una pieza en “Y”, para que se pudiera aplicar la máscara facial, y por el otro al «canister», a través de válvulas de aleteo, una para la inspiración y otra para la espiración (figura 122).

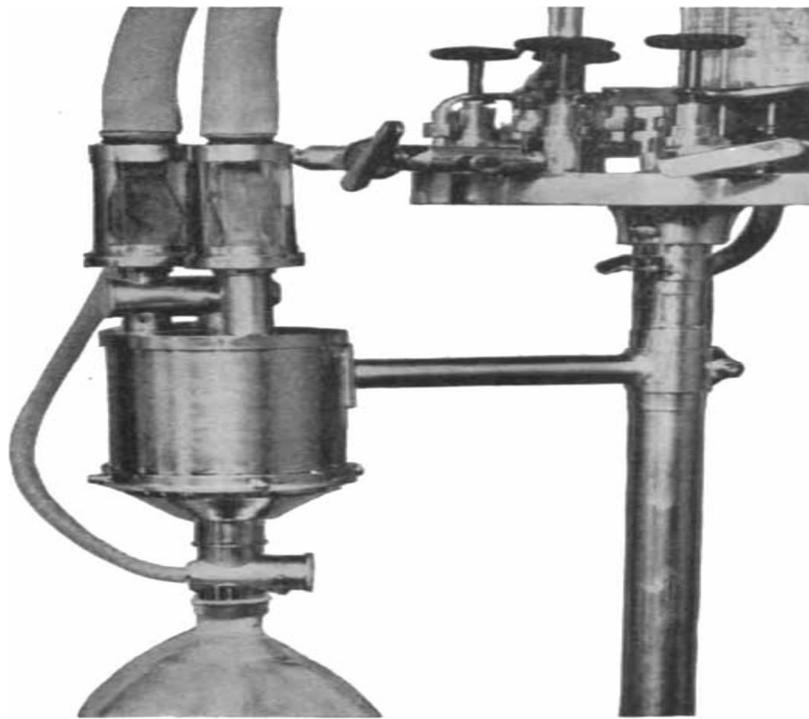


Figura 122. Circuito circular del aparato de Sword. Fotografía Reproducida de Sword BC. “The Closed Circle Method of Administration of Gas Anesthesia”. *Anesth Analg.* 1930;9(5):198-202. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

En la parte inferior del recipiente se colocaba la bolsa de reinhalación, de 10 pulgadas y media, que en esta posición actuaba como un ecualizador de las condiciones de presión. Sword señaló que los mejores resultados para la anestesia en circuito cerrado tenían lugar con presiones de 10 mmHg, que en la bolsa de 10 pulgadas y media se relacionaba con una capacidad de 7 litros de volumen de aire.

Por la disposición del circuito, el flujo inspiratorio era directo desde la bolsa, mientras que el flujo espiratorio se hacía pasar a través del recipiente de cal sodada. No obstante, en la parte superior del recipiente o «canister», la válvula espiratoria podía colocarse de tal manera que el gas exhalado pasase directamente a la bolsa de reinhalación. Esto era importante porque en ocasiones era necesario agregar dióxido de carbono a la bolsa de reinhalación en determinados casos de depresión respiratoria.

En la figura 123 podemos observar una vista general del aparato de Sword. Las ventajas de este aparato eran la facilidad y rapidez de inducción, la flexibilidad, la simplicidad, el aspecto económico, la facilidad para cambiar de un anestésico a otro, su utilidad para la analgesia obstétrica, y un mayor grado de relajación durante la cirugía.

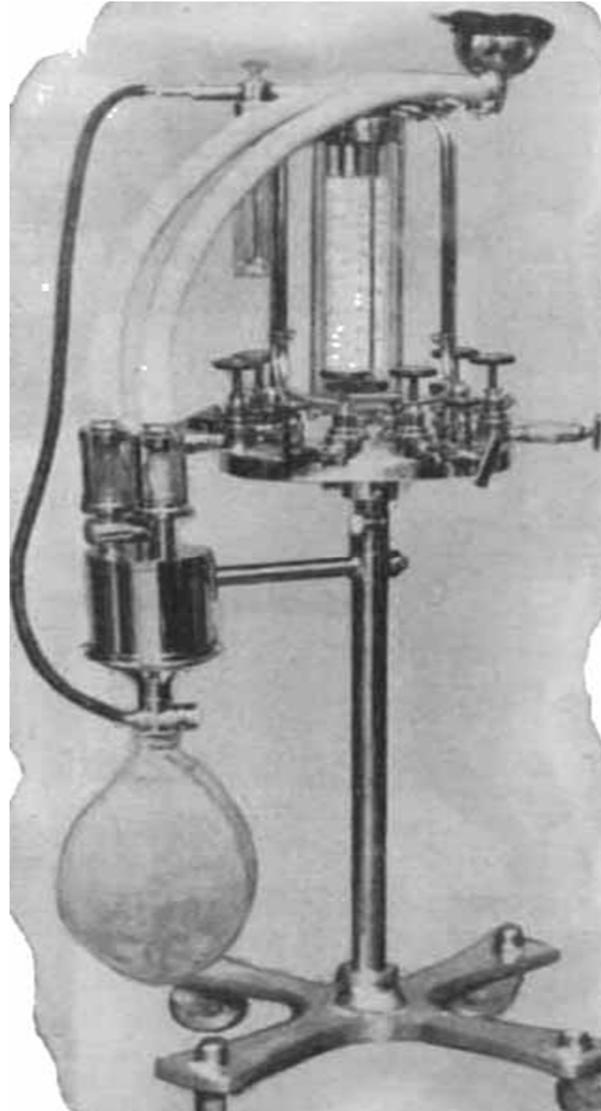


Figura 123. Aparato de Sword. Fotografía reproducida de Sword BC. "The Closed Circle Method of Administration of Gas Anesthesia". *Anesth Analg.* 1930;9(5):198-202. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Como desventajas presentaba los peligros propios de una reinhalación prolongada y la incapacidad para cambiar la cal sodada durante la intervención¹⁸⁸.

¹⁸⁸ SWORD, B.C. (1930) "The Closed Circle Method of Administration of Gas Anesthesia". *Anesth Analg.*;9(5):198-202.

3.5.12.- Década de 1930: de las máquinas de gas al nacimiento de las estaciones de trabajo de anestesia “Workstation”. Avances en los medidores de flujo.

Como se ha señalado anteriormente, el aparato de Boyle fue adoptado desde el punto de vista de diseño por los fabricantes de máquinas de anestesia, y este diseño ha perdurado hasta nuestros días.

La adición de la mesa a la colección de botellas, tubos, vaporizadores y caudalímetros significó el cambio entre el aparato colectivo y la estación de trabajo: a principios de la década de 1930, el Dr. Nissen Deacon (1892-1959), superintendente médico del *Edgware General Hospital* (Reino Unido), diseñó una estructura para el aparato de Boyle que integraba los inhaladores, las máscaras y los agentes necesarios con los aparatos para administrar la anestesia (figura 115). Esta modificación aparentemente obvia fue adoptada por cada fabricante desde entonces. Las implicaciones de este cambio de diseño consistieron en la adición de los controles, tanto visuales como funcionales, en la estructura tipo mueble, que quedó como un precedente para el diseño¹⁸⁹.

La influencia de este modelo de diseño puede apreciarse en Karl Connell (1878-1941), instructor de Cirugía en la Universidad de Columbia. Connell había diseñado máquinas de anestesia para la administración de óxido nitroso, oxígeno y éter desde 1912, y en la década de 1930, sus dispositivos se incorporaron a la nueva configuración de sobremesa de Boyle, tal y como puede observarse en la figura 124.



Figura 124. Izquierda: aparato de óxido nitroso-oxígeno de Connell, modelo “Brass War SP” (1917). Reproducido de Bause GS. “Connell Gas-Oxygen Apparatus, Brass Model War SP”. *Anesthesiology*.2009;110(5):1015. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc. Derecha: Dibujo de la máquina de Connell de 1936-1937. Autora: Claudia Bustos. Reproducido con permiso.

¹⁸⁹ GUY, B. (2010) *The Anaesthesia Machine: Questioning a Design Evolution*. Tesis doctoral. Victoria University of Wellington.

El modelo de 1917 tenía una configuración parecida al aparato de Heidbrink, y fue comúnmente empleado por las fuerzas aliadas durante la Primera Guerra Mundial para administrar mezclas de óxido nitroso, oxígeno y éter. Disponía de un flujómetro tipo rotativo. Posteriormente Connell introdujo un medidor de flujo de tipo pistón en modelo más avanzado, el *Anaesthetometer*.

Sin embargo, como se puede apreciar en la figura 125, el modelo de 1936 presentaba la configuración de sobremesa de Boyle. Dicho modelo estaba equipado con un sistema circular cerrado, con válvulas inspiratorias y espiratorias unidireccionales, visibles bajo cúpulas de vidrio; un sistema absorbedor de dióxido de carbono y un espirómetro¹⁹⁰.



Figura 125. Cúpulas de vidrio cubriendo las válvulas inspiratoria y espiratoria en la máquina de Connell. El armazón y los cajones eran de acero inoxidable. Fotografía reproducida de Foster CA. "The Connell anaesthetic apparatus". *Anaesthesia*. 1976;31:440. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Por otra parte, durante la década de 1930 se produjeron avances en los medidores de flujo de gas. Ya habíamos visto el desarrollo de la botella de burbujas y del rotámetro a principios del siglo XX, pero la introducción de nuevos anestésicos, como el etileno, hacía necesario mejorar los métodos de medición de gases.

¹⁹⁰ GUY, B. (2010) *The Anaesthesia Machine: Questioning a Design Evolution*. Tesis doctoral. Victoria University of Wellington; KOVAC, A.L., HULSTON, N., HOLMES, G., HOLMES, F. (2011) "Scottish American Leadership of World War I Base Hospital #28 From Kansas City". En: McKENZIE, A. Ed. *The History of Anaesthesia Society Proceedings. Proceedings of the Summer Scientific Meeting held jointly with Lad o Pairs at The Royal College of Surgeons of Edinburgh*. Edinburgh: Prostrakan Group. p.158.

En 1925 Foregger inventó los denominados *wáter depression flowmeter*, medidores de flujo de depresión de agua, también conocidos como manómetros de agua de Foregger (figura 126). Estos medidores de flujo fueron incorporados a la máquina de Gwathmey en 1926.

El flujómetro de Foregger estaba formado por un tubo con una sección metálica superior y una sección de vidrio inferior. Entre ambas secciones se intercalaba una válvula de tornillo, de manera que cuando el gas pasaba a través de la válvula hacia el orificio de salida de ventilación (ubicado en la sección metálica), la rotación del tornillo creaba una fuerza de cizallamiento que empujaba hacia abajo el agua alojada en el tubo de vidrio. Este tubo de vidrio presentaba una escala calibrada. El paso del gas deprimía el nivel del agua del tubo calibrado en proporción al flujo de gas, lo que permitía su medición.

Foregger presentó estos medidores de flujo en el VI Congreso Anual de Anestesiólogos, en 1927, y los incorporó a las máquinas de anestesia de su compañía durante la década de 1930, que pasaron a denominarse *Metric Machines*¹⁹¹.

En la figura 127 podemos apreciar estos flujómetros en el interior de un tanque en la *Australian Foregger Midget Machine*, una máquina de anestesia de pequeño tamaño para facilitar su portabilidad¹⁹².



Figura 126. Fotografía del tanque flujómetro de la máquina *Australian Foregger Midget*. Contenia tres flujómetros con cuatro escalas. Reproducida de Ball C. “The Foregger Midget. A Machine that Traveled”. *Anesthesiology*. 2013;119:1023-30. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

¹⁹¹ BALL, C. (1999) “The Water Depression Flowmeter”. *Anaesth Intensive Care*;27(3):237.

¹⁹² BALL, C. (2013) “The Foregger Midget. A Machine that Traveled”. *Anesthesiology*;119:1023-1030.



Figura 127. *Australian Foregger Midget Machine*. Imagen reproducida de Ball C. "The Foregger Midget. A Machine that Traveled". *Anesthesiology*. 2013;119:1023-30. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

En 1933 Heidbrink introdujo una variante del rotámetro, el medidor de flujo de tubo cónico (figura 128). En el interior del tubo insertó un disco unido a un vástago, de manera que, con el flujo de gas, el disco se elevaba en el tubo y la punta del vástago indicaba su magnitud en una escala calibrada.

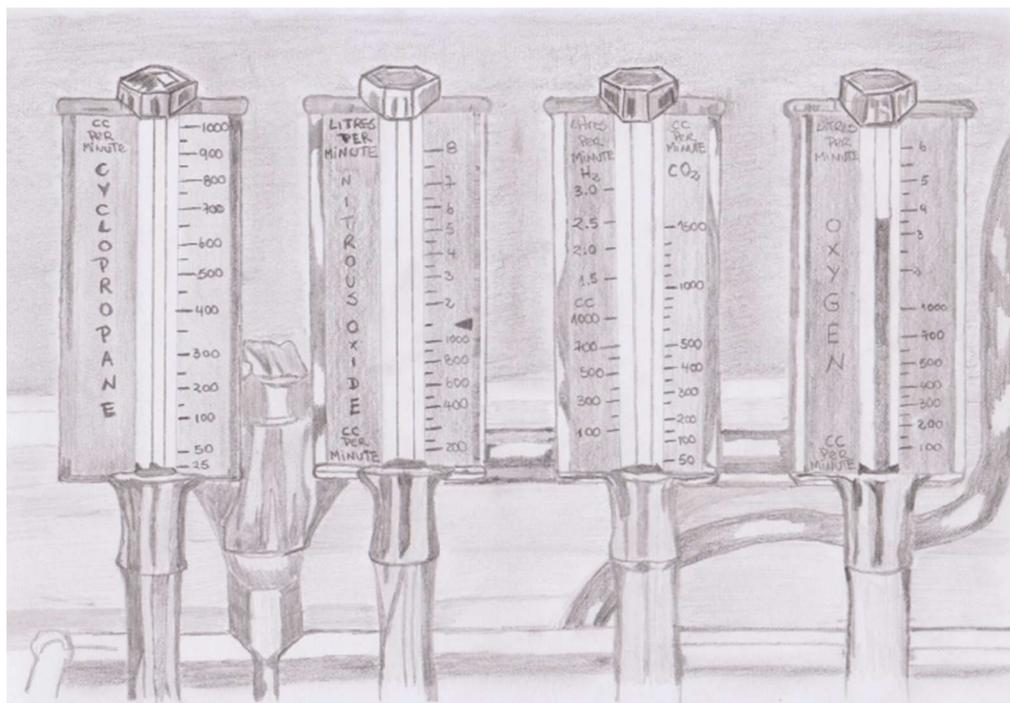


Figura 128. Medidor de flujo cónico de Heidbrink. Autora: Claudia Bustos. Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso.

Ese mismo año, la compañía Coxeter introdujo en el aparato de Boyle el medidor de flujo de bobina Coxeter (figura 129), consistente en una bobina en forma de H alojada en el interior de un tubo de vidrio de diámetro uniforme, que presentaba 24 pequeños orificios en la pared. A medida que el flujo se elevaba, la bobina ascendía por las paredes del tubo impulsada por el gas, que a su vez iba saliendo por los referidos orificios. El principal problema de este medidor de flujo era su inexactitud por la fricción o por la suciedad que se acumulaba entre la bobina y la pared¹⁹³.

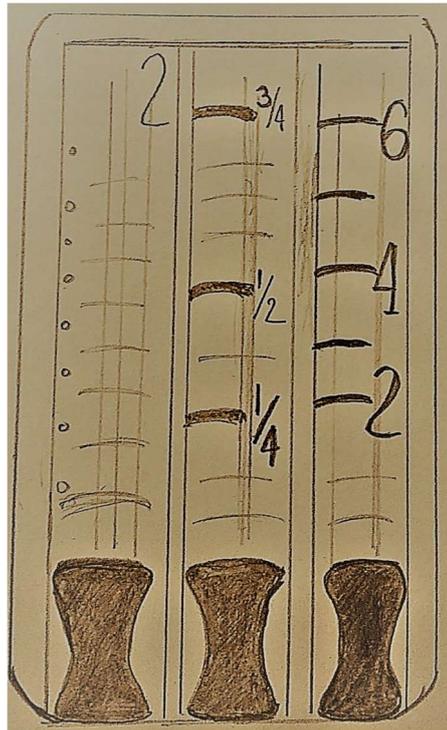


Figura 129. Dibujo del medidor de flujo de bobina Coxeter. Realizado por el autor de la Tesis.

Finalmente, en 1934 Connel patentó un medidor de flujo basado en la elevación de dos bolas rodantes con el flujo de gas, en el interior de un tubo de vidrio de seis pulgadas. El medidor de flujo de Connel (figura 130) se caracterizaba por la posición inclinada del tubo de vidrio, que precisaba calibración, y por estar diseñado para diferentes gases anestésicos. El tubo se encontraba graduado métricamente, siendo el punto en el que estaban en contacto las dos bolas el que marcaba el flujo¹⁹⁴.

¹⁹³ DORSCH, J.A., DORSCH, S.E. (2014) "Anaesthesia Machines and Breathing Systems: An Evolutionary Success Story". En: EGER-II, E.I, SAIDMAN, L.J., WESTHORPE, R.N. Eds. *The Wondrous Story of Anaesthesia*. Nueva York: Springer. p.703-714.

¹⁹⁴ CONNELL, K. (1934) "Flow gauge". Patente número 1,965,333. Julio de 1934.

July 3, 1934.

K. CONNELL
FLOW GAUGE

1,965,333

Filed May 1, 1930

3 Sheets-Sheet 1

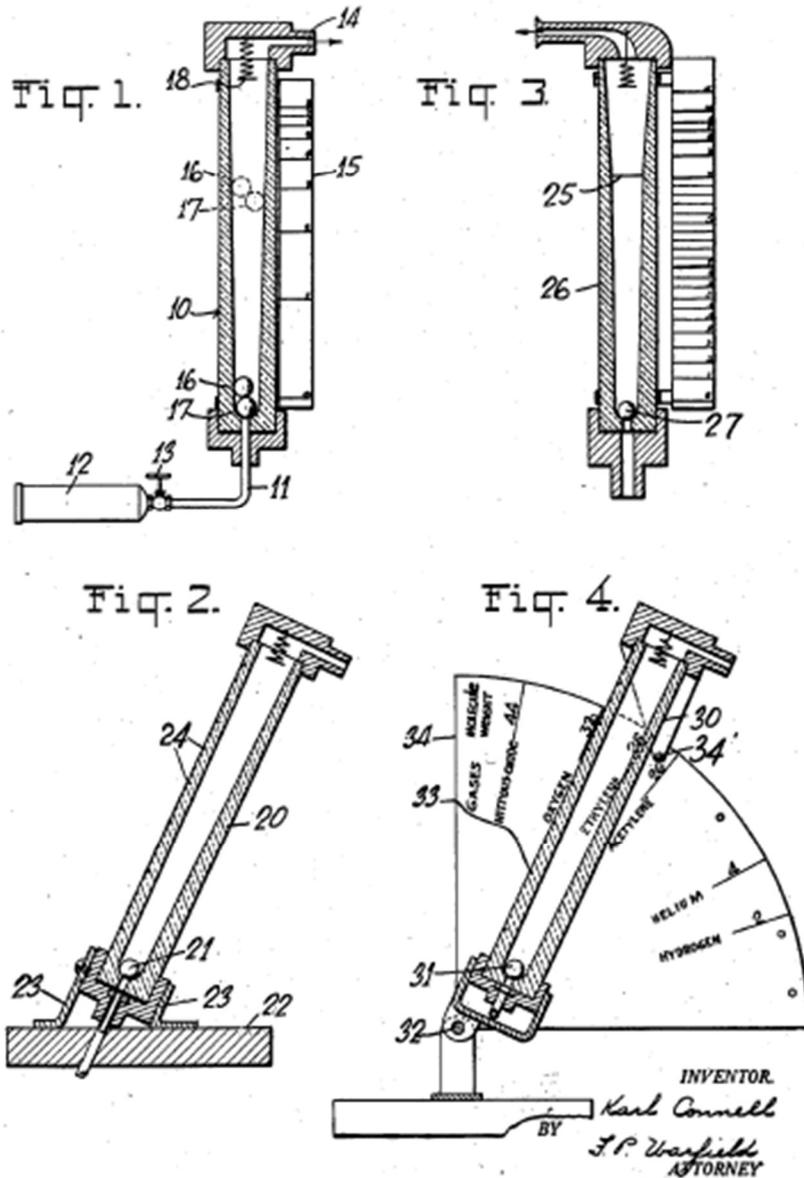


Figura 130. Patente del 3 de julio de 1934 otorgada a K. Connell para su medidor de flujo. Dominio público.

Además de la aparición de las primeras estaciones de trabajo y de los avances en los medidores de flujo, durante la década de 1930 también aparecieron las primeras máquinas de anestesia que incorporaron un ventilador entre sus componentes. La confluencia de ambas tecnologías en un mismo dispositivo es una de las principales líneas de investigación de esta Tesis, y por ello el siguiente apartado se dedicará al estudio de este proceso.

3.6.- INTRODUCCIÓN DE LA VENTILACIÓN ARTIFICIAL

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, el desarrollo alcanzado en el campo de la ventilación mecánica y de los materiales relacionados con la vía aérea no pasaron desapercibidos para la Anestesiología, que fue considerando la utilidad de introducir estas herramientas de Reanimación a nivel intraoperatorio.

En el siguiente bloque vamos a describir la historia de la respiración artificial hasta su integración en las máquinas de anestesia.

3.6.1.- Orígenes y desarrollo de la Ventilación Mecánica

Las primeras teorías de la respiración aparecen documentadas en textos de diferentes civilizaciones antiguas como la egipcia, la india, la hebrea o la griega. El médico egipcio consideraba como centro vital la respiración, el aliento, el acto supremo por el que se percibe la vida. En el papiro de Ebers se encuentra una de las leyendas del antiguo Egipto, en la que se relata que Isis resucitó a Osiris con el aliento de la vida¹⁹⁵.

En la misma línea, en el Libro de los Reyes del Antiguo Testamento se describe lo que algunos autores han señalado como una maniobra de resucitación mediante la respiración boca a boca (figura 131), a través de la cual el profeta Eliseo resucitó a un niño que había muerto:

«... Eliseo cerró la puerta y oró a Jehová, y “después subió, y echóse sobre el niño, poniendo su boca sobre la boca de él, y sus ojos sobre sus ojos, y sus manos sobre las manos suyas; así se tendió sobre él, y calentóse la carne del joven” y “volviéndose luego, paseóse por la casa a una parte y a otra, y después subió, y tendióse sobre él; y el joven estornudó siete veces y abrió sus ojos”. “Entonces llamó él a Giezi, y dijole: llama a esta Sunamita. Y él la llamó. Y entrando ella, él le dijo: Toma tu hijo...”»¹⁹⁶.

En la Antigüedad Clásica podemos destacar dos figuras: Hipócrates de Cos (460 a.C-370 a.C) y Galeno de Pérgamo (130-210). Hipócrates describió en su Tratado del aire la función de la respiración, así como el primer intento documentado sobre la canulación orotraqueal:

«... Se debe introducir una cánula dentro de la tráquea a lo largo de la mandíbula, entonces el aire debe ser guiado hacia los pulmones ...»¹⁹⁷.

¹⁹⁵ RICO, F.G., BOTELLA, M., VARGAS, L. (2001) “Medicina y Teorías de la enfermedad en el Viejo Mundo. La antigüedad remota”. *Rev Inst Nac Enf Resp*;14(1):178-195.

¹⁹⁶ ROLANDO-NERI, J.Z. (2013) “Historia de la ventilación mecánica”. En: CRUZ, F., FAJARDO, G., NAVARRO, F.P., CARILLO, R. Eds. *Ventilación Mecánica*. México: Alfil. p.1-9.

¹⁹⁷ *Ibidem*



Figura 131. Representación del profeta Eliseo resucitando a un niño muerto. Pintura del inglés Frederic Leighton (1830-1896) titulada “Elisha Raising the son of the Shunamite”, ubicada en el *Leighton House Museum* de Londres, y disponible en el enlace: <https://artuk.org/discover/artworks/elisha-raising-the-son-of-the-shunamite-180202#>. Créditos de la fotografía: The Royal Borough of Kensington and Chelsea Cultura Service, Leighton House Museum. Permitida su reproducción para uso no comercial.

Galeno, por su parte, identificó el flujo sanguíneo del adulto y defendió que la respiración era necesaria para mantener la circulación, señalando que la función del pulmón era entregar la energía vital para que el corazón latiera¹⁹⁸.

Durante el Renacimiento se produjo un desarrollo cultural y científico sin precedentes. En el ámbito de la respiración artificial Paracelso intentó reanimar en 1530 a un paciente recién fallecido, colocándole un tubo en la boca e insuflando aire a través de un fuelle¹⁹⁹.

Andrés Vesalio (1514-1564), un anatomista de los Países Bajos españoles, también apreció la importancia de la respiración para el mantenimiento de la vida. En *de Humani corporis fábrica Libri Septem* (1543, figura 132), describió que para mantener la vida de un animal había que realizar una traqueostomía, e introducir un fragmento de caña, a modo de cánula, a través de la tráquea para insuflar aire, manteniéndose de esta forma el latido cardiaco. Vesalio utilizaba esta técnica para mantener vivos a los animales experimentales mientras examinaba la cavidad torácica²⁰⁰.

¹⁹⁸ STERNBACH, G.L., VARON, J., FROMM, R.E., SICURO, M., BASKETT, P.J. (2001) “Galen and the origins of artificial ventilation, the arteries and the pulse”. *Resuscitation*;49:119-122.

¹⁹⁹ SALAS, D.A. (2000) “Breve historia de la ventilación mecánica asistida”. *Acta académica*;1:89-91.

²⁰⁰ VALLEJO-MANZUR, F., PERKINS, Y., VARON, J., BASKETT, P. (2003) “Andreas Vesalius, the concept of an artificial airway”. *Resuscitation*;56:3-7.



Figura 132. Portada del libro de *Humanis corporis fábrica Libri Septem* (1543). Dominio público.

Un siglo más tarde, ya en plena Revolución Científica, Robert Hooke (1635-1703) repitió la experiencia de Vesalio en Londres, en la *Royal Society*. Para ello utilizó un perro como animal de experimentación. A través de un tubo conectado a la tráquea del animal empleó un par de fuelles para llevar a cabo la ventilación, demostrando que mientras los pulmones estaban insuflados el movimiento del corazón era normal, pero al cesar la insuflación, los pulmones se volvían flácidos y el corazón empezaba a tener movimientos convulsivos, tornando a la normalidad al restablecer la ventilación. Este experimento fue publicado en 1667 en la revista *Philosophical Transactions*, con el título *An Account of an Experiment made by Mr. Hook of Preserving Animals alive by Blowing through their Lungs with Bellows*²⁰¹ (figura 133).

²⁰¹ BASKETT, T.F. (2004) "Robert Hooke and the origins of artificial respiration". *Resuscitation*;60:125-127.

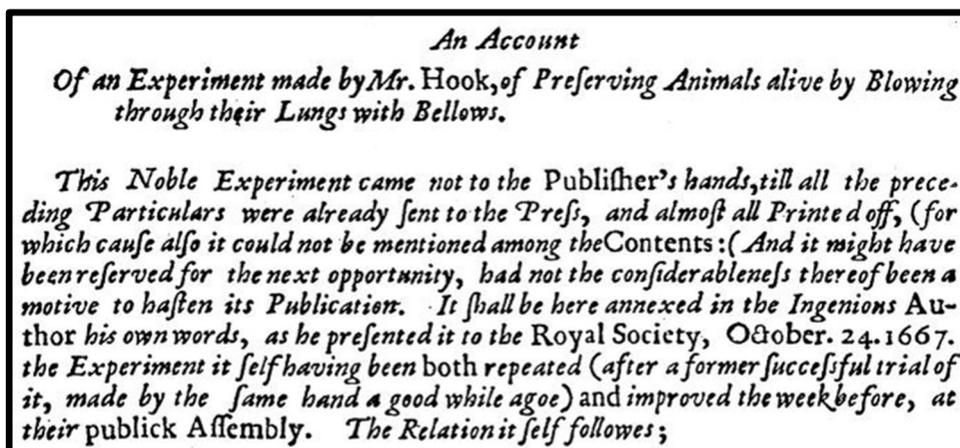


Figura 133. Encabezado del artículo “An account of an experiment made by M.Hooke of Preserving Animals alive by Blowing through their lungs with Bellows”, de Robert Hooke, publicado en la revista *Philosophical Transaction*. Dominio público.

Todas las experiencias relatadas hasta el momento se caracterizaban por intentar mantener la vida a través de la insuflación de aire en los pulmones con presión positiva, de manera que, en sus inicios, la ventilación artificial se utilizaba como una herramienta de reanimación.

Hasta el s. XVIII los avances en ventilación mecánica se habían llevado a cabo, fundamentalmente, en el campo de la experimentación animal. La profundización en el conocimiento de la fisiología respiratoria durante el s. XVII²⁰² y los buenos resultados obtenidos en animales, contribuyeron a que, en 1740, la *Académie des Sciences* de París aleccionara que la respiración boca a boca era el método más adecuado para la reanimación de las personas aparentemente ahogadas.

La primera experiencia comunicada de restablecimiento vital en humanos a través del boca a boca la hizo en 1744 el cirujano escocés William Tossach (1700-1771), relatando el éxito de esta maniobra en la asistencia a James Blair, un minero sofocado víctima de un incendio²⁰³.

Durante este siglo se describieron también las primeras prácticas sobre la intubación endotraqueal en humanos. Benjamin Pugh (1715-1798), en 1754, y William Smellie (1697-1763), en 1763, relataron sus experiencias en resucitación neonatal mediante la canulación orotraqueal y posterior maniobra de ventilación boca-tubo²⁰⁴. Más tarde, en 1772, John Fothergill (1712-1780) sustituyó la técnica de soplar el aire por la de emplear un fuelle²⁰⁵.

²⁰² FITTING, J.W. (2015) “From breathing to respiration”. *Respiration*;89(1):82-87.

²⁰³ BAKER, A.B. (1971) “Artificial Respiration, the history of an idea”. *Med His*;15(4):336-351.

²⁰⁴ MATIOC, A. (2016) “An Anesthesiologist’s Perspective on the History of Basic Airway Management. The ‘Preanesthetic’ Era-1700 to 1846”. *Anesthesiology*;124(2):301-311.

²⁰⁵ O’DONNELL, C.P., GIBSON, A.T., DAVIS, P.G. (2006) “Picking, electrocution, ravens’ breaks, and positive pressure ventilation: a brief history of neonatal resuscitation”. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*;91:369-73.

La experiencia de Fothergill con el empleo de fuelles le llevó a sugerir la posibilidad de lesión pulmonar secundaria al empleo de presiones elevadas, lo que hoy conocemos como barotraumatismo, ya que la fuerza ejercida por los fuelles no podía ser determinada. Por este motivo, recomendó el boca a boca como método preferencial de ventilación²⁰⁶.

Con el auge de la Reanimación comenzaron a desarrollarse aparatos y sistemas para la ventilación con presión positiva (figura 134). Sin embargo, estos avances se acompañaron de una serie de complicaciones asociadas, como el manejo inadecuado de las secreciones y las infecciones concomitantes.

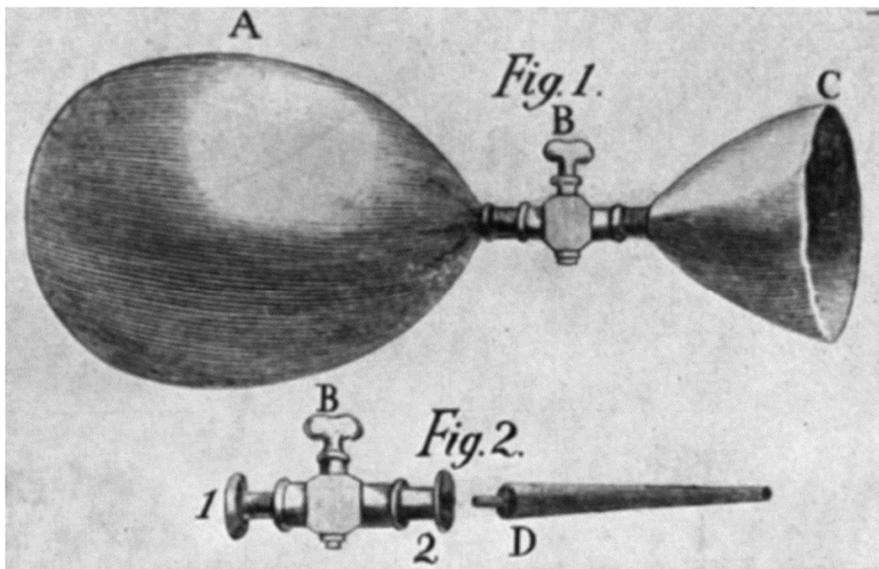


Figura 134. Sistema de ventilación de François Chaussier. Reproductor de Matic A. "An Anesthesiologist's Perspective on the History of Basic Airway Management. The 'Preanesthetic' Era-1700 to 1846". *Anesthesiology*. 2016;124(2):301-11. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Durante los primeros años del s. XIX las dudas en cuanto a la seguridad de la ventilación con presión positiva fueron aumentando, ya que con su uso aparecieron algunos casos de muerte por neumotórax. Estas dudas pasaron a ser evidencias con los trabajos de Jean Jacques Joseph Leroy d'Étiolles (1798-1860), en 1827, a quien se atribuye el descubrimiento del barotraumatismo producido por este tipo de ventilación. Leroy d'Étiolles demostró experimentalmente en animales que la ventilación con presión positiva podía provocar la rotura del alveolo, causando enfisema y neumotórax a tensión con fatales resultados. Para abordar este problema desarrolló un fuelle con una válvula de alivio de presión y una escala graduada en edades para limitar el volumen de aire insuflado, basándose en modelos experimentales de porcino (figura 135). Por otra parte, diseñó

²⁰⁶ WHITEHEAD, T., SLUTSKY, A.S. (2002) "The pulmonary physician in critical care ● 7: ventilator induced lung injury". *Thorax*;57(7):635-642.

un sistema de vendaje compresivo del tórax y abdomen para la realización de la ventilación con presión positiva (figura 136)²⁰⁷.

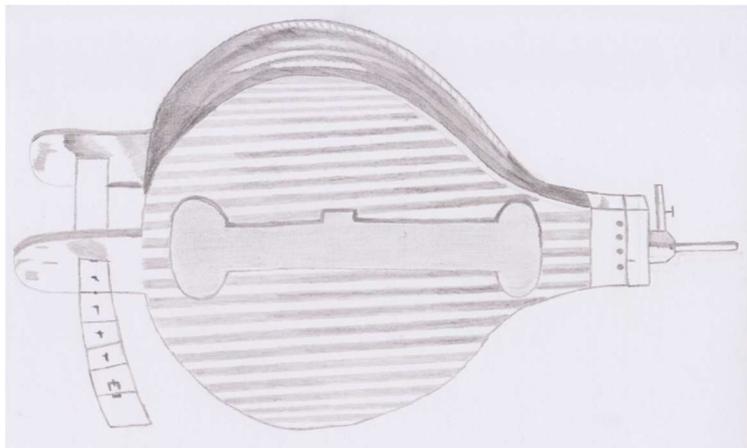


Figura 135. Fuente con limitación de volumen y presión de Leroy d'Étiolles. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso.

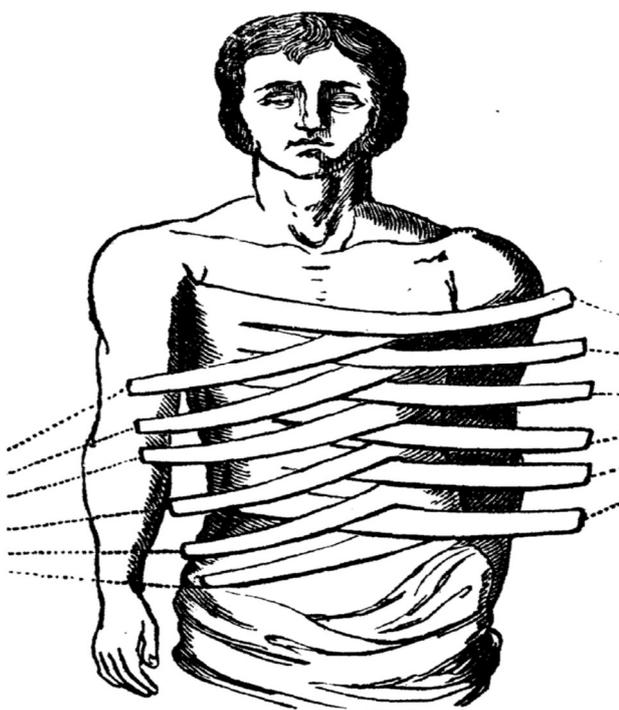


Figura 136. Vendaje compresivo de Leroy d'Étiolles para la ventilación artificial. Reproducido de Maticoc A. "An Anesthesiologist's Perspective on the History of Basic Airway Management. The 'Preanesthetic' Era-1700 to 1846. *Anesthesiology*. 2016;124(2):301-11. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

²⁰⁷ LEROY-D'ÉTIOLLES, J.J.J. (1827) "Recherches sur l'asphyxie". *Journal de physiologie*; 7:45-65; Club de l'Histoire de l'Anesthésie et de la Réanimation. [sede web]. Hauts-de-France, Roubaix: CHAR; 1999-2019 [acceso el 3 de diciembre de 2019]. *Ventilation artificielle: Leroy d'Étiolles*. Disponible en: <https://char-fr.net/Ventilation-artificielle-Leroy-d.html>

No obstante, los problemas relacionados con la ventilación con presión positiva y los avances en el conocimiento de la fisiología pulmonar limitaron el progreso de este tipo de ventilación, centrándose las investigaciones científicas en el desarrollo de los sistemas de ventilación de presión negativa.

3.6.2.- Siglo XIX: ostracismo de la presión positiva y apogeo de la ventilación con presión negativa

Los sistemas de ventilación con presión negativa se convirtieron en los dispositivos más importantes de ventilación mecánica durante s. XIX. Su funcionamiento era similar en todos ellos: el cuerpo del paciente se colocaba dentro de una cámara más o menos hermética, con la cabeza fuera de la misma, y en el interior de la cámara se aplicaba una presión negativa que provocaba la expansión del tórax. Posteriormente al retornar de nuevo la presión atmosférica se producía la espiración²⁰⁸.

La primera descripción de estos ventiladores de presión negativa fue la realizada por el médico escocés John Dalziel en 1838. En el ventilador de Dalziel el paciente se mantenía en posición sentada dentro del ventilador. La presión negativa era generada por unos fuelles que se encontraban en el interior de la caja, pero que se manejaban desde el exterior a través de un sistema de pistones y una válvula unidireccional²⁰⁹. Este tipo de ventiladores de cuerpo entero fueron conocidos como «ventiladores tanque» (figura 137).

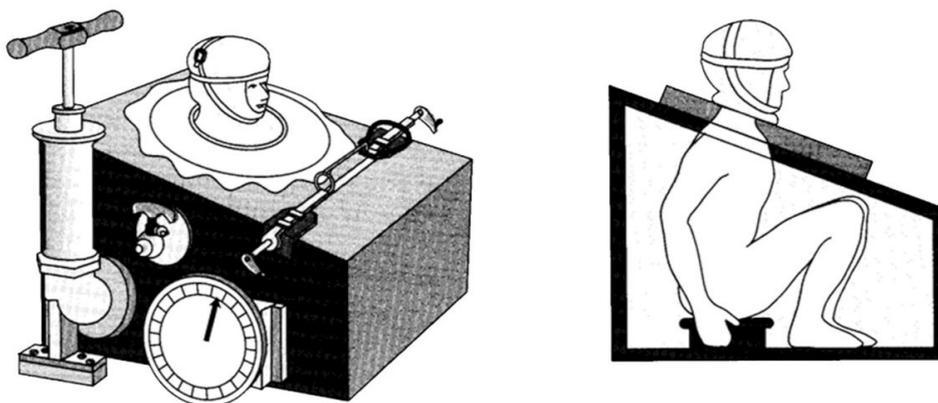


Figura 137. Ventilador de tipo tanque. Reproducido de Rodríguez GA. (2012). “Historia de la ventilación mecánica”. *Medicina Intensiva*: 29(1). Dominio público. Créditos: CC BY 4.0

²⁰⁸ YANO, R., GONZALO, J.A., FERNÁNDEZ, M. (2005) “Historia de la ventilación mecánica”. En: GONZÁLEZ, A., GONZALO, J.A., BLANCO, A. del Eds. *Manual de ventilación mecánica en medicina intensiva, anestesia y urgencias*. Oviedo: Imprenta Gofer. p.1-9.

²⁰⁹ KACMAREK, R. (2011) “The Mechanical Ventilator: Past, Present, and Future”. *Resp Care*;56(8):1170-80.

Posteriormente, en 1864 el estadounidense Alfred E. Jones patentó el primer *tank respirator* en América. El modelo era muy parecido al descrito por Dalziel. Una década más tarde Eugène Woillez (1811-1882), médico francés, construyó un pulmón artificial al que llamó *Spirophore*, presentándolo en París en 1876 (figura 138). Este pulmón estaba compuesto por un cilindro donde se introducía al paciente acostado, con la cabeza fuera apoyada en un soporte. A nivel del cuello se colocaba un manguito de goma a modo de sellado para que el habitáculo quedara estanco²¹⁰. Se considera el prototipo de pulmón de acero.

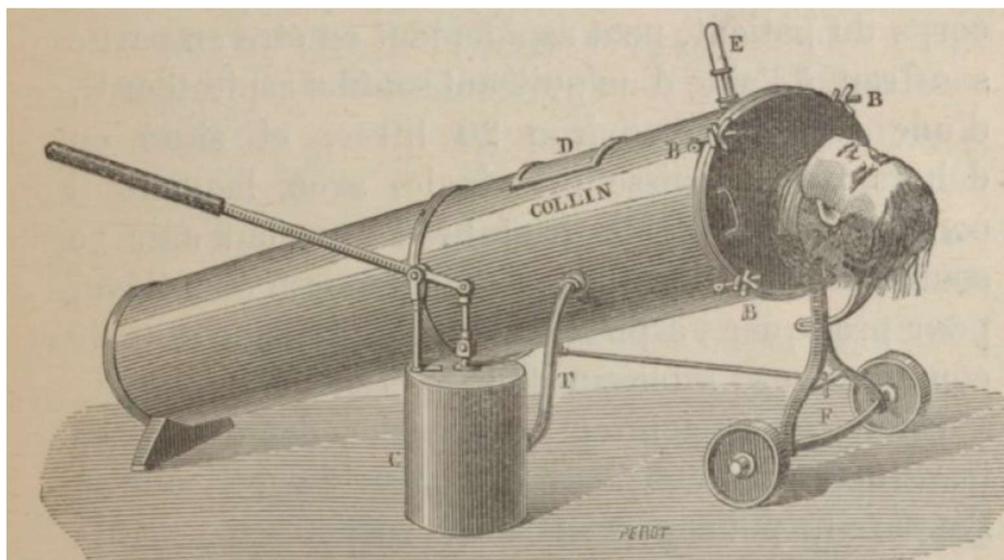


Figura 138. *Spirophore* de Woillez, París, 1876. Reproducido de Woillez EJ. (1876). *Du spirophore, appareil de sauvetage pour le traitement de l'asphyxie, et principalement de l'asphyxie des noyés et des nouveau-nés* (communication à l'Académie de Médecine le 20 juin 1876). Dominio público.

A lo largo de la primera mitad del s. XX continuó el predominio de la ventilación por presión negativa, y se desarrollaron y perfeccionaron diferentes modelos y variantes. Una de estas variantes fueron los respiradores de tipo coraza, los cuales cubrían únicamente la caja torácica. Entre ellos podemos destacar el *Biomotor* de Rudolf Eissenmenger²¹¹ (1871-1946), fabricado en 1904 y patentado²¹² en 1927 (prototipo en figura 139). Otra variante fueron las cámaras de vacío o de presión negativa, como la presentada en 1904 en Berlín por Ernest Ferdinand Sauerbruch (1875-1951), durante el Congreso de la Sociedad Alemana de Cirugía²¹³.

²¹⁰ WOOLLAM, C.H. (1976) "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (1) 1832-1918". *Anaesthesia*;31(4):537-547.

²¹¹ BRAUN, N. (2015) "Negative Pressure Noninvasive Ventilation (NPNIIV): History, Rationale, and Application". En: BASNER, R.C., PARTHASARATHY, S. Eds. *Nocturnal Non-Invasive Ventilation. Theory, Evidence, and Clinical Practice*. Boston: Springer. p.27-36.

²¹² WOLLAM, C.H. (1976) "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (2) 1919-1976, with special reference to the development and uses of cuirass respirators". *Anaesthesia*;31(5):666-685.

²¹³ CHERIAN, S.M., NICKS, R., LORD, R.S. (2001) "Ernest Ferdinand Sauerbruch: Rise and Fall of the Pioneer of Thoracic Surgery". *World J Surg*;25(8):1012-1020.

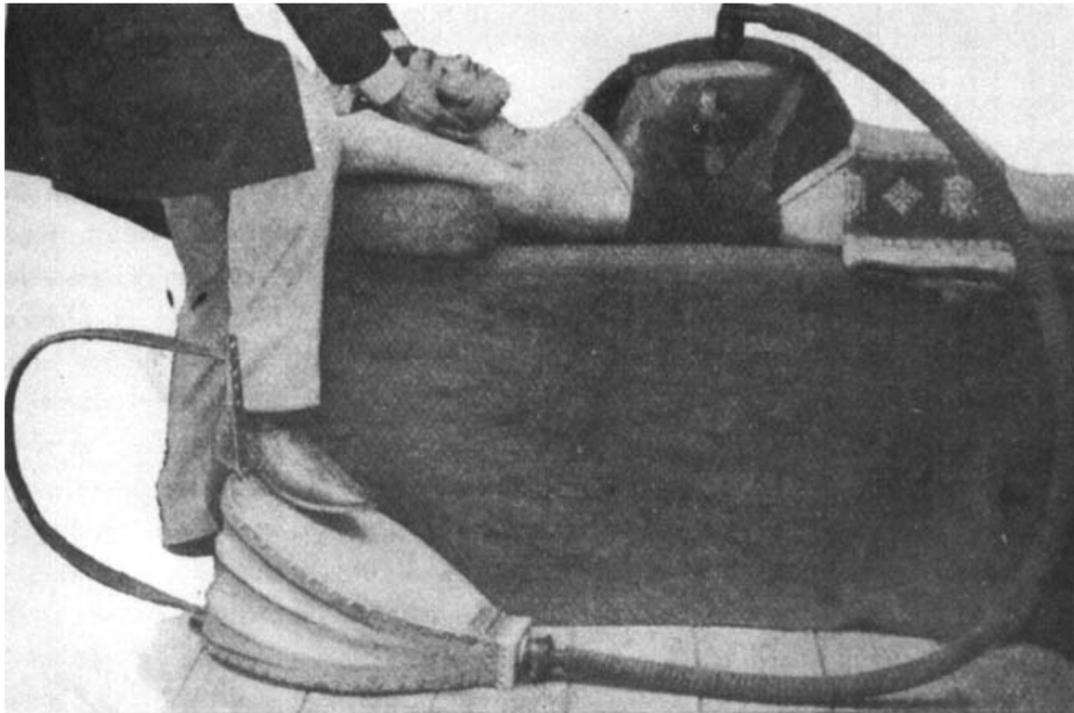


Figura 139. Prototipo del Biomotor de Eisenmenger. La fuerza motriz es un fuelle de pie. En el Biomotor, el fuelle fue sustituido por un motor eléctrico. Reproducido de Woollam CH. "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (1) 1832-1918". *Anaesthesia*. 1976;31(4):537.47. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.

Pero, quizás, la variante más icónica y representativa de la ventilación por presión negativa fueron los pulmones de acero. En 1928, el ingeniero Philip Drinker (1894-1972), y el fisiólogo Agassiz Shaw (1886-1940), desarrollaron el primer respirador de presión negativa para uso prolongado en Estados Unidos²¹⁴. Este respirador, que pasó a conocerse como pulmón de acero, fue diseñado para poder ofrecer soporte ventilatorio a los pacientes afectados de poliomielitis (figura 140). Más tarde, en 1931, Jack Emerson (1906-1997) construyó una versión del pulmón de acero más económica y eficiente, denominada *Emerson Respirator*²¹⁵.

Los pulmones de acero y los respiradores de tipo coraza dominaron el ámbito de la Reanimación para las enfermedades respiratorias en la primera mitad del s. XX, hasta la epidemia de poliomielitis de Copenhague de 1952.

²¹⁴ DRINKER, P., SHAW, L.A. (1929) "An apparatus for the prolonged administration of artificial respiration: I. A Design for Adults and Children". *J Clin Invest*;7(2):229-247.

²¹⁵ BAUSE, G.S. (2009) "Emerson Respirator or «iron lung»". *Anesthesiology*;110(4):812.



Figura 140. Fotografía del pulmón de acero de Drinker y Shaw. Reproducida de la Colección de Historia de Enfermería “Josephine A. Dolan”. Escuela de Enfermería de la Universidad de Connecticut (EEUU), con permiso.

El predominio de la ventilación negativa desde la segunda mitad del s. XIX hasta mediados del s. XX no significó que no se produjeran avances en materia de ventilación por presión positiva. En 1887 George Fell (1849-1918), médico de origen canadiense establecido en Buffalo (EEUU), desarrolló de manera exitosa un aparato de ventilación consistente en un fuelle de mano conectado a un tubo de traqueotomía o mascarilla facial, a través del cual regulaba el flujo de aire mediante una válvula (figuras 141 y 142). Fell empleó su aparato fundamentalmente en pacientes con parálisis respiratoria por sobredosis de opiáceos²¹⁶.

Más tarde Joseph O’Dwyer (1841-1898), pediatra y cirujano estadounidense, modificó el ventilador de Fell para su uso en pacientes con crup afectados de difteria. Para ello incorporó un fuelle de pie conectado a un tubo translaringeo (figura 143)²¹⁷.

²¹⁶ TRUBUHOVICH, R.V. (2007) “19th century pioneers of intensive therapy in North America. Part 1: George Edward Fell”. *Crit Care Resusc*;9:377-393.

²¹⁷ SPERATI, G., FELISATI, D. (2007) “Bouchut, O’Dwyer and laryngeal intubation in patients with croup”. *Acta Otorhinolaryngol Ital*;27:320-323.

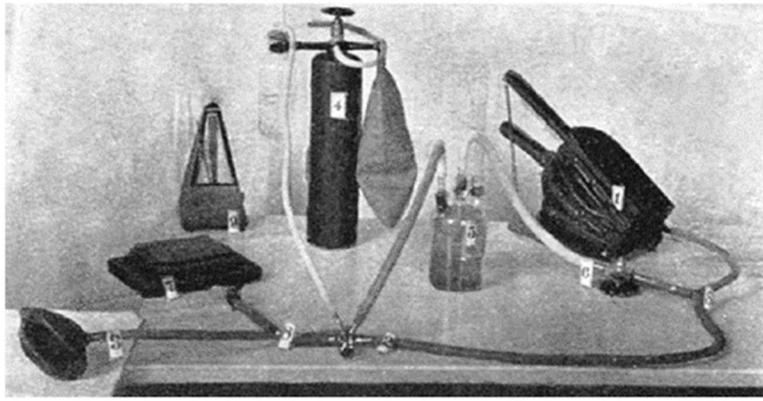


Fig. 1. Double bellows or air supply device.
 Fig. 2. Air valve, with oxygen and anæsthetic tubes.
 Fig. 3. Air cup or face mask, intubation tube, etc.
 Fig. 4. Oxygen supply apparatus.
 Fig. 5. Anæsthetic container.
 Fig. 6. Anæsthetic control valve.
 Fig. 7. Rubber manometer.
 Fig. 8-8. Three-way connections.
 Fig. 9. "Maelzel" metronome.

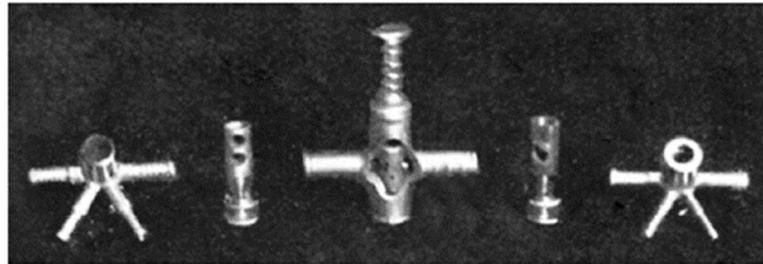


Fig. 8 A. Air valve of author (1887).

Figura 141. Aparato de ventilación de Fell en humanos. Reproducido de Fell GE. (1910). *Artificial respiration. Forced respiration, with comments on the cabinet methods of Sauerbruch, Meyer, and others; also a new method in thoracic surgery.* Dominio público.

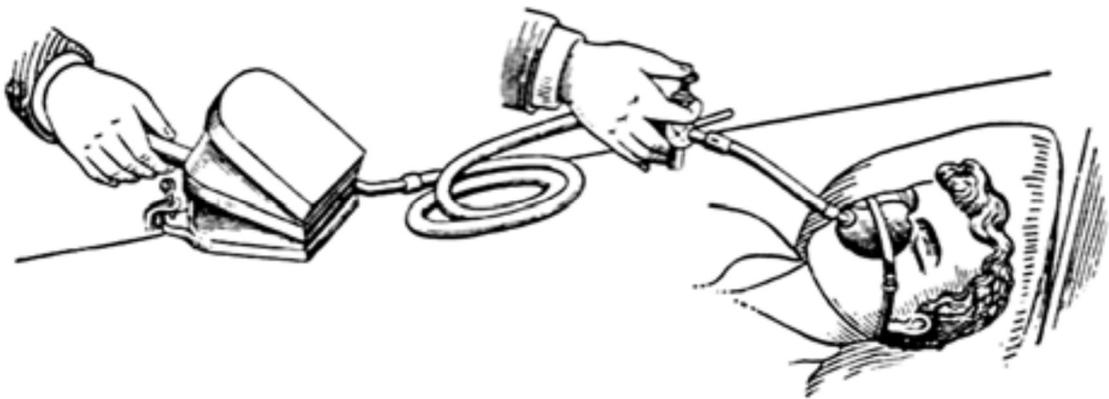


Figura 142. Aparato de ventilación de Fell usando mascarilla facial. Dibujo del aparato original de George Fell para la respiración artificial. Reproducido de Dobell ARC. "The origins of Endotracheal Ventilation". *Ann Thorac Surg.* 1994;58:578-84. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

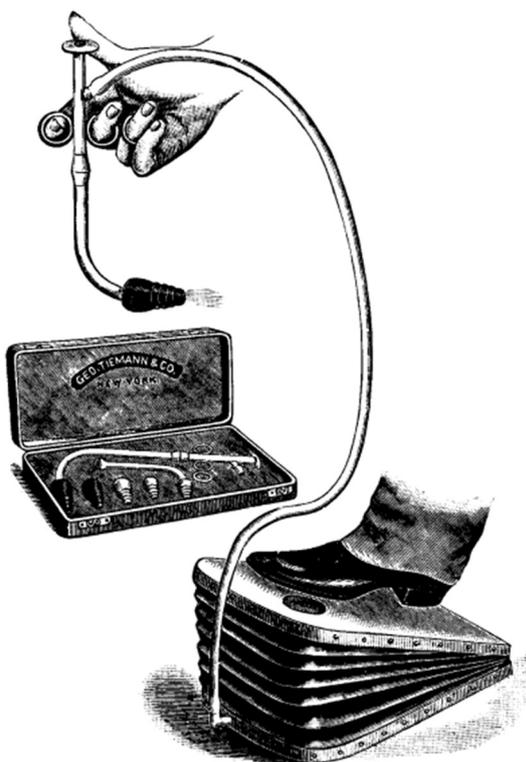


Figura 143. Aparato de ventilación de Fell-O'Dwyer. Dibujo del aparato de Fell-O'Dwyer para la ventilación translaringea. Reproducido de Dobell ARC. "The origins of Endotracheal Ventilation". *Ann Thorac Surg.* 1994;58: 578-584. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

3.6.3.- Introducción de la ventilación mecánica en procedimientos quirúrgicos.

La incorporación de la ventilación artificial a nivel intraoperatorio se produjo en el ámbito de la Cirugía Torácica. Con la introducción de la anestesia inhalatoria en 1846 por parte de Morton, la Cirugía progresó a un ritmo vertiginoso y comenzaron a aparecer las diferentes especialidades quirúrgicas. Sin embargo, la Cirugía Torácica presentaba un problema propio con respecto a otras: la apertura del espacio pleural provocaba un neumotórax cuya magnitud estaba relacionada en gran medida con el tamaño de la toracotomía.

La instauración del neumotórax era el principal problema al que se enfrentaban los cirujanos torácicos en sus inicios, ya que determinaba: el colapso del pulmón expuesto; la posibilidad de desplazamiento mediastínico con la correspondiente repercusión hemodinámica; y la aparición de respiración paradójica. Los pacientes solían ser intervenidos en respiración espontánea, y la respiración paradójica favorecía la hipoxemia y dificultaba el retorno venoso al

corazón, produciéndose un círculo vicioso entre estos efectos secundarios. Además, favorecía el desarrollo de infección en el pulmón sano, sobre todo en casos de cirugía de tuberculosis²¹⁸.

Para solventar este problema, en 1896 Théodore-Marin Tuffier (1857-1929) y Louis Hallion (1862-1940) señalaron en su artículo *Respiration artificielle par insufflation pulmonaire dans certaines opérations intrathoraciques*²¹⁹ lo siguiente:

«... Para evitar el neumotórax al abrir la pleura, o para llevar a cabo la resolución del neumotórax si este ya está instaurado, es suficiente con la insuflación de aire a través de la laringe o de la tráquea. Si en el momento de abrir la serosa practicamos esta insuflación, el órgano distendido por la presión del aire no tiene ninguna tendencia a abandonar esta situación...».

Además, indicaron que:

«... si se instaura un neumotórax durante la apertura pleuroparietal, la sutura de la herida parietal y la aspiración pueden disminuir la cantidad de aire contenido en la pleura. La insuflación de aire a través de la laringe permitirá desaparecer el aire residual de la pleura si se sutura la herida antes de cesar la insuflación».

Tuffier y Hallion llegaron a estas conclusiones tras la puesta en marcha de estas técnicas en intervenciones quirúrgicas experimentales con perros. La aplicación de ventilación por presión positiva a través de intubación laringotraqueal se mostró segura en cuanto a su repercusión sobre el sistema cardiocirculatorio y permitió solventar el problema del neumotórax. Asimismo, incidieron en la importancia de la asepsia y en la necesidad de esterilizar el aire insuflado.

Los buenos resultados obtenidos con la experimentación animal animaron a estos cirujanos a introducir la ventilación artificial intraoperatoria en humanos. En el artículo *Operations intratoraciques avec respiration artificielle par insufflation*²²⁰ (1896, figura 144), dieron a conocer este hito con las siguientes palabras:

«Uno de nosotros ha podido aplicar con éxito la resección parcial del pulmón en el hombre, un proceso que había experimentado en el pasado en el animal. Indudablemente, sería deseable que los órganos intratorácicos, que en su mayor parte evaden la cirugía, sean accesibles para el operador. Por esta razón, sería necesario que la respiración continúe sin impedimentos, a pesar de la gran

²¹⁸ MUSHIN, W.W., RENDELL-BAKER, L. (1953). *The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

²¹⁹ TUFFIER T., HALLION L. (1896) "Respiration artificielle par insufflations pulmonaire dans certaines opérations intrathoraciques". *Gaz Hebd Med Chir*;43:1131.

²²⁰ TUFFIER T., HALLION L. (1896) "Operations intrathoraciques avec respiration artificielle par insufflation". *C R Soc Biol*;48:951-954.

apertura de la pleura, si estuviera libre de adherencias. Solo la respiración artificial por insuflación parece capaz de lograr este deseo».

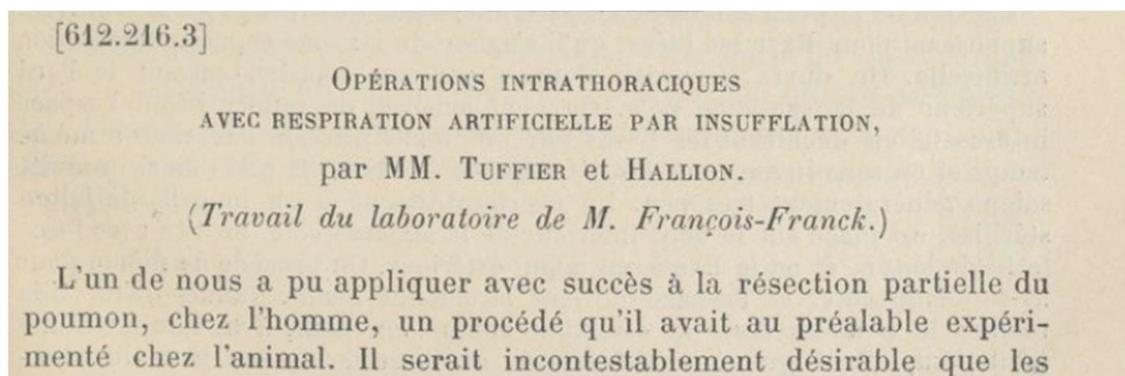


Figura 144. Cabecera del artículo de Tuffier y Hallion sobre la ventilación artificial en operaciones intratorácicas. Reproducido de Tuffier T, Hallion L. (1896). "Operations intrathoraciques avec respiration artificielle par insufflation". *C R Soc Biol*;48:951-954. Dominio público.

El dominio que poseían estos cirujanos franceses sobre la fisiología respiratoria y la regulación de la anestesia inhalatoria durante la ventilación artificial quedó constatado en el trabajo *Sur la régulation de la pression intra-bronchique et de la narcose dans la respiration artificielle par insufflation*²²¹. En él detallaron las variaciones de la presión intrabronquial y del volumen pulmonar durante la ventilación artificial, así como la capacidad de regular estos parámetros a voluntad con el uso de válvulas, como la válvula de agua de Gréhant o la válvula de la cánula de François-Franckobture. La regulación de la narcosis se llevaba a cabo a través de tubos de doble luz. Uno de los tubos pasaba a través del matraz de fondo ancho que contenía éter o cloroformo. Así, durante la inspiración el aire soplado agitaba la superficie del líquido generando vapores anestésicos. El otro tubo estaba expuesto al aire puro, y a través del uso de abrazaderas o grifos de tornillo se podía modificar la permeabilidad respectiva de ambas rutas.

Un año más tarde, Herbert M.N. Milton (1856-1921) publicó en la revista '*The Lancet*' un trabajo titulado *Mediastinal Surgery*. En él se refería a la cavidad torácica como una «terra incognita» para el cirujano, a pesar de la existencia de enfermedades intratorácicas que precisaban un manejo urgente. Esta necesidad empujó a Milton a experimentar con la cirugía torácica en animales, a enfrentarse a sus inconvenientes, y a darse cuenta de la necesidad de la ventilación con presión positiva para su abordaje²²².

²²¹ TUFFIER T, HALLION L. (1896) "Sur la régulation de la pression intra-bronchique et de la narcose dans la respiration artificielle par insufflation". *C R Soc Biol*;48:1086-1088.

²²² MILTON H. (1897) "Mediastinal Surgery". *Lancet*;1:872-875.

El potencial beneficio de la ventilación artificial en cirugía torácica también fue vislumbrado por Rudolph Matas (1860-1957), cirujano de Nueva Orleans de origen catalán (figura 145). Matas estaba convencido de que la cirugía intratorácica podría lograrse con éxito mediante el uso de la respiración artificial. Afirmaba que el mantenimiento de la función respiratoria del pulmón durante las operaciones intratorácicas solo podía resultar exitoso mediante un método de insuflación rítmica y directa de los pulmones, a través de la laringe o la tráquea, que neutralizara el efecto colapsante de la presión atmosférica al aumentar la tensión intrapulmonar²²³.

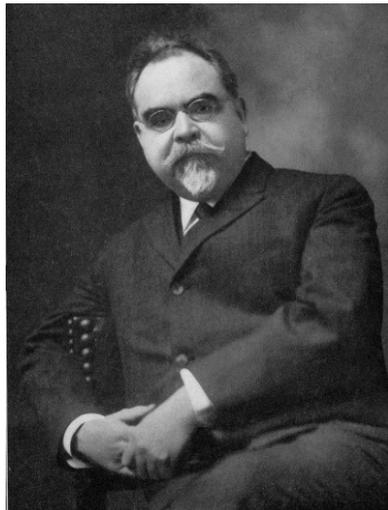


Figura 145. Rudolph Matas. Dominio público.

En el artículo *Artificial respiration by direct intralaryngeal intubation with a modified O'Dwyer tube and a new graduated air-pump, in its applications to medical and surgical practice*, de 1902²²⁴, Matas comentó que Quenu, Longuet, Tuffier y Hallion, en Europa; Doyen y Milton, en El Cairo; y posiblemente Pean, se habían dado cuenta de las posibilidades de la insuflación mecánica, y que habían realizado notables contribuciones experimentales y clínicas a la técnica entre 1897 y 1898. Sin embargo, señalaba que, con la excepción del aparato de Doyen descrito en 1898, no se había diseñado ningún aparato simple y confiable para llevar a cabo la respiración artificial intraoperatoria en Europa

Esto llevó a Matas, en colaboración con el Dr. John Smythe, del *Charity Hospital* de Louisiana, a diseñar un nuevo dispositivo basándose en el aparato de Fell-O'Dwyer. El aparato de Matas consistía en un cilindro graduado para la administración precisa del volumen de aire

²²³ HUTSON, L.R. Jr, VACHON, C.A. (2005) "Dr. Rudolph Matas: innovator and pioneer in anesthesiology". *Anesthesiology*;103(4):885-889; MATAS, R. (1900) "Intralaryngeal insufflation". *JAMA*;1468-1473.

²²⁴ MATAS, R. (1902) "Artificial respiration by direct intralaryngeal intubation with a modified O'Dwyer tube and a new graduated air-pump, in its applications to medical and surgical practice". *Am Med*; 1-2.

deseado (hasta 1500 mililitros), un manómetro de mercurio para medir la presión intrapulmonar, y una cánula de Fell-O'Dwyer modificada a la que incorporó un puerto para permitir la administración de oxígeno o cloroformo durante la respiración artificial (figura 146).

Matas y sus colaboradores probaron el aparato modificado en cadáveres, inicialmente, y posteriormente en un perro anestesiado. Los buenos resultados obtenidos culminaron en la exitosa resección de la pared torácica realizada por su colega, el Dr. Parham, empleando el aparato de Fell-O'Dwyer modificado por Matas. Teniendo en cuenta estos hitos, se podría pensar que la ventilación endotraqueal se convirtió en la técnica electiva para el abordaje de la Cirugía Torácica a partir de entonces, pero no ocurrió así²²⁵.

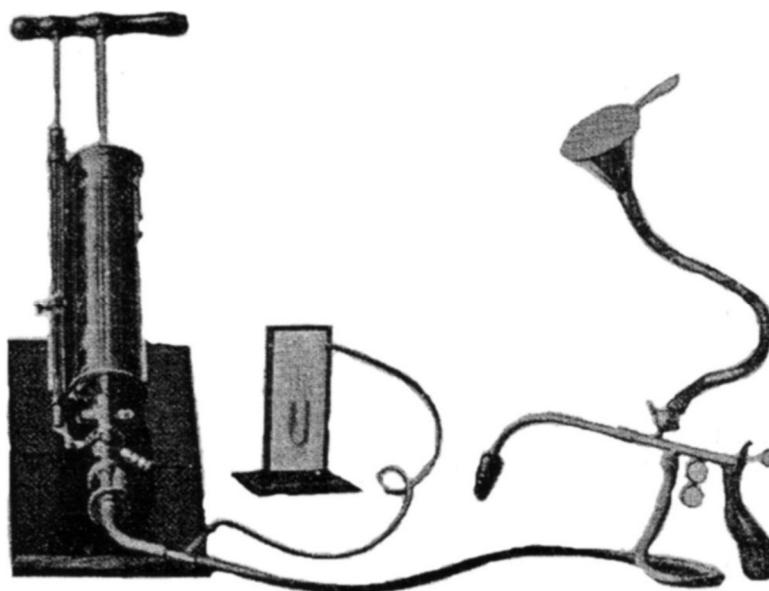


Figura 146. Aparato de Fell-O-Dwyer modificado por Matas y Smythe. Reproducido de Hutson LR Jr, Vachon CA. "Dr. Rudolph Matas: innovator and pioneer in anesthesiology". *Anesthesiology*. 2005;103(4):885-9. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Para solventar el problema del neumotórax, otra corriente encabezada por Sauerbruch optó por otra modalidad de ventilación, la cámara de presión negativa. Dentro de la cámara de Sauerbruch (figura 147), se podía llevar a cabo la cirugía de la cavidad torácica sin el colapso del pulmón²²⁶.

Esta cámara consistía en una habitación en la que se creaba una presión negativa de forma continua. En el interior de la habitación se colocaba al paciente tumbado, con la cabeza fuera de la misma a través de una abertura. El abdomen y las extremidades inferiores estaban introducidos

²²⁵ DOBELL, A.R.C. (1994) "The origins of Endotracheal Ventilation". *Ann Thorac Surg*;58:578-584.

²²⁶ PARÍS, F., BRAVO, J.L. (2010) "Aportación europea a la especialidad de cirugía torácica. Contribución alemana". *Rev Patol Respir*;13(2):100-109.

en un saco conectado a la presión atmosférica del exterior, previniendo de esta forma que la sangre quedara acumulada en el abdomen y en los miembros inferiores y causara lo que en la época se conocía como *tank shock*. La estanqueidad quedaba asegurada a través de un collar que se ajustaba al cuello del paciente. La cámara era lo suficientemente larga como para que en su interior se coloran los cirujanos con el equipo quirúrgico. La presión negativa generada producía un efecto de succión creando una presión subatmosférica similar a la presión pleural (-10 mmHg). Bajo estas condiciones los pulmones se podían expandir durante la toracotomía y el paciente podía seguir respirando espontáneamente bajo los efectos de la anestesia²²⁷.

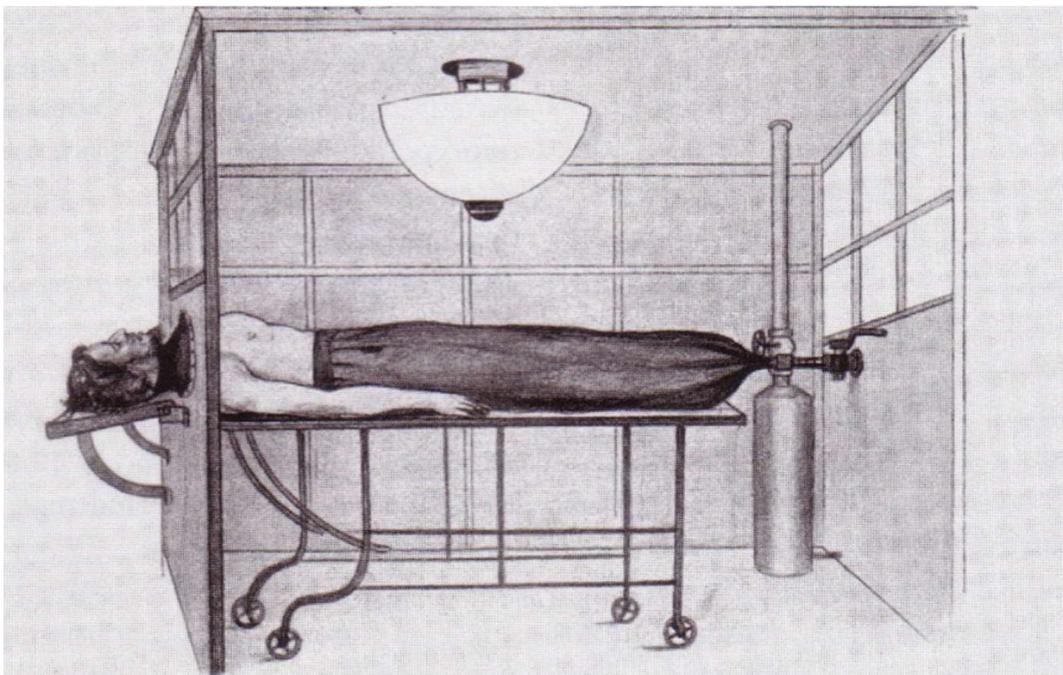


Figura 147. Cámara de presión negativa de Sauerbruch. Reproducida de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). *The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p.50. Dominio público.

Los resultados positivos obtenidos por Sauerbruch hicieron que viajara por Europa y EEUU para promocionar su cámara de presión diferencial²²⁸. No obstante, la cámara neumática presentaba varios problemas clínicos: era muy calurosa; era pequeña para poder moverse en ella; la comunicación con el anestesista, que se ubicaba fuera de la cámara, era dificultosa; y, además, el intercambio gaseoso obtenido con el procedimiento de la cámara no era del todo adecuado²²⁹.

²²⁷ YANO, R., GONZALO, J.A., FERNÁNDEZ, M. (2005) "Historia de la ventilación mecánica". En: GONZÁLEZ, A., GONZALO, J.A., BLANCO, A. del Eds. *Manual de ventilación mecánica en medicina intensiva, anestesia y urgencias*. Oviedo: Imprenta Gofer. p.1-9; KACMAREK, R. (2011) "The Mechanical Ventilator: Past, Present, and Future". *Resp Care*;56(8):1170-80.

²²⁸ CHERIAN, S.M., NICKS, R., LORD, R.S. (2001) "Ernest Ferdinand Sauerbruch: Rise and Fall of the Pioner of Thoracic Surgery". *World J Surg*;25(8):1012-1020.

²²⁹ SOMERSON, J.S., SICILIA, M.R. (1992) "Historical perspectives on the development and use of mechanical ventilation". *AANA J*;60(1):83-94.

A pesar de estos inconvenientes, la cámara de Sauerbruch se convirtió en el método preferencial para mantener la ventilación en las intervenciones de la cavidad torácica durante la primera mitad del siglo XX, ya que desde que Leroy d'Étiolles descubriera que la ventilación por presión positiva producía barotraumatismo y neumotórax, en la comunidad científica existía un rechazo mayoritario hacia esta práctica a pesar de los resultados obtenidos a principios del siglo XX²³⁰.

Sin embargo, este rechazo no impidió que las investigaciones con la ventilación con presión positiva siguieran avanzando, y diversos autores, motivados por la necesidad de solventar los problemas persistentes en la Cirugía Torácica, fabricaron aparatos que integraban un ventilador manual para la aplicación de presión positiva, asociados a los vaporizadores anestésicos o a botellas de óxido nitroso. Entre estos aparatos podemos mencionar el aparato de Brat & Schmieden de 1908 (figura 148), los aparatos de Tiegel de 1908 y 1909 (figura 149), o el aparato de presión positiva de Lotsch de 1910²³¹ (figura 150).

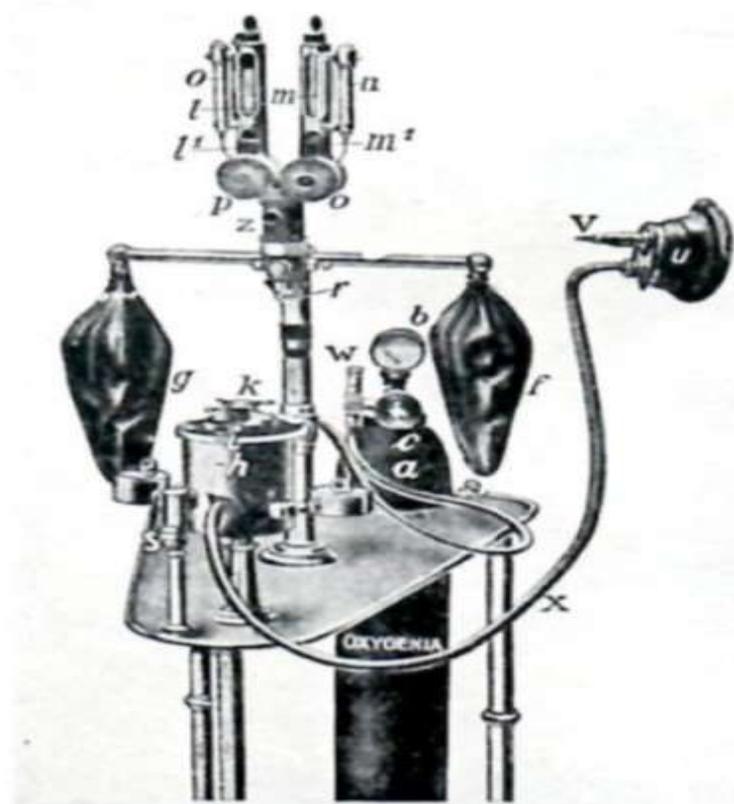


Figura 148. Aparato Brat & Schmieden. Dibujo del aparato de Brat & Schmieden. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). Dominio público.

²³⁰ CHOPIN, C. (2007) "L'histoire de la ventilation mécanique: des machines et des hommes". *Réanimation*;16:4-12.

²³¹ MUSHIN, W.W., RENDELL-BAKER, L. (1953) *The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

En la misma línea estuvieron trabajando los doctores neoyorquinos Natan W. Green (1871-1955) y Henry H. Janeway (1873-1921), quienes en 1910 publicaron un trabajo en el que daban a conocer sus experiencias con la ventilación mecánica durante la cirugía de tórax en animales. En este artículo informaron que consiguieron mantener la vida de un perro sometido a cirugía torácica, curarizado, durante cuatro horas gracias a la ventilación con presión positiva intermitente. Además, indicaron la existencia de condiciones quirúrgicas más favorables para llevar a cabo la cirugía torácica cuando ésta se realizaba bajo ventilación artificial²³².

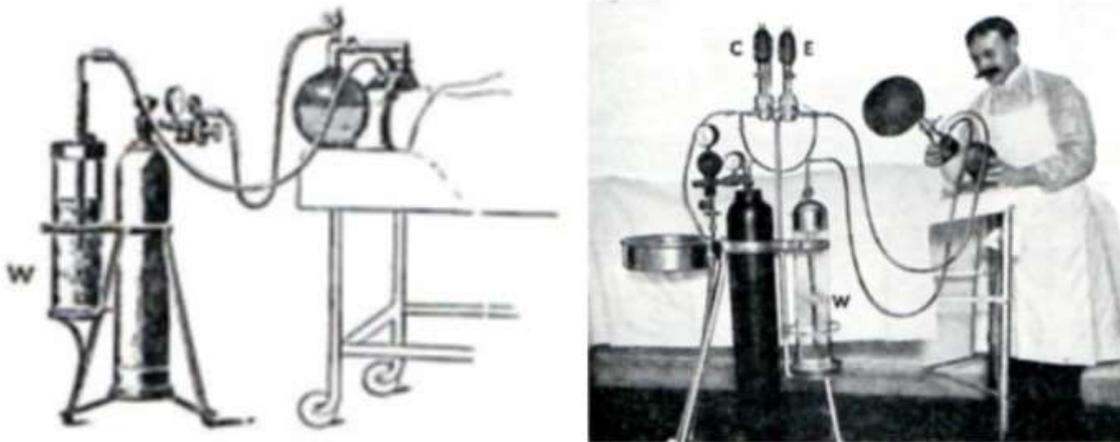


Figura 149. Aparatos de Tiegel. 1908 (izquierda) y 1909 (derecha). Reproducidos de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). Dominio público.

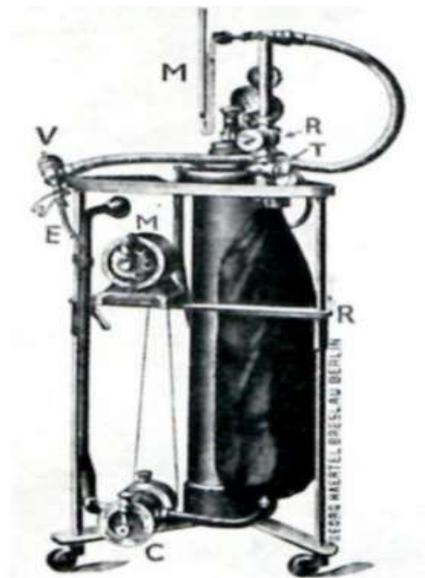


Figura 150. Aparato de Lotsch. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). Dominio público.

²³² GREEN, N.W, JANEWAY, H.H. (1910) "Artificial respiration and intrathoracic oesophageal surgery". *Ann Surg*;52:58-66.

El aparato empleado por Janeway y Green para la aplicación de ventilación mecánica fue una adaptación del invento de Brauer para la aplicación de presión positiva en la vía aérea durante la cirugía torácica (figura 151), resultando en una máquina más sofisticada que permitía la ventilación del paciente independientemente de los esfuerzos realizados por el mismo, gracias a la sincronización²³³.

En este contexto, el auge de las máquinas de gas y el desarrollo alcanzado en los materiales para el control de la vía aérea permitieron la aparición de la anestesia por insuflación endotraqueal.

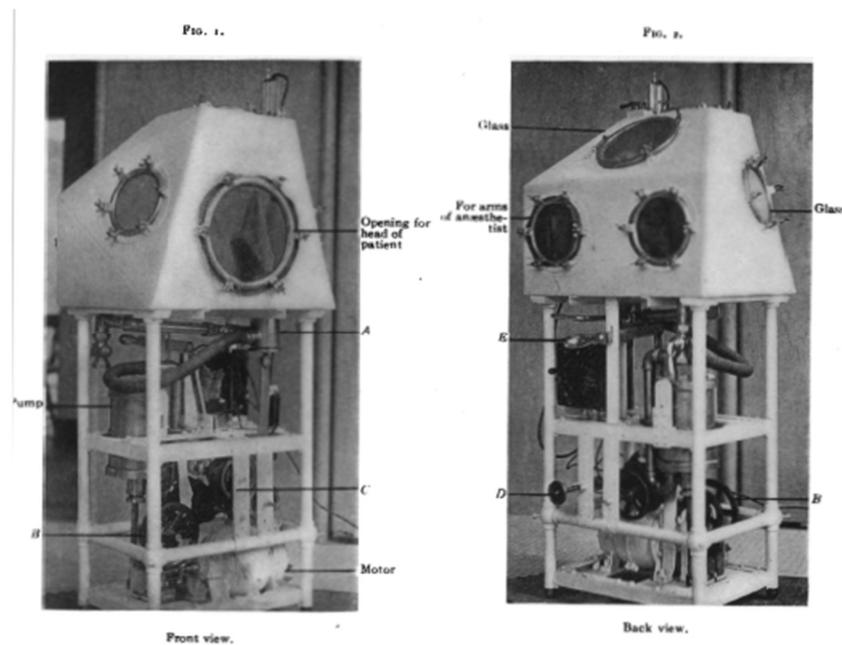


Figura 151. Cabina para la ventilación artificial empleada por Green & Janeway. Esta cabina fue diseñada para estos doctores por Charles E. Dressler, de Nueva York. Reproducida de Green NW, Janeway HH. "Artificial respiration and intrathoracic oesophageal surgery". *Ann Surg.* 1910;52:58-66. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

Las consideraciones fisiológicas y clínicas de esta modalidad anestésica fueron abordadas por Cotton y Boothby. En el artículo *Intratracheal Insufflation Anaesthesia*, de 1913, ambos investigadores expusieron sus conclusiones en este ámbito:

«... La ventilación artificial por insuflación intratraqueal es el único método que proporciona una aireación adecuada de los pulmones, independientemente de los movimientos respiratorios del paciente. Su aplicación adecuada y segura, con carácter de protección, pueden evitar el peligro intrínseco.»

²³³ SOMERSON, J.S., SICILIA, M.R. (1992) "Historical perspectives on the development and use of mechanical ventilation". *AANA J*;60(1):83-94.

«En consecuencia, la anestesia por este método está indicada siempre que la operación pueda interferir de alguna manera con la capacidad del paciente para respirar voluntariamente.

«Por lo tanto, debe usarse en todo trabajo intratorácico y en operaciones extensas sobre la cabeza, el cuello y la boca.

«De los diversos anestésicos utilizados con este método, el éter con aire, preferiblemente suministrado por una bomba de pie, es el más aplicable para uso general; sin embargo, el óxido nitroso-oxígeno con cantidades mínimas de éter puede ser ocasionalmente el anestésico de elección.

«Para evitar muertes por enfisema, no importa qué tipo de aparato se use, pero debe estar provisto de una válvula de seguridad por medio de la cual la presión intratorácica no pueda exceder los 15 mm de mercurio...»²³⁴.

Con el desarrollo de la anestesia intratraqueal y la ventilación artificial intraoperatoria comenzaron a aparecer aparatos de insuflación endotraqueal.

3.6.3.1.- Aparatos de insuflación endotraqueal

En 1909 Samuel James Meltzer (1851-1920) retomó en Nueva York la idea de Tuffier y Hallion para el abordaje de la cirugía del tórax. Junto a su yerno John Auer (1875-1948) realizaron una serie de experimentos en perros para investigar si se podía conseguir una función respiratoria adecuada con el tórax abierto, manteniendo el pulmón inflado e inmóvil.

Para ello, insertaron un tubo en la tráquea a través de traqueostomía y lo conectaron a un tubo en T. Uno de los extremos estaba conectado a una botella de oxígeno a presión, y el otro quedaba abierto a la atmósfera donde desahogaba a través de una válvula de presión. A continuación, administraron curare, quedando el perro paralizado.

Meltzer y Auer demostraron que la vida podía mantenerse de esta manera, sin la ventilación activa de los pulmones. Las complicaciones reseñadas fueron bradicardia, y sobredistensión pulmonar si el tubo era demasiado grande (el tubo debía ocupar dos tercios del diámetro traqueal para que parte del aire escapara alrededor de este por la nariz y boca)²³⁵.

El primero en usar esta técnica en humanos fue Charles Elsberg (1871-1948), un cirujano de Nueva York, quien en 1910 comunicó una serie de casos exitosos con el método de Meltzer, sin emplear curare. El aparato empleado, diseñado por Elsberg y Sidney Yankauer (1872-1932), era una modificación del aparato de Meltzer y Auer (figura 152). Estaba equipado con un motor

²³⁴ COTTON, F.J, BOOTHBY, W.M. (1913) "Intratracheal Insufflation Anaesthesia: Considered from its Physiological and Clinical Aspects". *Ann Surg*;57(1):43-63.

²³⁵ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) "Insufflation anaesthesia and the Kelly-Mott machine". *Anaesth Intensive Care*;41(2):147-148.

eléctrico para conducir el aire a través del tubo de insuflación. El aire pasaba primero por una botella de agua caliente para humedecerlo, y posteriormente por un depósito de éter. Además, contaba con un manómetro para medir la presión, y una bomba de aire de pie como mecanismo de seguridad, o para lugares donde no había corriente eléctrica²³⁶ (figura 152).

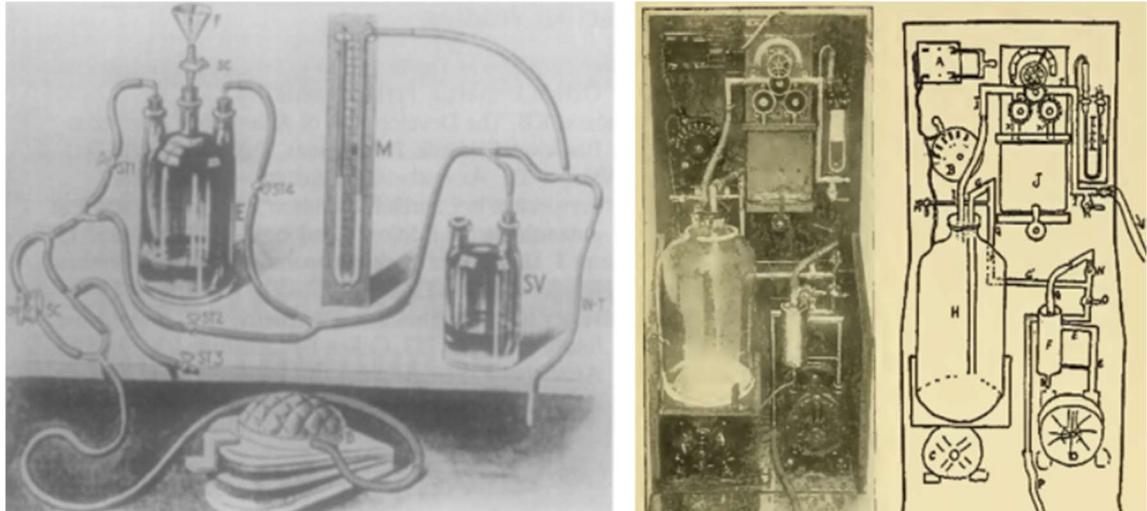


Figura 152. Izquierda: Aparato de insuflación de Meltzer y Auer . Reproducido de Wilkinson DJ. “Evolution of the Anesthesia Machine”. *Curr Anaesth Crit Care*.1991;2(1):51-6. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier. Derecha: aparato de insuflación portátil de Elsberg. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. *The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present*. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1953. p-73. Dominio público.

3.6.3.1.1.- Máquina de Kelly-Mott para la insuflación endotraqueal

Esta nueva forma de administrar anestesia llegó pronto a Reino Unido. Robert Ernest Kelly (1879-1944), profesor de Cirugía de la Universidad de Liverpool, llevó a cabo una modificación del aparato de Elsberg. Kelly prefirió pasar el aire por la botella de éter antes de calentarlo, ya que consideraba que la máquina de Elberg producía condensación en esta botella al llegar el aire ya calentado. Kelly dio a conocer su invento en 1913, en una publicación en la revista ‘*The British Journal of Surgery*’²³⁷.

El aparato de Kelly (figura 153) consistía en un motor eléctrico de pequeña potencia que actuaba sobre un fuelle rotatorio, el cual introducía un chorro de aire en una cámara que contenía agua. Desde aquí, el aire humedecido pasaba a la cámara contenedora de éter que actuaba como un carburador de superficie o cámara de mezcla. Un puntero de control regulaba el paso de aire: si se giraba por completo, todo el aire pasaba sobre el éter, y si colocaba en la posición “0”, no se mezclaba nada de aire con el éter. Entre ambas posiciones se producían mezclas intermedias de aire y éter. A continuación, la mezcla pasaba a través de un tubo de plomo con una bobina que

²³⁶ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) “Insufflation anaesthesia and the Kelly-Mott machine”. *Anaesth Intensive Care*;41(2):147-148.

²³⁷ *Ibidem*

permitía mantener la temperatura requerida, gracias a una placa eléctrica calefactora que se controlaba por un interruptor. Por último, un manómetro y un termómetro se colocaban en el circuito entre el calentador y el tubo que se conectaba con el catéter de intubación²³⁸.

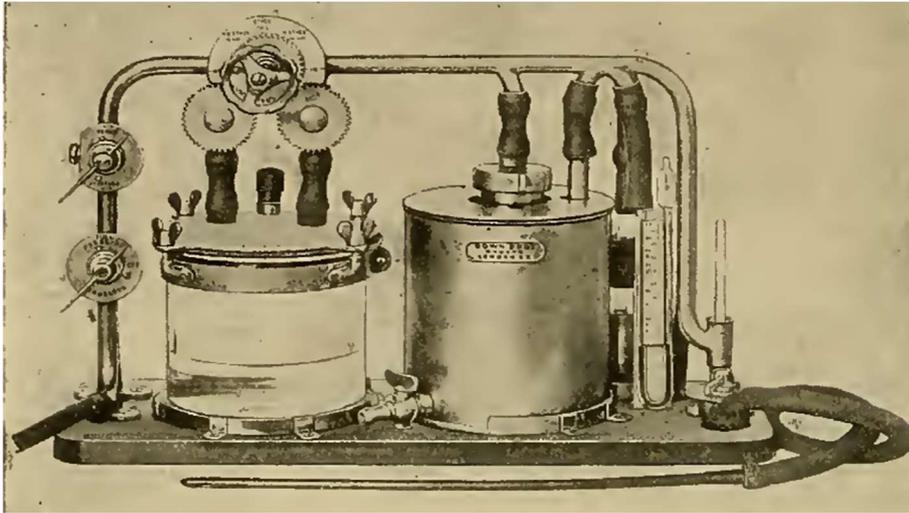


Figura 153. Aparato de insuflación traqueal de Kelly. Reproducido de Buxton DW. (1914). *Anaesthetics: their uses and administration*. Dominio público.

Lo que se incorporaba al aparato podía ser aire, oxígeno u óxido nitroso, o ambos, contenidos en cilindros de gas. Más tarde, Clarence Mott (1863-1956) adaptó la máquina de Kelly para poder administrar cloroformo, publicando sus resultados en 1920. La máquina de Kelly-Mott (figura 154) incorporaba escalas de calibración sobre los vaporizadores para calcular la cantidad de vapor aportado dependiendo del flujo y la temperatura²³⁹.



Figura 154. Aparato de insuflación traqueal de Kelly-Mott. Reproducido de Ball C. Westhorpe RN. "Insufflation anaesthesia and the Kelly-Mott machine". *Anaesth Intensive Care*. 2013;41(2):147-8. Con permiso para su reproducción en Tesis o disertación doctoral.

²³⁸ BUXTON, D.W. (1914) *Anaesthetics: their uses and administration*. (5ª ed.) Philadelphia: P. Blakiston's Son & Co. p.193-194

²³⁹ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) "Insufflation anaesthesia and the Kelly-Mott machine". *Anaesth Intensive Care*;41(2):147-148.

3.6.3.1.2- Aparato de insuflación endotraqueal de Shipway

En 1908 Francis Shipway (1875-1968) comenzó a trabajar como anestesiólogo en el *Guy's Hospital* de Londres. Shipway observó que cuando los pacientes respiraban a través de la máscara facial, ésta quedaba cubierta con la escarcha del aire espirado, por lo que se dedicó a idear un aparato para entregar vapor de éter caliente al paciente. De esta forma, diseñó un aparato simple consistente en fuelle de mano que bombeaba el aire a una llave de control, la cual desviaba la corriente de gas a una botella éter, o de cloroformo tipo «Junker», y desde aquí a un tubo en «U» sumergido en un termo de agua a 47° C. Posteriormente, la mezcla de gas caliente podía enviarse a una máscara (cerrada con válvula, o abierta cubierta con tela) o a un tubo faríngeo²⁴⁰.

En 1916 Shipway publicó un artículo en la revista *'The Lancet'* donde destacaba las ventajas de la administración de vapores de gases anestésicos calientes (figura 155). El tema del calentamiento de los anestésicos no era nada nuevo, ya que como hemos visto, Snow, Clover, Junker, etc. habían abordado este tema. Sin embargo, con el advenimiento de los métodos abiertos para el éter a principios del siglo XX, así como con el empleo de flujos continuos de vapor anestésico con los aparatos de insuflación endotraqueal, los problemas derivados del enfriamiento del anestésico volvieron a aparecer.

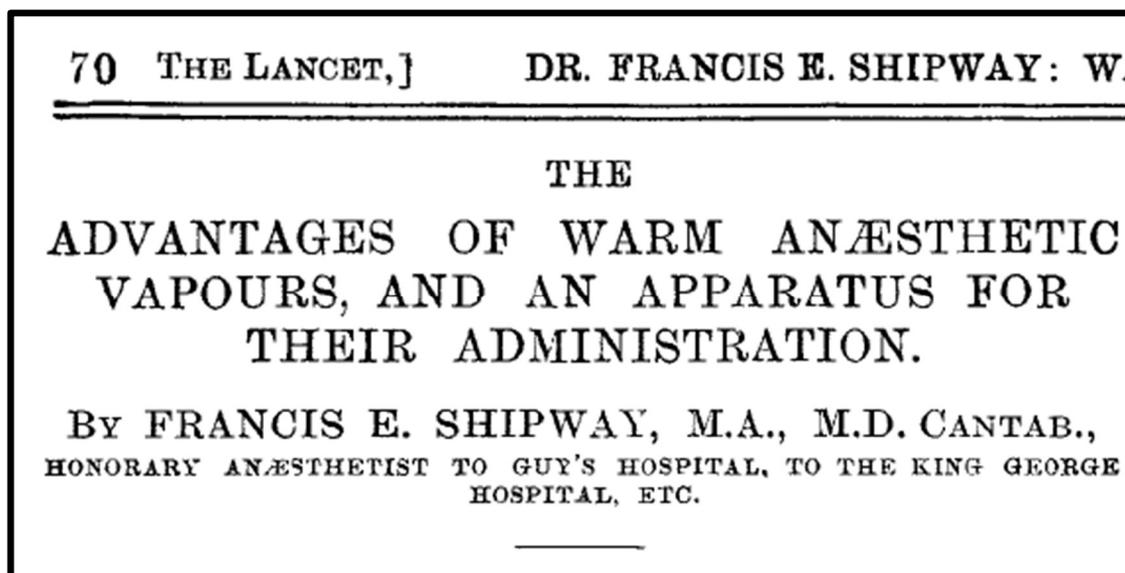


Figura 155. Artículo de Shipway sobre las ventajas de los vapores calientes publicado en la revista *'The Lancet'*, en 1916. Reproducido de Shipway FE. "The advantages of warm anaesthetic vapours, and an apparatus for their administration". *Lancet*. 1916;187(4819):70-4. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

El calentamiento del vapor inhalado permitía una inducción y recuperación anestésicas más rápidas, lo que suponía un ahorro de anestésicos. Además, disminuía las complicaciones

²⁴⁰ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) "Insufflation anesthesia and the Shipway apparatus". *Anaesth Intensive Care*;41(3):287-288.

pulmonares y la caída de la temperatura corporal durante la intervención, mitigando los efectos deletéreos de la hipotermia.

En este artículo Shipway daba a conocer las características de su aparato (figura 156), el cual estaba compuesto de cuatro partes principales:

- Un fuelle de gran capacidad (B).
- Botella de éter (E).
- Botella de cloroformo tipo Junker (C).
- Cámara de calentamiento (W).

Tanto las botellas de éter y cloroformo, como la cámara de calentamiento estaban contenidas en soportes metálicos conectados entre sí. Estos soportes metálicos servían para evitar el enfriamiento excesivo del anestésico, al actuar como camisas de agua o aislantes térmicos.

En el corcho de la botella de éter se disponía un tubo eferente, un embudo de llenado y un grifo regulador (T). Este grifo estaba formado por un tubo largo que se sumergía en el éter, y dos brazos cortos, uno proximal, que se unía al fuelle de mano, y otro distal que se conectaba con el tubo aferente de la botella de cloroformo a través de un tubo de goma.

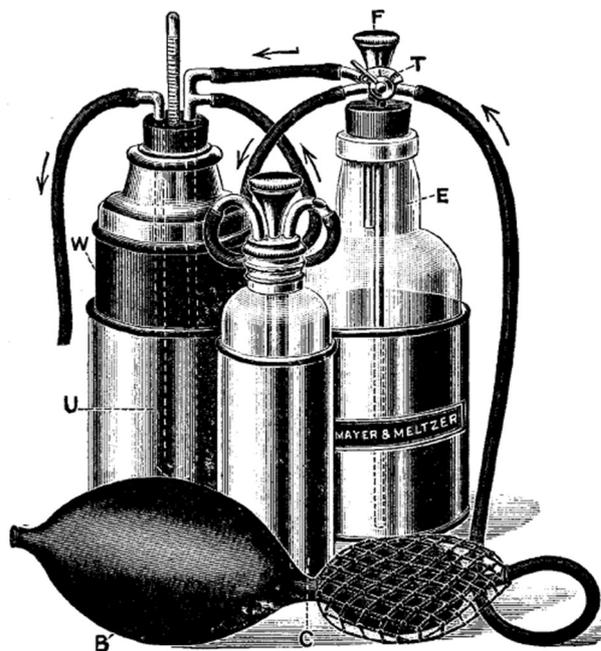


Figura 156. Aparato de Shipway para la insuflación de vapores calientes. Reproducido de Shipway FE. "The advantages of warm anaesthetic vapours, and an apparatus for their administration". *Lancet*. 1916;187(4819):70-4. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

Los tubos eferentes de la botella de éter y de cloroformo estaban conectados a través de tubos de goma a la rama aferente de la cámara de calentamiento, que en su zona de unión se disponía en forma de «U». La otra parte de la rama aferente se sumergía en el agua tibia de la cámara de calentamiento.

Finalmente, esta cámara presentaba otra rama eferente por donde salían los vapores anestésicos calentados hacia la máscara facial o tubo endotraqueal.

El grifo (T) estaba equipado con una palanca, que era la que se encargaba de dirigir el aire bombeado por el fuelle de mano. Mediante esta palanca el aire podía pasar por la botella de éter, por la botella de cloroformo, o en proporciones variables a través de ambas botellas.

Shipway señaló que para los casos de insuflación intratraqueal era preferible usar un fuelle de mano. No obstante, existía la posibilidad de sustituir el fuelle de mano por uno de pie, aunque recomendaba esta opción para los casos en los que la anestesia se administrara a través de una máscara facial²⁴¹.

En 1912, tras conocer el dispositivo de insuflación de Kelly, Shipway desarrolló una modificación del mismo mediante la incorporación de un motor eléctrico como suministro de gas, ya que consideraba que el fuelle de pie no proporcionaba una anestesia tan regular como un dispositivo mecánico, sobre todo en operaciones largas, donde el mantenimiento de la anestesia con el fuelle de pie se convertía en un trabajo duro.

La figura 157 corresponde a la modificación del aparato de Kelly realizada por Shipway. El aire entraba al aparato por la tubería (A) y se mezclaba con el oxígeno, si era necesario, por medio del grifo (B). Un grifo regulador (C) controlaba si esta corriente de gas pasaba, o no, hacia el recipiente de éter (D), así como la proporción en que pasaba.

La mezcla de aire y éter, o sólo aire, pasaba a continuación a una cámara de humidificación (E); posteriormente pasaba al recipiente de calentamiento (G), y desde aquí a la tubería de salida (L). En la zona de salida se colocaba un manómetro y una válvula de seguridad de descarga para presiones superiores a 20 mm Hg, aunque se podía configurar para su descarga a otras presiones. El aparato también contaba con un termómetro para determinar la temperatura de la corriente de gas saliente, y con otro grifo o llave de paso (K) para regular el volumen de la corriente²⁴².

²⁴¹ SHIPWAY, F.E. (1916) "The advantages of warm anaesthetic vapours, and an apparatus for their administration". *Lancet*;187(4819):70-74.

²⁴² SHIPWAY, F.E. (1914) "Apparatus for intratracheal anaesthesia". *Lancet*;184(4741):104.

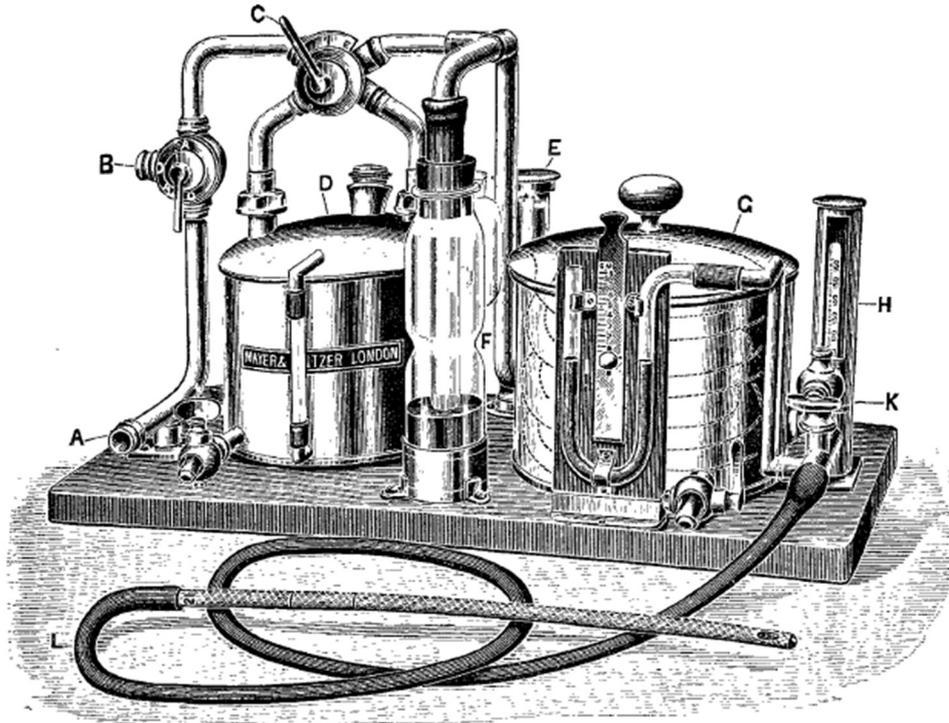


Figura 157. Aparato de insuflación intratraqueal de Shipway. Este aparato era una modificación del empleado por Kelly. Reproducido de Shipway FE. "Apparatus for intratracheal anaesthesia". *Lancet*. 1914;184(4741):104. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

En la figura 158 se muestra el motor empleado por este aparato para el bombeo de aire, operativo con tensiones de 100 a 250 voltios. La velocidad y la fuerza de la corriente generada podían ser reguladas. Permitía obtener un flujo continuo, a diferencia de los fuelles de mano o pie que emitían un flujo intermitente.

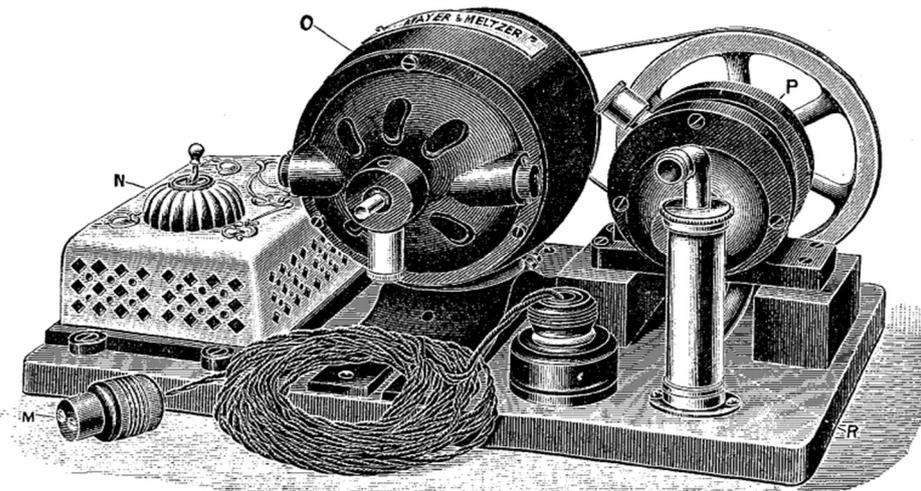


Figura 158. Motor del aparato de insuflación intratraqueal de Shipway. Reproducido de Shipway FE. "Apparatus for intratracheal anaesthesia". *Lancet*. 1914;184(4741):104. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

Entre 1916 y 1925 Shipway introdujo otros diseños más sofisticados, como el que se observa en la figura 159. En este aparato, la base del dispositivo actuaba como cámara de calentamiento. En esta base se recogían los gases anestésicos. Los vapores de cloroformo se conducían a través de su botella (K) por medio de un tubo que conectaba con la base, mientras que el éter se vaporizaba desde su recipiente (B) a través de un sistema de alimentación por goteo (D).

Ambos gases eran transportados por una corriente de aire que atravesaba la cámara de calentamiento hasta el conducto de salida, regulado por un grifo (L), que se conectaba con la tubería sobre la que se insertaba el catéter intratraqueal (M)²⁴³.

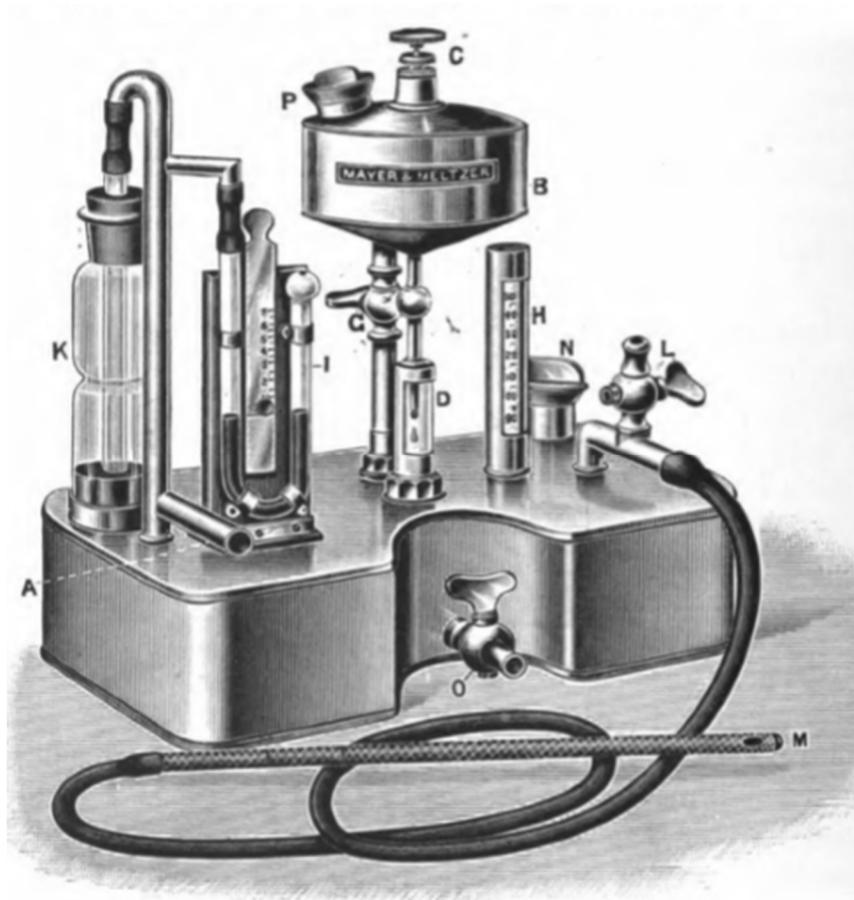


Figura 159. Diseño más moderno del aparato de insuflación intratraqueal de Shipway. Reproducido de Silk JFW. (1920) *Modern Anaesthetics*. Dominio público.

Tal y como se observa en estas ilustraciones, los aparatos de Shipway fueron elaborados por la compañía londinense *Mayer & Meltzer*, fabricante de instrumentos quirúrgicos durante los siglos XIX y XX.

²⁴³ THOMSON, H.T. (1919) "Intratracheal Anaesthesia". En: ROSS, J.S. Eds. *Handbook of Anaesthetics*. Edimburg: E. & S. Livingstone. p.96-108.

3.6.3.1.3.- Aparato de insuflación endotraqueal de Magill

En 1921 el médico norirlandés Ivan Whiteside Magill (1888-1986) introdujo su primer aparato para la insuflación traqueal de éter en aire caliente. Magill, que un principio había mostrado preferencias por la cirugía, tomó partido por la anestesia después de la Gran Guerra, y comenzó a trabajar como anestesista en el *Queen's Hospital* de Sidcup, Londres. Su ámbito de actuación era la cirugía facial, por lo que pronto se familiarizó con la insuflación endotraqueal y con el aparato de Shipway. Sin embargo, consideraba que era necesario un diseño más portátil, que permitiese su uso en la práctica privada, ya que la mayoría de los anestesiólogos eran itinerantes²⁴⁴.

El aparato de Magill de 1921 era más simple que los descritos anteriormente (figura 160). Estaba compuesto por una botella de éter de tipo Junker (E), en la que el arrastre de los vapores se llevaba a cabo a través de un fuelle de mano (H). Los vapores de éter impulsados por la presión positiva del fuelle eran conducidos a una cámara de calentamiento (D).

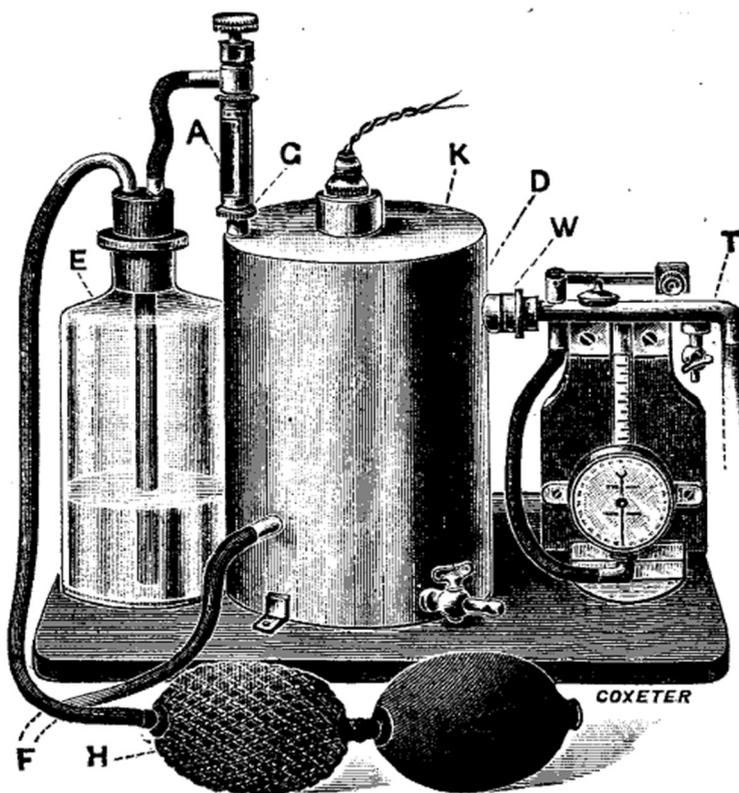


Figura 160. Aparato de insuflación traqueal de Magill. Reproducido de Magill I. "A Portable Apparatus for Tracheal Insufflation Anaesthesia". *Lancet*. 1921;197(5096):918. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

²⁴⁴ McLACHLAN, G. (2008) "Sir Ivan Magill KCVO, DSc, MB, BCh, BAO, FRCS, FFARCS (Hon), FFARCSI (Hon), DA, (1888-1986)". *Ulster Med J*;77(3):146-152.

La cámara de calentamiento estaba formada por un cilindro externo y otro interno. Entre ambos quedaba un espacio intermedio que actuaba como cámara de aire. Sobre la tapa del cilindro (K) se disponía una pieza intermedia (A) entre la botella de éter y la cámara de calentamiento, a la que se conectaba a través de un tornillo de enganche (G). Esta pieza era una válvula de aguja que presentaba una mirilla para poder visualizar el avance de los vapores de éter.

Esta cámara presentaba en su parte inferior una conexión (F) a un fuelle de pie o cilindro de compresión, que al accionarse movilizaba los vapores de éter calentados hacia el orificio de salida (W), desde donde se transportaban a través de un tubo metálico (T) hasta la conexión al paciente (normalmente una tubuladura unida a un catéter intratraqueal).

Además, el tubo (T) servía como estructura sobre la que montar el termómetro y el manómetro sobre una unidad de soporte vertical de madera²⁴⁵.

Sobre este primer diseño Magill introdujo sucesivas modificaciones entre 1923 y 1935, para permitir la administración conjunta de óxido nítrico y oxígeno²⁴⁶, así como para incorporar medidores de flujos de gas (flujómetros secos inicialmente, y posteriormente rotámetros)²⁴⁷.

3.6.4.- Incorporación del ventilador a la máquina de anestesia

En 1916 Knut Harald Giertz (1876-1950), profesor de Medicina en Suecia, demostró, por medio de la experimentación animal, que la ventilación artificial por insuflación rítmica era superior a la respiración con presión diferencial constante del tipo Sauerbruch. A partir de las observaciones de Giertz, el cirujano sueco Paul Frenckner (¿?- 1967) desarrolló el *Spiropulsator* (figura 161), un ventilador mecánico que utilizó para administrar la mezcla de anestésicos durante la ventilación artificial. Desde 1933 Frenckner, junto a dos colaboradores suecos, el ingeniero Anderson y el cirujano Clarence Crafoord (1899-1984), diseñaron un aparato de anestesia que proporcionaba ventilación positiva intermitente. Esta nueva máquina, conocida con el nombre de Aparato de Frenckner-Crafoord-Anderson, era una combinación del *Spiropulsator* con un aparato de anestesia de la compañía *AGA* llamado «AGA NB-8», y fue empleada por Crafoord en varios centenares de pacientes sometidos a cirugía torácica mayor²⁴⁸. El aparato de Frenckner-

²⁴⁵ MAGILL, I. (1921) "A Portable Apparatus for Tracheal Insufflation Anaesthesia". *Lancet*;197(5096):918.

²⁴⁶ MAGILL, I. (1923) "An apparatus for the administration of nitrous oxide, oxygen, and ether". *Lancet*;202(5214):228.

²⁴⁷ ROWBOTHAM, M. (1951) "Ivan Magill". *Br J Anaesth*;23(1):49-55.

²⁴⁸ MOERCH, E.T. (1948) "Controlled Respiration by Means of Special Automatic Machines as Used in Sweden and Denmark". *Anaesthesia*;3:4-11.

Crafoord-Anderson puede ser considerado como el primer equipo de anestesia híbrido en el que se instaló un ventilador eléctrico como parte integral del mismo.

Ernst Trier Moerch (1908-1995), un médico danés que formaba parte de la resistencia durante la invasión alemana en la Segunda Guerra Mundial, recibió una licencia para estudiar Anestesiología en el Instituto Karolinska, Estocolmo, durante 1943. Durante su estancia en Suecia aprendió a usar el *Spiropulsator*, y de vuelta a su país diseñó un respirador con los escasos suministros que encontró disponibles como consecuencia del bloqueo de la guerra²⁴⁹ (figura 162).



Figura 161. *Spiropulsator* de Frenckner. Imagen cortesía del museo de anestesia del Hospital de Besançon, Francia. Reproducida con permiso.

²⁴⁹ ROSENBERG, H., AXELROD, J.K. (2000) "Ernst Trier Mørch: Inventor, Medical Pioneer, Heroic Freedom Fighter". *Anesth Analg*;90:218-221.



Figura 162. Respirador de Moersch. Imágenes cortesía de la ‘American Association for Respiratory Care’s Virtual Museum’.

Moersch combinó su respirador con la máquina de anestesia de *McKesson Nargraf* (figura 163), dando como resultado un nuevo equipo híbrido formado por una bomba de pistón accionada eléctricamente, la cual se insertaba en un circuito cerrado en lugar de una bolsa de respiración²⁵⁰.

Estos equipos resultaban complejos y voluminosos, y en un principio no atrajeron el interés de los anesestiólogos involucrados en las intervenciones de rutina. Sin embargo, la introducción de los relajantes musculares en 1942, y la posterior modificación de la técnica anestésica propuesta por Thomas Cecil Gray (1913-2008) en 1946, cambiaron el panorama, y a principios de la década de 1950, Norman James (¿?-1987), director del departamento de Anestesiología del *Royal Hospital Melbourne*, declaraba:

*«el uso creciente en la anestesia de agentes relajantes como ‘tubarine’ o ‘Flaxedil’ junto con la respiración controlada para cirugía mayor tiende a focalizar la atención en la posible eliminación del control manual con todas sus desventajas»*²⁵¹.

Esta afirmación pone de relieve la importancia de la liberación de las manos del anesestiólogo, que gracias a la ventilación controlada podía centrar su atención en otros aspectos relativos al proceso anestésico quirúrgico.

La técnica de T Cecil Gray, introducida en Liverpool, consistía en la inducción anestésica a través de un agente intravenoso, la administración de curare para el bloqueo neuromuscular, la intubación endotraqueal e instauración de ventilación mecánica controlada, el mantenimiento de la inconsciencia por medio de un anestésico inhalado (suplementado con opioides si fuera necesario), y la reversión del bloqueo neuromuscular al final de la anestesia. Esta técnica,

²⁵⁰ MOERCH, E.T. (1948) “Controlled Respiration by Means of Special Automatic Machines as Used in Sweden and Denmark”. *Anaesthesia*;3:4-11.

²⁵¹ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2012) “The first anaesthetic ventilators”. *Anaesth Intensive Care*;40(3):381-382.

denominada anestesia general balanceada, se basaba en la triada clínica caracterizada por la inconsciencia, analgesia y relajación muscular²⁵².

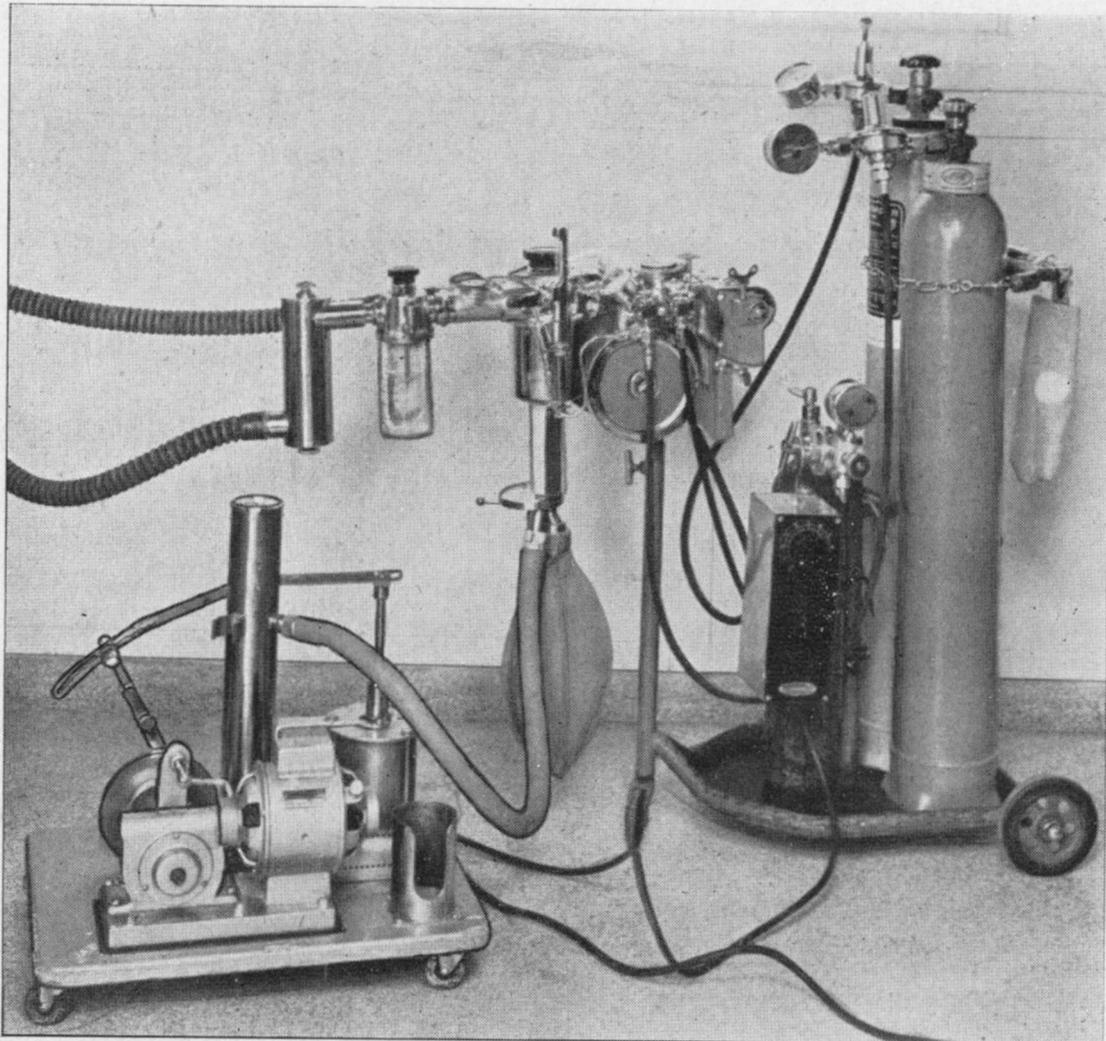


Figura 163. Respirador de Moersch con la máquina de anestesia de McKesson Nagraf. Fotografía reproducida de Moersch ET. "Controlled Respiration by Means of Special Automatic Machines as Used in Sweden and Denmark". *Anaesthesia*.1948;3:4-11. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.

La introducción de la anestesia intravenosa con *Tiopental*, en 1934, y de los relajantes musculares en 1942, proporcionó mejores condiciones quirúrgicas²⁵³, lo que favoreció la introducción de la ventilación artificial intraoperatoria en otras intervenciones más allá de la Cirugía Torácica, y con ello la incorporación del ventilador a la máquina de anestesia.

²⁵² SHAFER, S.L. (2011) "From d-tubocurarine to sugammadex: the contributions of T. Cecil Gray to modern anaesthetic practice". *Br J Anaesth*;107(1):97-102.

²⁵³ SYKES, K., BUNKER, J. (2011) "Curare transforms anesthesia". En: SYKES, K., BUNTER, J. Eds. *Anaesthesia and the Practice of Medicine: Historical Perspectives*. London: Hodder&Stoughton. p.137-152.

Otro acontecimiento que resultó fundamental para la incorporación del ventilador en la máquina de anestesia fue la epidemia de poliomielitis de Copenhague de 1952.

Björn Ibsen (1915-2007), médico danés (figura 164), se trasladó en 1949 a Boston para especializarse en Anestesiología en el Hospital General de Massachusetts. Aquí se familiarizó con las distintas técnicas anestésicas, incluida la ventilación con presión positiva. En 1950 Ibsen regresó a Copenhague, donde comenzó a ejercer su nueva especialidad²⁵⁴. Dos años más tarde la ciudad se vio afectada por una de las peores epidemias de poliomielitis del mundo: 2899 casos en una población de dos millones. Más de cincuenta personas ingresaban al día en el *Blegdam Hospital*, algunos de ellos con afectación bulbar. La situación era desesperada. Los pulmones de acero y los respiradores coraza funcionaban a pleno rendimiento, pero eran insuficientes.



Figura 164. Björn Ibsen. Dominio público

Ante este panorama, el jefe médico del hospital, Henri Cai Alexander Lassen (1900-1974), decidió llamar a Ibsen para conocer su punto de vista como anesthesiólogo. Ibsen había aprendido en Boston que la retención de dióxido de carbono causaba hipertensión y sudoración, y reconoció estos síntomas en los pacientes de poliomielitis. Los pacientes estaban muriendo por insuficiencia respiratoria, y no por insuficiencia renal como se pensaba. Fue entonces cuando Ibsen convenció a Lassen para realizar traqueostomía a los pacientes y ventilar manualmente con presión positiva (figura 165). Lassen, que al principio se mostró escéptico, accedió cuando Ibsen

²⁵⁴ ZORAB, J. (2003) "Björn Ibsen". *Resuscitation*;57:3-9.

demonstró su eficacia en una niña de 12 años afectada de parálisis bulbar, y que se estaba ahogando con sus propias secreciones²⁵⁵.

Con el establecimiento de la ventilación por presión positiva la mortalidad se redujo drásticamente, del 87% aproximadamente, al 40%. Al final de la epidemia, alrededor de 1500 estudiantes habían proporcionado ventilación manual durante unas 165000 horas. Debido al desafío logístico que representó esta epidemia se diseñaron las primeras Unidades de Cuidados Intensivos tal y como las conocemos en la actualidad²⁵⁶.



Figura 165. Fotografía que muestra la aplicación de ventilación manual a través de traqueostomía en una paciente afectada por poliomielitis. Reproducida de Rodriguez GA. (2012). “Historia de la ventilación mecánica”. *Medicina Intensiva*. Dominio público. Créditos: CC BY 4.0.

Este hecho determinó el triunfo de la ventilación por presión positiva sobre la ventilación por presión negativa, y marcó un antes y un después en la historia de la ventilación mecánica, y de la Medicina en general: modificó el abordaje de los cuidados intensivos e implantó de forma

²⁵⁵ IBSEN, B. (1952) “The anaesthetist's viewpoint on the treatment of respiratory complications in poliomyelitis during the epidemic in Copenhagen, 1952”. *Proc R Soc Med*;47(1):72-4; WEST, J.B. (2005) “The physiological challenges of the 1952 Copenhagen poliomyelitis epidemic and a renaissance in clinical respiratory physiology”. *J Appl Physiol*;99(2):424-432.

²⁵⁶ SLUTSKY, A.S. (2015) “History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung injury”. *Am J Respir Crit Care Med*;191(10):1106-1115.

definitiva la ventilación positiva intraoperatoria, lo que llevó a los distintos fabricantes a incorporar el ventilador en la máquina de anestesia durante la década de 1950, tal y como señala Wilkinson en su artículo²⁵⁷.

Estos vientos a favor de la ventilación con presión positiva en cirugía pueden observarse en los equipos desarrollados por John H. Blease (1906-1985), un constructor de motocicletas de carreras británico, y a la postre técnico anestésico. Blease había diseñado en 1945 un ventilador de presión positiva intermitente, utilizado de forma exitosa en Liverpool. Después de la Segunda Guerra Mundial, en 1947, introdujo mejoras en este ventilador y lo denominó *Pulmoflator* (figura 166), que fue el primer ventilador británico de presión positiva comercializado, y sobre el que fue patentando sucesivas mejoras y sofisticaciones bajo diferentes denominaciones.

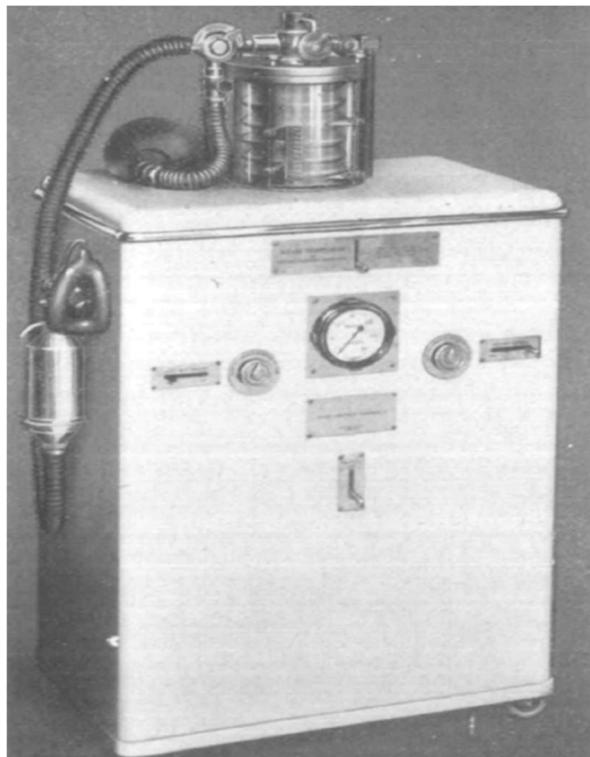


Figura 166. *Pulmoflator* de Blease. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. “Modern Automatic Respirators”. *Br J Anaesth*. 1954;26:131-47. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

En 1953, Blease incorporó el *Pulmoflator* “P.1” en el interior de una máquina de anestesia, y pasó a llamar a este nuevo invento *The combined Pulmoflator*, o “P.2”, que incorporaba rotámetros para los gases, incluido el ciclopropano; bastidores para cilindros de gas; aparato para medición de la presión arterial; aspirador; accesorios del broncoscopio; y bandeja para los instrumentos.

²⁵⁷ WILKINSON, D.J. (1991) “Evolution of the Anesthesia Machine”. *Curr Anaesth Crit Care*;2(1):51-56.

El modelo “P.3” era un respirador con circuito abierto para uso en Cuidados Intensivos. El “P.4” fue diseñado para uso exclusivo en Anestesia, y podía usarse con circuito cerrado o semicerrado. El “P.5” era otro modelo combinado «respirador/máquina de anestesia». Los modelos “P.6” y “P.7” podían usarse solos o combinados con un aparato de anestesia.

Finalmente, en 1960 diseñó el modelo “P.10”, el cual incorporaba una válvula para seleccionar entre circuito abierto y circuito cerrado, y tenía dos fuelles de concertina. Este modelo fue combinado con una máquina de anestesia, dando lugar al modelo “P.11” (figura 167). Hay que señalar que el ventilador de los modelos “P.3” a “P.11” era de tipo volumétrico²⁵⁸, mientras que los primeros modelos incorporaban un ventilador controlado por presión²⁵⁹.



Figura 167. Pulmoflator de Blease modelo “P.11”. Dominio público. Créditos CC BY 4.0.

²⁵⁸ MCKENZIE, A.G. (2000) “The inventions of John Blease”. *Br J Anaesth*;85(6):928-935.

²⁵⁹ MUSHIN, W.W., RENDELL-BAKER, L. (1954) “Modern Automatic Respirators”. *Br J Anaesth*;26:131-147.

Por motivos de salud, Blease vendió su compañía en 1965, la cual sigue operando en la actualidad con el nombre de *Blease Medical Equipment Limited*, con sede en Chesham, Reino Unido.

Otro de los principales fabricantes de máquinas de anestesia, la compañía Dräger, también comenzó a incorporar el ventilador a sus equipos de anestesia durante la década de 1950. Esta empresa, pionera en el desarrollo de válvulas reductoras de presión para los cilindros de oxígeno a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, inició pronto su andadura en el campo de la ventilación artificial. En 1907 Heinrich Dräger (1847-1907) obtuvo la patente del *Pulmotor*, un respirador que incorporaba una tecnología novedosa para insuflar aire u oxígeno en los pulmones, ya que funcionaba con oxígeno a presión. El *Pulmotor* creaba de forma alternativa presión positiva y negativa en las vías aéreas, lo que permitía la entrada y salida del aire²⁶⁰.

Durante la primera parte del siglo XX diseñó diferentes máquinas de gas y aparatos de anestesia, como el ya citado aparato de Roth-Dräger-Krönig, que permitía aplicar ventilación artificial manualmente, gracias a la aplicación de presión positiva y negativa a la máscara de ventilación a través de un inyector.

En la década de 1930 desarrolló varios modelos para la anestesia inhalatoria, y a finales de la década de 1940 incorporó el circuito circular. En 1952 fabricó el modelo *Dräger Romulus* (figura 165), un dispositivo diseñado para satisfacer las demandas de comodidad en los equipos de anestesia, y que disponía un circuito de recirculación, rotámetros, absorbedor de dióxido de carbono, así como los demás elementos esenciales de las máquinas de anestesia de la época.

Ese mismo año, la compañía desarrolló el *Pulmotat*, un nuevo tipo de ventilador que funcionaba automáticamente impulsado por oxígeno comprimido, y que fue diseñado como una unidad adicional para conectarse a cualquier máquina de anestesia Dräger con un sistema circular, como el *Dräger Romulus*, o el *Dräger Fabius*, fabricado en 1956.

En 1959, con la evidencia de las ventajas de la relajación muscular y de la superioridad de la ventilación por presión positiva, la compañía fabricó la máquina de anestesia *Spiromat 5000* (figura 169), diseñada como una combinación del ventilador de larga duración *Spiromat 4900* y la máquina de anestesia *Dräger Romulus*.

²⁶⁰ BARNES, E. (2000) *It began with the Pulmotor. One hundred years of Artificial ventilation*. Lübeck: Dräger Medica.



Figura 168. *Dräger Romulus*. 1952. Imagen Cortesía de Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lubeck. Todos los derechos reservados. Reproducida con permiso.



Figura 169. *Dräger Spiromat 5000*. Imagen Cortesía de Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lubeck. Todos los derechos reservados. Reproducida con permiso.

En esta máquina, Dräger integraba en un mismo equipo el ventilador y el aparato de anestesia. A partir de entonces, los sucesivos modelos de Dräger (*Octavius*, *Tiberius*, etc.) llevaron incorporado un ventilador de fábrica²⁶¹.

Del mismo modo, a partir de los años sesenta la *Ohio Medical Products*, que había adquirido la compañía *Cleveland Dental Manufacturing Co* (fabricante del aparato de óxido nitroso/oxígeno de Teter), comenzó a incorporar los ventiladores en sus equipos de anestesia. De esta forma podemos encontrarlo en la *Ohio Series 4000 anesthesia machine*, figura 170, que introducía caudalímetros más fáciles de leer y válvulas de aguja para el control del gas en los caudalímetros, o en el modelo *DM 5000*²⁶², figura 171, la primera con vaporizadores calentados electrónicamente y enclavamientos múltiples para evitar el uso simultáneo de vaporizadores.

Posteriormente, en 1979 la *Ohio Medical Products* se fusionó con la compañía *General Electric Healthcare*, que a su vez adquirió en 2003 la compañía *Instrumentarium*, constructora de las máquinas de anestesia *Datex-Ohmeda*²⁶³.



Figura 170. Fotografía de la máquina de anestesia *Ohio 30/70*, perteneciente a la línea de producción *Ohio Series 4000*. Dominio público.

²⁶¹ HAUPT, J. (2014) *The History of Anesthesia at Dräger*. Hamburg: Lübeck: Dräger Druck.

²⁶² SCHEIBER, P. (1972) *Anaesthesia Equipment. Performance, Classification and Safety*. Berlín: Springer-Verlag. p.132-133.

²⁶³ THE PULSE on Health, Science & Tech. [sede web]: Chicago: General Electric Healthcare Anesthesia; 2019 [acceso el 24 de noviembre de 2019]. *100 Years of History-Review*: Disponible en: <http://newsroom.gehealthcare.com/anesthesia-100-years-of-history-review/>; Wikipedia, The Free Encyclopedia [sede web]. San Francisco; 2019 [acceso el 24 de noviembre de 2019]. *Wikipedia contributors*. *GE Healthcare*. Disponible en el siguiente enlace: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=GE_Healthcare&oldid=926714012. Nota: A pesar de que Wikipedia es una fuente terciaria, hemos decidido incorporar en este punto a nuestro trabajo de investigación una cita basada en esta “enciclopedia libre”, ya que, a nuestro juicio, ofrece una visión general y clara sobre los procesos de fusión y anexión entre estas grandes compañías, y las referencias en las que se basan nos parecen fidedignas.

En definitiva, a partir de la década de 1950 con el triunfo de la ventilación por presión positiva y la introducción del curare en anestesia, los grandes fabricantes de máquinas de anestesia comenzaron a integrar el ventilador en el aparato de anestesia, siendo en la actualidad una pieza básica e indispensable de cualquier estación de anestesia.

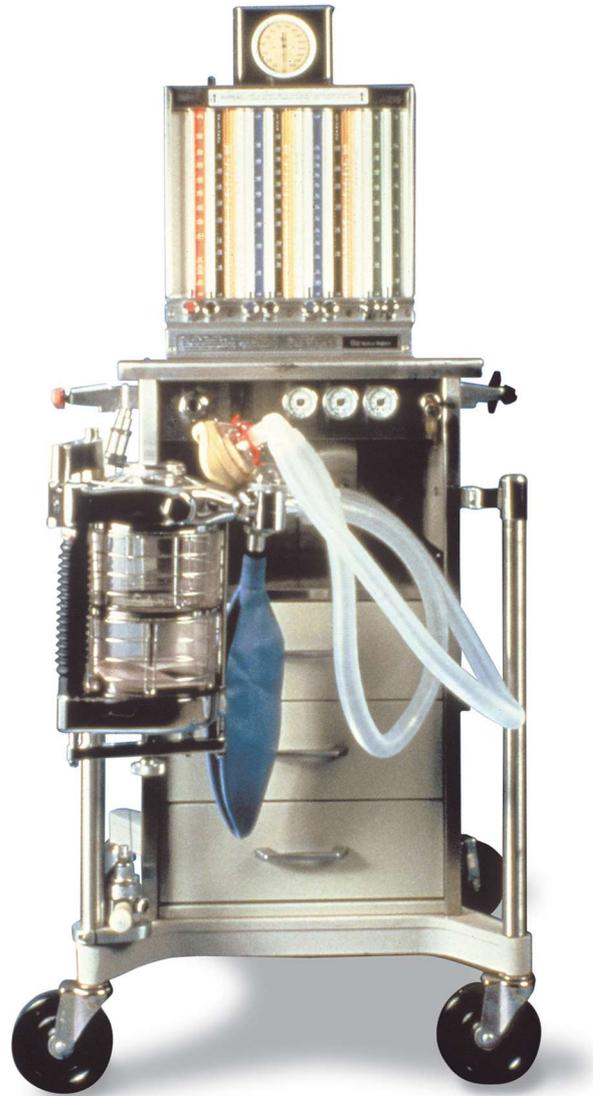


Figura 171. Fotografía de la máquina de anestesia Ohio DM 5000. Dominio público.

3.7.- VAPORIZADORES MODERNOS

Denominamos vaporizador al sistema que hace que el anestésico líquido se transforme en un volumen preciso y controlable de vapor anestésico. De manera general, podemos definir un vaporizador como una cámara en la que un gas vector es saturado con un gas anestésico volátil. La vaporización de un agente líquido depende de varios factores como la temperatura, la presión de vapor, el calor latente de vaporización, el calor específico, la presión atmosférica, etc²⁶⁴.

En los inicios de la anestesia inhalatoria la concentración del agente volátil inhalado era “la gran desconocida”, de manera que, en materia de seguridad, esta sería precaria hasta que este factor no fuese controlado.

Desde muy temprano diversos autores trataron de solventar este problema, como por ejemplo Snow (1847), Clover (1862), Junker (1867), Harcourt (1903), Ombredánne (1908), o Shipway (1916), entre otros²⁶⁵. Sin embargo, en el desarrollo de los vaporizadores hay que destacar dos momentos en el siglo XX.

3.7.1.- Vaporizador Oxford

Tras el primer viaje de Robert Reynolds Macintosh (1897-1989) a España, en 1937, el penoso estado de la anestesia española le animó a diseñar un inhalador de éter portátil que se pudiera emplear en circunstancias poco favorables y, tras contactar con H.G. Epstein (1909-2002), un físico de Berlín, y otros especialistas en química y fisiología, diseñaron el vaporizador Oxford.

El principio del vaporizador de Oxford se basaba en mantener el éter a una temperatura constante y elevada, para obtener una alta concentración de vapor de éter de forma continuada y así poder administrar una concentración conocida y predeterminada por una escala²⁶⁶.

Por las propiedades físicas del éter, la concentración de vapor de esta sustancia a -17° C es del 10%, a 0°C del 25%, a 17°C del 50%, y a 34° C del 100%. De esta forma, cambiando la

²⁶⁴ SORO, M., BELDA, F.J., LLÓRENS, J., JOVER, J.L., MARTÍ, F. (2009) “Estructura de los equipos de anestesia”. En: BELDA, F.J., LLÓRENS, J. Eds. *Ventilación Mecánica en anestesia y cuidados críticos*. Madrid: Arán. p.313-349.

²⁶⁵ RUSHMAN, G.B., DAVIES, N.J.H., ATKINSON, R.S. (1996) *A Short History of Anaesthesia. The first 150 years*. Oxford: Butterworth Heinemann. p.57.

²⁶⁶ UNZUETA-MERINO, M.C. (1999) *Influencia de la escuela de Oxford en el desarrollo de la Anestesiología moderna en España: La huella de Robert Macintosh*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

temperatura del recipiente contenedor de éter se podrían conseguir variaciones graduales en la concentración de vapor de éter. Robert Macintosh y Kurt Mendelssohn (1906-1980) eran conscientes de que ningún dispositivo permitía cambios tan rápidos y bien controlados de la temperatura como para poder emplearlo en la práctica clínica de forma factible, de manera que centraron su atención en mantener en un recipiente de éter una concentración alta y constante de vapor de éter, y diluirlo con aire u otros gases para administrar la concentración de vapor de éter deseada. Para mantener la temperatura elevada de forma constante, estos autores se basaron en el principio del calor latente de cristalización de una sustancia de depósito fundida previamente²⁶⁷.

El vaporizador Oxford poseía tres cámaras concéntricas (figura 172). La más interna (C), contenía 400 CC. de agua caliente. La intermedia (B), estaba herméticamente cerrada, y contenía 1300 g de cristales de cloruro cálcico hidratado. La más externa (A), contenía éter.

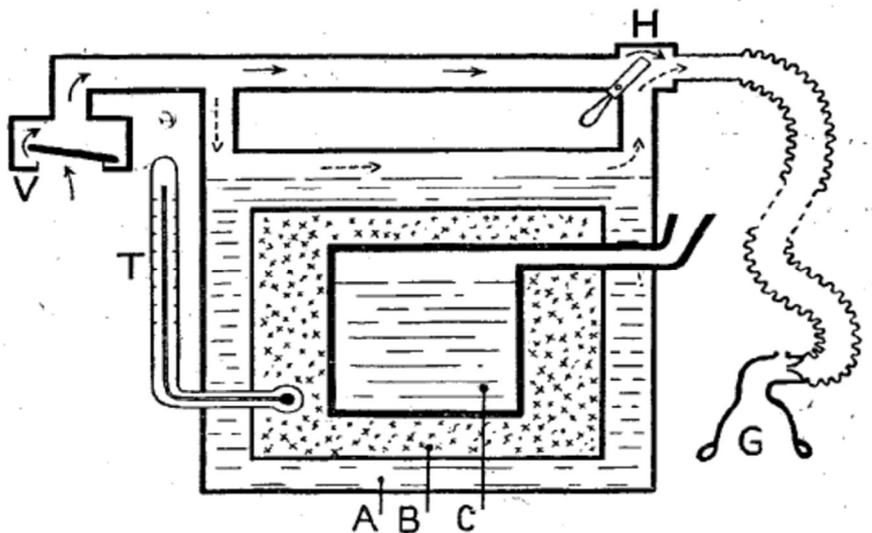


Figura 172. Diagrama del vaporizador Oxford n° 1. Reproducido de Epstein HG, Macintosh RR, Mendelssohn K. "The Oxford Vaporiser n° 1". *Lancet*. 1941;238(6151):62-4. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

El aire inspirado entraba en el aparato por (V), y desde aquí su dirección podía regularse a través de la llave (H), de manera que este podía pasar directamente al paciente (flechas continuas), o desviarse hacia la superficie de la cámara de éter (flechas discontinuas). Cualquier concentración de éter-aire requerida para la anestesia podía lograrse ajustando la llave (H) correctamente.

La sustancia de depósito empleada fue el cloruro de calcio hidratado, con un punto de fusión cercano a 30°. Con la administración de agua caliente se producía la fusión de los cristales de cloruro cálcico, que evitaba el enfriamiento del éter a través de la cesión de su calor latente.

²⁶⁷ MACINTOSH, R.R., MENDELSSOHN, K. (1941) "The Quantative Adminastrion of Ether Vapour". *Lancet*;238(6151):61-62.

De esta manera se mantenía el éter a temperatura constante, con lo que se conseguía una presión constante de vapor en la cámara, y para mantener en funcionamiento el vaporizador, sólo era necesario llenarlo a intervalos con éter y con suficiente agua caliente para volver a fundir los cristales de cloruro cálcico.

Dado que la máquina solo suministraba vapor durante la inspiración, su uso era económico. Además, la ventilación artificial podía administrarse mediante una bolsa con resorte²⁶⁸.

En la figura 173 podemos observar el aspecto externo del Vaporizador Oxford.



Figura 173. Fotografía del vaporizador Oxford. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto de registro número 4724. Reproducido con permiso.

En 1953 estos mismos autores diseñaron otro aparato denominado EMO (Epstein-Macintosh-Oxford), basado en los mismos principios, pero con la incorporación de una termocompensación automática. Esta era un mecanismo que permitía administrar cualquier concentración deseada, independientemente de las variaciones en la temperatura del anestésico líquido, en todo el rango que se pueda encontrar en la práctica clínica, y calibrado en términos de porcentaje de vapor de éter²⁶⁹.

²⁶⁸ EPSTEIN, H.G., MACINTOSH, R.R., MENDELSSOHN, K. (1941) "The Oxford Vaporiser nº 1". *Lancet*;238(6151):62-64.

²⁶⁹ EPSTEIN, H.G., MACINTOSH, R.R. (1956) "An anaesthetic inhaler with automatic thermo-compensation". *Anaesthesia*;11(1):83-88.

El EMO se convirtió en un vaporizador anestésico calibrado, preciso y portátil que se podía utilizar en cualquier lugar. Todavía hoy tiene un uso extendido en países subdesarrollados que carecen de instalaciones de anestesia de alta tecnología, y que con frecuencia carecen de oxígeno. A menudo se ha empleado por personal no médico cualificado, de forma segura, en cientos de miles de pacientes²⁷⁰.

3.7.2.- Vaporizador O.M.O

En 1946 el Dr. José Miguel Martínez (1905-1998, figura 174) conoció a Robert Macintosh, y quedó impresionado con el Vaporizador Oxford que Macintosh utilizaba para la anestesia. Macintosh regaló o vendió a Jose Miguel Martínez uno de sus vaporizadores, y éste, que estaba trabajando en el diseño de un aparato de Anestesia, fabricó un nuevo dispositivo basándose en dicho aparato y en el inhalador de Ombrédanne, por lo que lo denominó inhalador O.M.O (Ombrèdanne-Miguel-Oxford).

El Dr. José Miguel Martínez presentó su inhalador el 11 de febrero de 1948 en la Asociación de Cirugía de la Academia de Ciencias Médicas de Barcelona, aunque ya había sido presentado oficiosamente en una reunión de cirujanos en Santander, en 1947.



Figura 174. Dr. José Miguel Martínez. Primer especialista en Anestesia de España, considerado fundador de la Anestesia española. Año 1990. Imagen del archivo del Dr. Carles Hervàs, cortesía de la 'Galería de Metges Catalans'.

²⁷⁰ MORGAN, M. (1995) "The Epstein-Macintosh-Oxford (EMO) inhaler". *Anesthesia*;50:239-242.

El inhalador O.M.O (figuras 175 y 176) estaba formado por los siguientes componentes:

- Depósito de éter, basado en el de Ombrédanne, con una entrada amplia para el aire u oxígeno o ambos, un sistema de calefacción para el éter y una llave en forma de volante para regular el anestésico administrado.
- Bolsa-fuelle, análoga a la del Vaporizador Oxford, que actuaba como reservorio de gases inspiratorios. A través de ella se podía controlar la amplitud y frecuencia de los movimientos respiratorios, y en caso necesario, proporcionar ventilación asistida.
- Máscara facial de goma, con reborde neumático

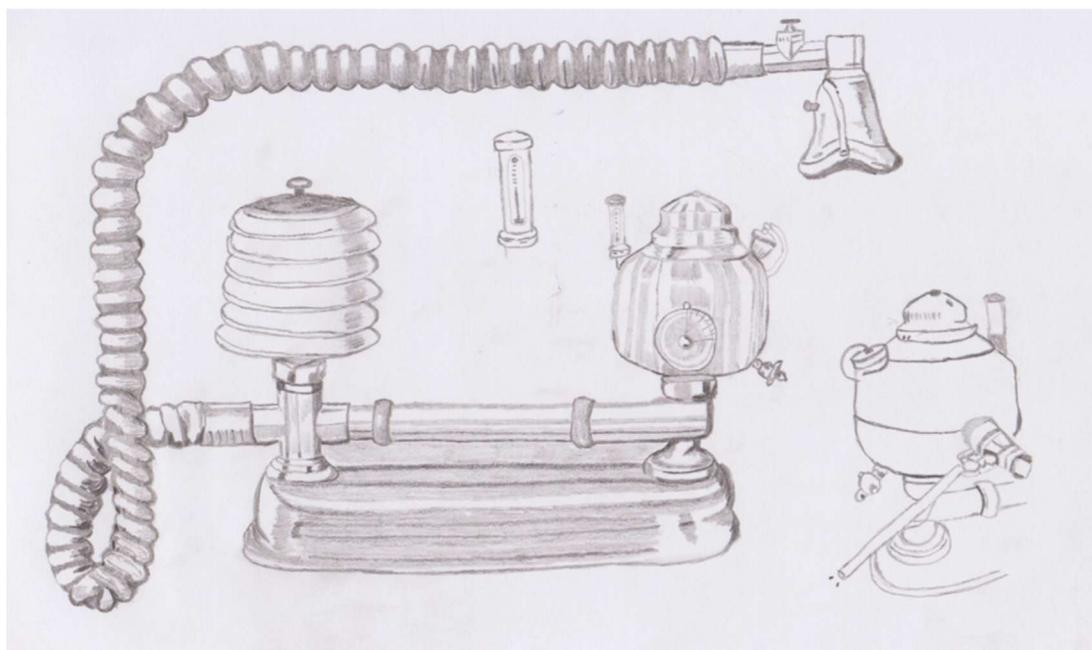


Figura 175. Inhalador O.M.O del Dr. Miguel, inspirado en los aparatos de anestesia de Ombrédanne y de Macintosh (Vaporizador Oxford). Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso.

El depósito de éter estaba conectado a la bolsa-fuelle por medio de un tubo metálico provisto de una válvula unidireccional, de manera que el paso de los gases se producía desde el depósito hacia la bolsa-fuelle.

La conexión de la bolsa-fuelle a la mascarilla se producía a través de tres piezas: un tubo de goma, una válvula de doble paso, similar a la del Vaporizador Oxford, y un codo metálico, que actuaba como pieza de unión entre esta válvula y la mascarilla facial.

El O.M.O disponía de otras piezas accesorias, como la válvula reservorio de cloruro de etilo, para la administración de este gas anestésico durante la inducción de la narcosis, o las necesarias para llevar a cabo una anestesia endotraqueal.

El inhalador O.M.O fue fabricado por la firma Herrera de Barcelona. Durante muchos años fue el aparato anestésico más popular en España, llegándose a vender cerca de 2000 unidades²⁷¹.



Figura 176. Fotografía del inhalador O.M.O. del Dr. Miguel. Imagen reproducida del Instituto de Historia de la Medicina y la Ciencia (Universidad de Valencia – CSIC). Con permiso.

3.7.3.- Vaporizador Copper Kettle de Morris

El otro momento destacado, y que marcó un punto de inflexión, se produjo en 1952, cuando Lucien E Morris (1914-2011), un médico que estaba realizando la residencia de anestesia con Ralph Waters, en la Universidad de Wisconsin, introdujo un nuevo vaporizador para la administración de agentes anestésicos líquidos. A finales de 1947, durante el proceso de formación de Morris como especialista en Anestesiología, Waters observaba como éste trataba de llevar a cabo una anestesia con cloroformo, pero el funcionamiento del vaporizador estaba resultando errático y frustrante. Ante esta situación, Morris comentó: «cualquiera debería ser capaz de hacer un vaporizador mejor que éste». Unas semanas más tarde, mientras Waters estaba de vacaciones en Florida envió al Hospital Madison, donde ambos trabajaban, una postal con la

²⁷¹ UNZUETA-MERINO, M.C. (1999) *Influencia de la escuela de Oxford en el desarrollo de la Anestesiología moderna en España: La huella de Robert Macintosh*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona; FRANCO-GRANDE A., DIZ, J.C. (1999) “Macintosh and the Spanish Connection”. En MARSHALL-BARR, A., DRUTY, P. Eds. *The History of Anaesthesia Society Proceedings. Proceedings of the Combined Meeting to mark the Bicentenary of Davy’s Researches into Nitrous Oxide. Bristol, 13-15 May 1999*. Vols 21-25. Bristol:Abbott Laboratories. p.107-112.

siguiente frase: ¿Ha hecho Morris un nuevo vaporizador ya?²⁷². Sin duda esta postal motivaría a Morris para la fabricación de un nuevo vaporizador.

La mayoría de los vaporizadores disponibles hasta el momento estaban fabricados en cristal, y desviaban una parte del flujo de gas sobre el líquido a vaporizar tratando de regular la concentración final, pero carecían de un ajuste fino. Algunos de estos dispositivos estaban basados en el principio de arrastre, dependiendo su funcionamiento de la respiración activa del paciente. Otros, incluyendo las entonces modernas máquinas de anestesia, eran de la variedad «ad plenum», en la que se agregaban los gases desde un tanque de presión.

El nuevo vaporizador de Morris introducía importantes modificaciones en el diseño del circuito anestésico, en el recipiente contenedor, y en el área de vaporización (figura 177). El objetivo era obtener volúmenes de vapor saturado conocidos y constantes, para conseguir una vaporización precisa de los anestésicos inhalatorios inhalados.

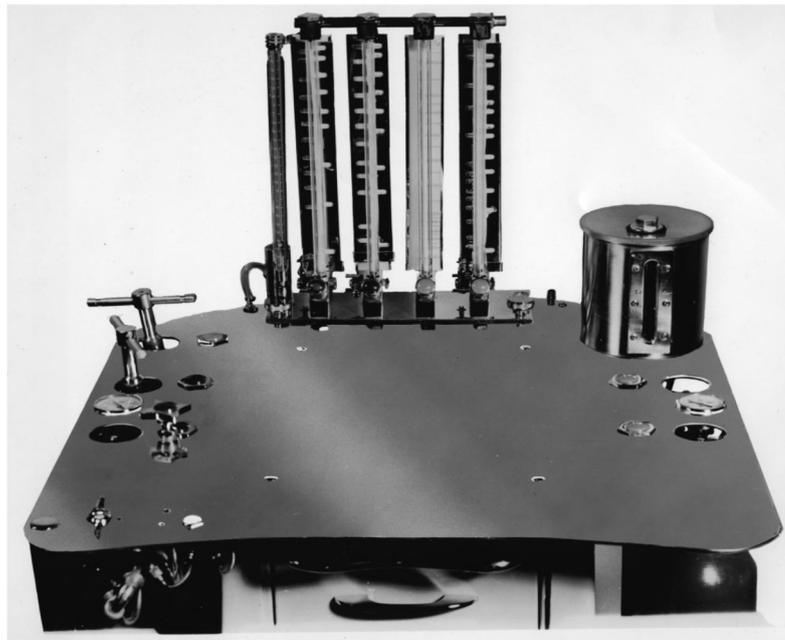


Figura 177. Fotografía del vaporizador *Copper Kettle* de Morris que se encuentra en el Guedel Memorial Anesthesia Center, en San Francisco, California. Reproducida de Raja SN. “Copper Kettle Revisited”. *Anesthesiology*. 2006;104:881-4. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

En el circuito anestésico el principal cambio era el flujo adicional y completamente separado de oxígeno, que burbujeaba a través del agente anestésico líquido y era medido a través de un rotámetro. Este flujo independiente de oxígeno, y contenedor de vapores anestésicos, se

²⁷² SCHROEDER, M.E. (2013) “Lucien E. Morris, MD, Aqualumnus, Inventor, Academic and Historian”. *Bull Anesth Hist*;31(2):26-31.

unía al flujo principal de gases en una pequeña cámara de mezcla situada antes del punto de salida de los gases desde la máquina hacia el paciente (figura 178).

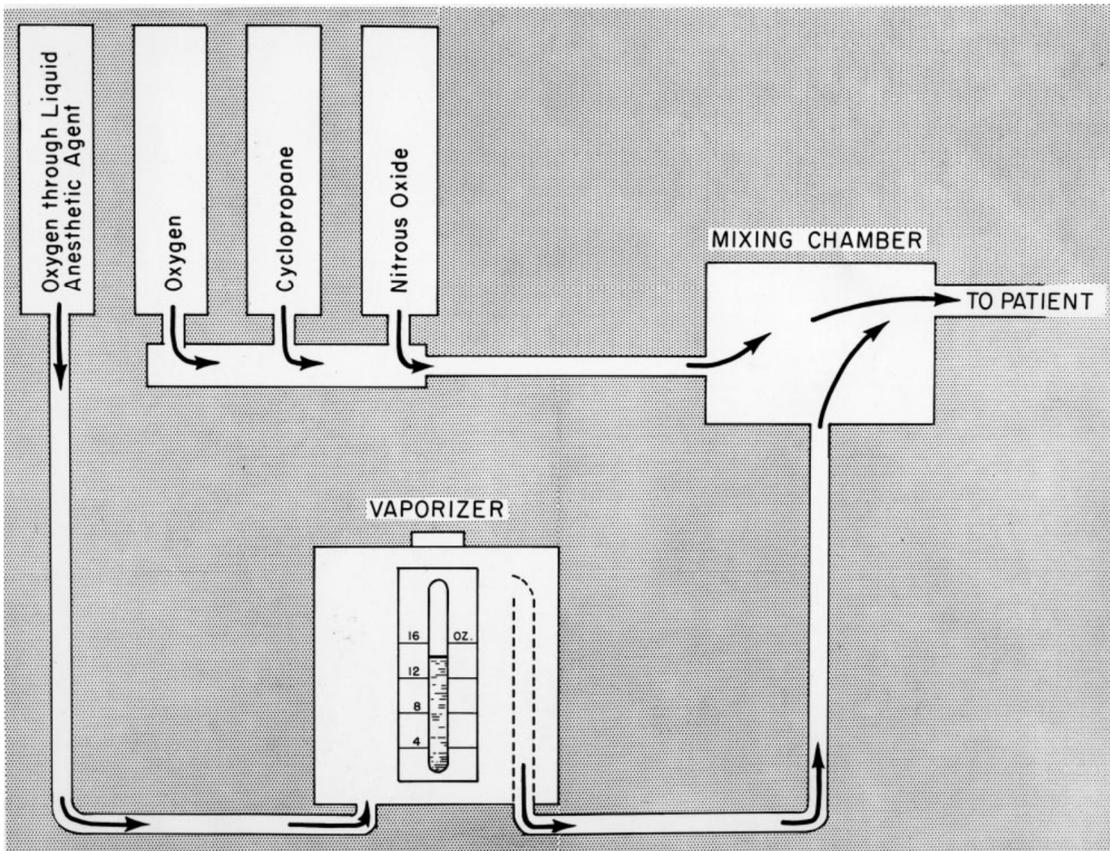


Figura 178. Diagrama esquemático del diseño del circuito que muestra el flujo medido de gas portador a través del líquido que se vaporiza. Reproducido de Raja SN. "Copper Kettle Revisited". *Anesthesiology*. 2006;104:881-4. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

En cuanto al contenedor, estaba fabricado de cobre debido a su alto calor específico. El calor necesario para la vaporización no era aportado por ninguna fuente externa, sino que era tomado del propio líquido. En los recipientes de cristal, al descender la temperatura del líquido la eficiencia de la vaporización se reducía debido a la caída de la presión parcial de vapor sobre la superficie del líquido. Morris sustituyó la botella contenedora de cristal, que favorecía el enfriamiento del agente anestésico, por un recipiente de cobre, con el objetivo de retener el calor.

Por último, en lo relativo al área de vaporización, el gas que fluía a través del anestésico líquido se dispersaba al pasar por un disco de bronce sinterizado (*porex*), dando lugar a múltiples burbujas de pequeño tamaño que aumentaban la eficiencia de la vaporización al proporcionar una superficie muy aumentada para la interfaz líquido-gas (figura 179).

Cuando se deseaba emplear otro gas anestésico, como por ejemplo el cloroformo o el tricloroetileno, se insertaba otro disco de bronce sinterizado para dicho gas²⁷³.

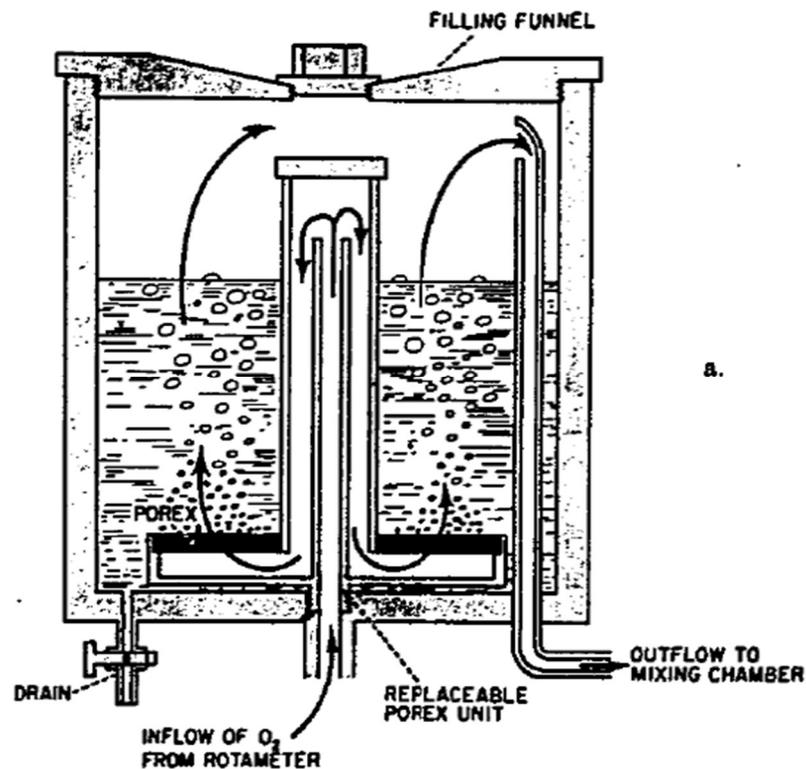


Figura 179. Representación de la cámara de vaporización del vaporizador *Copper Kettle*. Reproducido de Morris LE. "A new vaporizer for liquid anesthetic agents". *Anesthesiology*. 1952;13:587-93. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.

El vaporizador de Morris (figura 180) pasó a conocerse como *Copper Kettle*, y fue fabricado durante un tiempo por la compañía Foregger en Estados Unidos. Posteriormente se hicieron copias en Reino Unido, Japón y Sudamérica, las cuales incluyeron algunas modificaciones, y se convirtió en el vaporizador de elección para la administración del halotano tras su introducción en la década de 1950²⁷⁴.

Tras la aparición de los anestésicos inhalatorios halogenados, a partir de 1956, se desarrollaron nuevos vaporizadores como el *Fluotec* (*Cyprane Ltd.*) o el *Vapor* (*Drägerwerk*)²⁷⁵,

²⁷³ MORRIS, L.E. (1952) "A new vaporizer for liquid anesthetic agents". *Anesthesiology*;13:587-593.

²⁷⁴ RAJA, S.N. (2006). "Copper Kettle Revisited". *Anesthesiology*;104:881-884.

²⁷⁵ HILL, D.W. (1963) "Halothane concentrations obtained with a Dräger "Vapor" vaporizer". *Br J Anaesth*;35:285-289.

con una clara influencia del *Copper Kettle*, continuando su desarrollo hasta los modernos vaporizadores de la actualidad.



Figura 180. *Foregger Copper Kettle*. Imagen cortesía del 'Harry Daly Museum' (Australian Society of Anaesthetists). Disponible en el siguiente enlace: <https://ehive.com/collections/4493/objects/362254/foregger-copper-kettle-apparatus>.

3.8.- HISTORIA DE LOS ANESTÉSICOS INHALATORIOS

Ofrecemos en este apartado un resumen histórico de los Anestésicos inhalatorios que a lo largo de nuestro estudio y contemporáneamente a la época abarcada se han introducido y hemos mencionado, como el éter, el cloroformo, el óxido nitroso, el amileno, el cloruro de etilo, el etileno, el acetileno, el ciclopropano, el halotano y los éteres fluorados, siguiendo su devenir diacrónico.

3.8.1.- Éter

El éter era conocido en el siglo XVI, tanto para Valerius Cordus (1515-1544), como para Paracelso (1493-1541), quienes lo prepararon destilando ácido sulfúrico (aceite de vitriolo) con vino fortificado para producir aceite dulce de vitriolo. Inclusive, una de las primeras observaciones sobre sus efectos anestésicos fue señalada por Paracelso, quien apreció que el éter hacía que los pollos se durmieran y despertaran ilesos²⁷⁶.

En 1735 August Sigmund Frobenius (*fl.* 1727-1741), un químico alemán, describió la preparación del éter y le dio a este anestésico inhalatorio su nombre actual, ya que se trataba de una sustancia etérea, o intangible, muy poco definida y efímera, pues era el más volátil de todos los líquidos conocidos. Más tarde, Antoine Lavoisier (1743-1794) durante sus experimentos con esta sustancia señaló que el éter hervía aproximadamente a la temperatura corporal, por lo que solo podía existir en el cuerpo como un vapor.

A finales del s. XVIII se puso de moda la medicina neumática, y el éter fue clasificado como antiespasmódico y usado con frecuencia en el asma, tras las observaciones de Richard Pearson (1765-1836), Erasmus Darwin (1731-1802), o John Collins Warren (1778-1856), hasta el s. XX.

Durante el s. XIX, tras las investigaciones de Davy y Faraday, el éter se convirtió en un juguete científico, y se hizo popular por su acción tóxica, por lo que comenzó a utilizarse como droga en sustitución del alcohol. En Estados Unidos las fiestas del éter se hicieron populares en los estados del sur, y fueron estos «juegos» los que dieron lugar a los primeros intentos de anestesia quirúrgica, como los de Crawford Long en 1842²⁷⁷.

²⁷⁶ JACOB, A.K., KOPP, S.L., BACON, D.R., SMITH, H.M. (2013) “The History of Anesthesia”. En: BARASH, P.G., CULLEN, B.F., STOELTING R.K., et al. Eds. *Clinical Anesthesia*. (7ª ed). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. p.3-27.

²⁷⁷ CARTWRIGHT, F. (1960) “The history of early ether”. *Anaesthesia*;15:67-69.

Posteriormente, tras la demostración pública de Morton, el éter se convirtió en uno de los anestésicos inhalatorios más importantes de los ss. XIX y XX.

3.8.2.- Cloroformo

El cloroformo (CHCl_3) fue descubierto de forma independiente por tres químicos en 1831: Samuel Guthrie (1782-1848), Eugène Soubeiran (1793-1858), y Justus von Liebig (1803-1873).

En julio de 1831, el neoyorquino Guthrie publicó su método para la generación de whisky dulce o «éter clórico», que es el cloroformo en alcohol:

«en un cobre limpio coloque cloruro de cal y alcohol y destílelo. Cuando el alcohol deje de ser dulce y aromático, retírelo y colóquelo en recipientes de vidrio. A continuación, dentro de una retorta en un baño de agua, vuelva a colocar el producto en un exceso de cloruro de cal para concentrarlo como cáustico, e intensamente dulce y aromático»²⁷⁸.

Por otra parte, el parisino Eugène Soubeiran, que había recibido el título de farmacéutico de primera clase en 1824, se interesó por los experimentos para determinar los productos de la reacción del cloro y el cloruro de cal con oxígeno, y descubrió el cloroformo como resultado de la reacción entre el alcohol y el cloruro de cal (polvo que se usaba para el blanqueo), con la posterior ebullición y destilación del producto. Sin embargo, Soubeiran no identificó su uso como anestésico.

En cambio, Liebig en Alemania descubrió el cloroformo mediante la reacción de una solución acuosa de hidróxido de potasio (KOH) con cloral ($\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}$) y acetona con polvo blanqueador, aunque equivocadamente pensó que había obtenido un cloruro de carbono²⁷⁹.

En 1834 Jean Baptiste Dumas (1780-1840) analizó este agente con exactitud, y estableció su composición, determinando sus propiedades físicas y químicas. Dumas fue quien acuñó su nombre actual, cloroformo, al considerarlo como un compuesto del radical formilo (-CHO) y del cloro (cloro – formilo)²⁸⁰.

Posteriormente, en 1847, el fisiólogo francés Marie Jean Pierre Flourens (1794-1867), reconoció los efectos anestésicos del cloroformo, aunque lo consideró demasiado peligroso para su uso clínico. Sin embargo, en octubre de ese mismo año, el químico David Waldie (1813-1889), de Liverpool, sugirió a James Y. Simpson la posibilidad de conseguir la anestesia general a través

²⁷⁸ BAUSE, G.S. (2014) “The Chloroform Still of Dr. Samuel Guthrie, Jr”. *Anesthesiology*;121:1226-1235.

²⁷⁹ WISNIAK, J. (2016) “Eugène Soubeiran. Descubrimiento del cloroformo y otros compuestos clorados”. *An R Soc Esp Quim*;112(1):35-40.

²⁸⁰ ROLDÁN GUERRERO, R. (1932) *El descubrimiento del cloroformo y su primer centenario*. Anales de la Academia Nacional de Farmacia. Comunicación leída en la sesión del 18 de mayo de 1932. Disponible en: http://bibliotecavirtual.ranf.com/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=100245.

de la inhalación del «percloruro de formilo». De esta forma, en la noche del cuatro al cinco de noviembre, Simpson se reunió en su casa con algunos colegas, y después de la cena, inhalaron los vapores de cloroformo, alcanzando un estado de somnolencia y excitación²⁸¹.

3.8.3.- Óxido Nitroso

Joseph Priestley (1732-1804) preparó por primera vez óxido nitroso en 1772, al exponer el óxido nítrico a una pasta de limaduras de hierro y azufre sobre el agua, aunque en ese momento no lo supo, debido a que el óxido nitroso se debió perder en la solución antes de que Priestley observara sus propiedades.

Más tarde, ya probablemente en 1773, Priestley volvió a preparar óxido nitroso al exponer el óxido nítrico al hierro sobre el mercurio, y en esta ocasión sí observó que permitía sostener la combustión. Priestley denominó a este gas «aire nitroso desflogisticado».

Sin embargo, a pesar de ser considerado como el descubridor de este gas, la evidencia actual sugiere que Joseph Black (1728-1799) ya había preparado el óxido nitroso en 1767, y presumiblemente en 1766, al calentar nitrato de amonio. No obstante, Black nunca publicó este experimento, y el conocimiento actual de sus experiencias es a través de lo que promulgó en sus conferencias²⁸².

En 1798 Thomas Beddoes (1760-1808) persuadió a un joven Humphry Davy (1778-1829) para que dejara sus estudios como aprendiz de farmacia y ayudante de cirugía, y asumiera el liderazgo del Instituto Neumático de Bristol que él mismo había fundado.

Beddoes tenía en mente obtener algún producto beneficioso de la manipulación del oxígeno y el nitrógeno, para el tratamiento de la tuberculosis. De esta forma, Davy empezó a tomar contacto con el óxido nitroso y a experimentar sobre sí mismo sus efectos, advirtiendo su poder analgésico durante su aplicación en un dolor de encías tras un procedimiento dental.

En junio de 1800 presentó una monografía titulada *Investigaciones químicas y filosóficas, principalmente sobre el óxido nitroso*. En la página 556 Davy escribió:

«...Como el óxido nitroso en su extensa acción parece capaz de destruir el dolor físico, probablemente se pueda usar con ventaja en las operaciones quirúrgicas en las que no se produce un gran derrame de sangre...».

A pesar de esta apreciación Davy no continuó esta línea de investigación, y en 1801 abandonó Bristol para centrar sus estudios en la fisiología respiratoria²⁸³.

²⁸¹ MÁRQUEZ-ESPINÓS, C., FRANCO-GRANDE, A. (2001) “Los comienzos de la Anestesia”. En: TORRES, L.M. Ed. *Tratado de Anestesia y Reanimación*. Madrid: Arán. p.3-22.

²⁸² SMITH, J.B., HIRSCH, N.P. (1991) “Gardner Quincy Colton: Pioneer of Nitrous Oxide Anesthesia”. *Anesth Analg*;72:382-391.

²⁸³ RIEGELS, N., RICHARDS, M.J. (2011) “Humphry Davy. His life, Works, and Contribution to Anesthesiology”. *Anesthesiology*;114:1282-1288.

Las noticias sobre los experimentos con óxido nitroso llegaron pronto a Estados Unidos. El médico James Woodhouse (1770-1809), profesor de química en la Universidad de Pensilvania, viajó a Inglaterra en 1802. Aquí conoció a Davy, y discutieron sobre el proceso de fabricación del óxido nitroso y la respiración de dicho agente.

De vuelta a Pensilvania Woodhouse trató de replicar los experimentos de Davy. Uno de sus alumnos, William Paul Crillon Barton (1786-1856), analizó las investigaciones de Davy en 1807, y llegó a las mismas conclusiones. Poco a poco, el óxido nitroso comenzó a aparecer en los libros de química, con lo que su conocimiento fue divulgado²⁸⁴.

En 1842 Gardner Quincy Colton (1814-1818) comenzó a estudiar Medicina en el *Crosby Street College of Physicians and Surgeons* de Nueva York. Sin embargo, después de dos años sin haberse graduado, decidió impartir conferencias sobre química y filosofía natural. Uno de los temas de estas conferencias era los efectos del óxido nitroso, que probablemente había conocido durante su etapa de estudiante de medicina. Desde 1830 las exposiciones por profesores itinerantes sobre el «gas de la risa» eran habituales en Estados Unidos, y Colton, animado por algunos de los asistentes a sus conferencias, comenzó a dar exhibiciones de este tipo. En la primavera de 1844, después de varias exhibiciones exitosas como la ofrecida en el Tabernáculo de Broadway, Colton comenzó a gozar de popularidad en la prensa local.

El diez de diciembre de 1844 Colton dio su habitual demostración sobre los efectos del gas de la risa en Hartford, Connecticut. Entre los presentes se encontraba Horace Wells (1815-1848), un dentista local. Colton le dio el óxido nitroso a un joven farmacéutico llamado Cooley, y mientras estaba bajo sus efectos, comenzó a bailar y saltar, tropezando contra un sofá de madera del escenario lastimándose las espinillas. Sin embargo, Cooley no se percató, y no fue hasta después de desaparecer los efectos del gas, cuando comenzó a sentir dolor en sus ensangrentadas piernas. Wells, que había presenciado lo ocurrido, se acercó a Colton al finalizar el espectáculo, y le propuso la idea de utilizar el óxido nitroso para extraer un diente. Al día siguiente Colton acudió al gabinete de Wells, al que había acudido un dentista vecino, el Dr. Riggs. Tras inhalar Wells el gas, el Dr. Riggs le extrajo un diente sin aparente dolor, y al recuperarse de los efectos y ver que le habían extraído un diente, Wells exclamó emocionado que era el mayor descubrimiento que se había hecho jamás. Esta fue la primera extracción dental que se hizo sin dolor²⁸⁵.

Wells, motivado por el descubrimiento, acudió al hospital de Harvard (Massachussets), donde solicitó permiso para llevar a cabo una demostración pública. Como ya se señaló, esta resultó un fracaso, ya que el paciente comenzó a gritar durante la extracción del diente. Wells fue

²⁸⁴ WRIGHT, A.J. (1995) "Davy comes to America: Woodhouse, Barton, and the nitrous oxide crossing". *J Clin Anesth*;7(4):347-355.

²⁸⁵ SMITH, J.B., HIRSCH, N.P. (1991) "Gardner Quincy Colton: Pioneer of Nitrous Oxide Anesthesia". *Anesth Analg*;72:382-391.

tachado de impostor. Pensando que el fracaso podía deberse a una dosis insuficiente, Wells realizó nuevos intentos en su ciudad administrando dosis excesivas de gas, que terminaron en nuevos fracasos después de grandes sobresaltos. Por este motivo, Wells fue encarcelado en Nueva York, donde deprimido por su fracaso se suicidó en enero de 1848 bajo los efectos del cloroformo²⁸⁶.

El óxido nitroso quedó relegado como anestésico por el éter en 1846, tras el éxito de la demostración de Morton. No obstante, fue reintroducido en el ámbito de la odontología en 1863 de la mano de Colton²⁸⁷.

3.8.4.- Amileno

El amileno (C₅H₁₀) fue descubierto en 1844 por Antoine Jérôme Balard (1802-1876), un químico de Montpellier que ejerció como profesor de química en la Facultad de Ciencias de París. Balard obtuvo el amileno como producto resultante de la destilación del alcohol amílico con cloruro de zinc.

El amileno fue introducido en la práctica clínica por John Snow (1813-1858), quien describió que los vapores de amileno eran menos pungentes que los del éter o cloroformo, de manera que eran más fáciles de respirar, no causaban tos, y resultaban más agradables para los pacientes²⁸⁸.

Sin embargo, este hecho representó una mancha en la carrera ejemplar de Snow, ya que el empleo del amileno se asoció con muertes, dos de las cuales ocurrieron incluso en manos del propio Snow.

La peligrosidad del amileno hizo que Snow fuese criticado, incluso después de su muerte, por alguno de sus colegas. Estos lo acusaron de no haber sido científicamente riguroso y crítico con la introducción del amileno en el ámbito clínico, ya que consideraban que no había realizado un número suficiente de experimentos preliminares en animales antes de aplicarlo en humanos. Posteriormente conoció que el amileno, debido a su insolubilidad, formaba burbujas de gas en la sangre que podían provocar embolismo aéreo²⁸⁹.

Este anestésico se introdujo en España a comienzos de 1857. Parece que fue utilizado por primera vez por el Dr. Dionisio Solís, catedrático de la Facultad de Medicina de Madrid, el 21 de abril de 1857, para la amputación de un muslo.

²⁸⁶ HARIDAS, R.P. (2013) "Horace Wells' Demonstration of Nitrous Oxide in Boston". *Anesthesiology*;119(5):1014-1022.

²⁸⁷ SMITH, W.D.A. (1966) "A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part VII: 1868 – Nitrous oxide anaesthesia takes root in Great Britain". *Br J Anaesth*;38:551-568.

²⁸⁸ SNOW, J. (1957) "On the Vapour of Amylene". *Med Times Gazette*;17: 60-62;17:82-84.

²⁸⁹ CONACHER, I.D. (1996) "Amylene, a blemish on Snow?" *Anaesthesia*;51:155-157.

A pesar del buen acogimiento inicial por parte de la prensa española, el amileno no llegó a popularizarse como anestésico en nuestro país, en gran medida porque no suponía una mejora con respecto al cloroformo, el agente de moda en aquel momento. Las noticias sobre los casos de muerte relacionados con el amileno en el extranjero determinaron el abandono de este agente en la práctica anestésica²⁹⁰.

3.8.5.- Cloruro de etilo

El cloruro de etilo fue descubierto en 1759 por el químico francés Guillaume François Roulle (1703-1770). Sin embargo, no fue hasta 1801 cuando Frederic Henry Basse consiguió obtener cantidades suficientes para su estudio científico.

En 1847 Marie Jean Pierre Flourens (1794-1867), profesor de Anatomía Comparada de la Universidad de París, documentó por primera vez el efecto de la inhalación de vapores de cloruro de etilo, después de llevar a cabo varios experimentos con éter y otros agentes en perros²⁹¹.

Un año después, en 1848, el cirujano alemán Johann Ferdinand Heyfelder (1798-1869) lo utilizó por primera vez como anestésico general en tres pacientes, y quedó asombrado por su rápido inicio y por su corta duración de acción. No obstante, llegó a la conclusión de que no tenía futuro debido a su elevado coste y alta volatilidad.

Por otra parte, en 1880 la *British Medical Association* consideró que el cloruro de etilo era un agente peligroso para la vida humana, y se posicionó enérgicamente contra su uso. Estos dos factores pueden explicar que durante este tiempo fuese un agente poco popular.

En 1894 Hjalmar G. Carlson (1879-1930), un dentista sueco afincado en Estados Unidos, redescubrió su acción anestésica general de forma accidental mientras lo estaba usando como anestésico local para un procedimiento dental. Este hecho hizo que se popularizara en este colectivo durante los siguientes años²⁹².

Más tarde, en 1903, su uso como anestésico general se extendió en Reino Unido tras el trabajo de William Joseph McCardie (1864-1939) en la revista *'The Lancet'*. McCardie estableció que el cloruro de etilo era un agente inhalatorio con una duración promedio de 71 segundos, y con un inicio de acción promedio a los 30 segundos²⁹³. Por estas características, el cloruro de etilo se usaba a menudo para inducir la anestesia general, mientras que el mantenimiento se realizaba

²⁹⁰ MÁRQUEZ-ESPINÓS, C. (1987). *La introducción de la anestesiología en España a través de la prensa medica gaditana del siglo XIX*. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.

²⁹¹ WESTHORPE, R. (1994) "Ethyl Chloride". *Anaesth Intensive Care*;22(1):3.

²⁹² MURRAY LAWSON, J.I. (1965) "Ethyl Chloride". *Br J Anaesth*;37:667-669; JACOBS, M. (1933) "Value of ethyl chloride in extractions for children". *J Am Dent Assoc*;20(6):1060.

²⁹³ McCARDIE, W.J. (1903) "Ethyl chloride as a general anesthetic". *Lancet*;161(4153):952-957.

con otro anestésico, como el éter. Algunos fabricantes como *White* y *Kelene* elaboraron inhaladores específicos para este agente.

La popularidad del cloruro de etilo empezó a decaer en la década de 1950, hasta ser desplazado finalmente por la introducción del halotano. No obstante, en la actualidad sigue empleándose como anestésico local para la piel en intervenciones de corta duración, como el drenaje de abscesos. Su alta volatilidad (punto de ebullición a 12° C), hace que al aplicarlo sobre la superficie corporal produzca un fuerte descenso de la temperatura con acción anestésica²⁹⁴.

3.8.6.- Etileno

El etileno (C₂H₄) fue descubierto en 1669 por Johann Joachim Becher (1635-1682), como consecuencia de la acción del etanol sobre el ácido sulfúrico²⁹⁵. Un siglo después, en 1779, Jan Ingenhousz (1730-1799) lo sintetizó por primera vez²⁹⁶.

Las propiedades anestésicas de este agente fueron descubiertas en 1885 por B. Luessem a través de estudios de laboratorio en animales. Luessem usó una mezcla del 75% de etileno y 25% de aire²⁹⁷.

Sin embargo, su introducción en la práctica clínica humana no se produjo hasta 1924, cuando Arno B. Luckhardt (1885-1957) y J.B. Carter determinaron de forma concluyente las propiedades fisiológicas del gas etileno. Estos autores informaron de su uso en 106 casos en abril de 1923. Isabella C Herb (1869-1943), jefe de anestesia del *Presbyterian Hospital* de Chicago, fue quien estableció la seguridad clínica y la utilidad del etileno como anestésico quirúrgico.

A partir de entonces el etileno se utilizó ampliamente como anestésico, aunque no de forma universal. Se trataba de una alternativa viable al cloroformo, éter, y óxido nitroso, ya que incluso a una concentración del 80% proporcionaba anestesia sin producir efectos adversos respiratorios o cardiovasculares²⁹⁸.

²⁹⁴ McCARDIE, W.J. (1903) "Ethyl chloride as a general anesthetic". *Lancet*;161(4153):952-957; WESTHORPE, R. (1994) "Kelene (Ethyl Chloride) Inhaler". *Anaesth Intensive Care*;22(2):133

²⁹⁵ Club de l'Histoire de l'Anesthésie et de la Réanimation. [sede web]. Hauts-de-France, Roubaix: CHAR; 1999-2019 [acceso el diez de diciembre de 2019]. *Éthylène: Becher*. Disponible en: <https://char-fr.net/Ethylene-Becher.html>

²⁹⁶ GUTHRIE, D., WOODHOUSE, K.W. (1940) "Safety Factors in Ethylene Anesthesia". *JAMA*;114(19):1846-1850.

²⁹⁷ ABELES, F.B., MORGAN, P.W., SALTVEIR, M.E. (1992) "Introduction and Historical Perspectives". En: ABELES, F.B., MORGAN, P.W., SALTVEIR, M.E. Eds. *Ethylene in Plant Biology*. California: Academic Press. p.1-13.

²⁹⁸ GUTHRIE, D., WOODHOUSE, K.W. (1940) "Safety Factors in Ethylene Anesthesia". *JAMA*;114(19):1846-1850; ANESTHESIA & ANALGESIA (1989) "Sixty-six years ago in Anesthesia & Analgesia. Brown, W.C.: Preliminary report on experiments with ethylene as a general anesthetic, p.117. Luckhardt, A.B.: Carter, J.B.: Ethylene as a gas anesthetic, p.221. Herb, I.C.: Ethylene: Notes taken from the clinical record, p.230. Current Researches in Anesthesia and Analgesia: 1923; Vol. 2". *Anesth Analg*;68(3):405

El etileno era más potente que el óxido nitroso, y tenía una solubilidad en sangre más baja, por lo que permitía una inducción más rápida. El principal inconveniente del etileno era su explosividad. Herb informó de cinco explosiones en 1925 en el *Presbyterian Hospital*. Otros autores informaron del mismo problema, algunos con resultados fatales, como la muerte en *Ann Arbor* de una paciente en trabajo de parto mientras respiraba oxígeno al 75% y etileno al 25%, a través de una máquina de anestesia de McKesson en 1929²⁹⁹.

No obstante, el etileno siguió usándose hasta la década de 1950, cuando fue finalmente desplazado por el ciclopropano.

3.8.7.- Acetileno

El acetileno (C₂H₂) fue descubierto en 1836 por Edmund Davy (1785-1857), quien describió que cuando se agregaba agua al carbonato de potasio, se producía una reacción química que daba lugar a la formación de un gas incoloro que él denominó «nuevo bicarburo de hidrógeno»³⁰⁰.

En 1895 R. Rosemann y Nestor M. Gréhant (1838-1910), de forma independiente, demostraron por medio de la experimentación animal que el acetileno, mezclado con el aire e inhalado, producía un estado de anestesia³⁰¹.

Posteriormente, entre 1923 y 1925, Herman D. Wieland (1885-1929) y Carl J. Gauss (1875-1957), lo introdujeron en Alemania como anestésico inhalatorio en humanos. Previamente habían realizado una investigación exhaustiva en animales sobre los efectos del acetileno para la anestesia³⁰².

El acetileno tenía un inicio de acción rápido, no producía descensos de la presión arterial, proporcionaba cierto grado de relajación muscular, y carecía del efecto tóxico del éter y del cloroformo. Por estas características se llegó a especular sobre la posibilidad de que desplazara a los anestésicos inhalatorios clásicos hasta el momento³⁰³.

Wieland y Gauss desarrollaron un aparato para la anestesia con acetileno purificado y oxígeno (comerciado bajo el nombre de *Narcylen*), provisto de un circuito circular para la absorción de CO₂. El aparato, provisto de válvula inspiratoria, espiratoria y de sobrepresión, permitía reducir el consumo de gases y la contaminación del quirófano. Dicho aparato estuvo

²⁹⁹ MACDONALD, A.G. (1994) "A short history of fires and explosions caused by anaesthetic agents". *Br J Anaesth*;72:710-722.

³⁰⁰ RASMUSSEN, S.C. (2018) *Acetylene and Its Polymers. 150 + Years of History*. Cham: Springer. p.21.

³⁰¹ WIELAND, H. (1925) "Acetylene Anaesthesia". *Br J Anaesth*;2(3):142-153.

³⁰² GOLDMAN, A., GOLDMAN, J.D. (1925) "Acetylene oxygen anesthesia". *Br J Anaesth*;2(3):122-126.

³⁰³ GOLDMAN, A., GOLDMAN, J.D. (1925) "Acetylene oxygen anesthesia". *Anaesth Analg*;4(5):280-286.

disponible varios años antes de 1925, año en el que ambos autores publicaron los resultados de sus estudios con acetileno³⁰⁴.

Shipway (1875-1868) recomendaba que la inducción de la anestesia comenzara con una concentración del 70-80% de acetileno en oxígeno, para después disminuirla gradualmente a una concentración de mantenimiento del 40-50%.

Sin embargo, al igual que el etileno, el acetileno resultó ser explosivo, y en 1925 se documentó una explosión en el peritoneo de un paciente durante una laparotomía, causada por la termocauterización con diatermia. La máquina de anestesia de Dräger utilizada también se incendió, y las llamas se propagaron alrededor de la máscara facial. A partir de entonces, este modelo dejó de usarse³⁰⁵.

3.8.8.- Ciclopropano

El ciclopropano (C₃H₆) fue descubierto en 1881 por el químico austriaco August Freund (1835-1892), quien además propuso la estructura correcta para la nueva sustancia en su primer trabajo. Freund hizo reaccionar el 1,3-dibromopropano con sodio, dando lugar a una reacción intramolecular tipo Wurtz con formación de ciclopropano. Sin embargo, no tuvo un uso comercial hasta que, en 1929, los farmacólogos de la Universidad de Toronto Velyien E. Henderson (1877-1945) y George W.H. Lucas (1895-1974) describieron sus propiedades anestésicas en humanos³⁰⁶.

Previamente, en 1928, el químico George W. H. Lucas, perteneciente al mismo equipo de investigación de Toronto, había identificado el poder anestésico del ciclopropano en estudios de laboratorio con animales³⁰⁷.

Unos años más tarde, en 1933, tras los trabajos de Ralph M. Waters (1883-1979) en la Universidad de Wisconsin, el ciclopropano fue introducido en la práctica clínica en Estados Unidos y Australia. No obstante, al principio tuvo grandes reticencias, ya que se documentaron varias muertes de pacientes bajo anestesia en los Hospitales de Toronto. El ciclopropano, a dosis altas, producía efectos tóxicos y, al igual que los otros halogenados, presentaba un peligro constante de explosión³⁰⁸.

³⁰⁴ PONZ, L., MAS-MARFANY, J., MARTÍN-LARRAURI, R. (2001) "Anestesia con bajos flujos. Anestesia con circuito cerrado". En: TORRES, L.M. Ed. *Tratado de Anestesia y Reanimación*. Madrid: Arán. p.1719-1746.

³⁰⁵ MACDONALD, A.G. (1994) "A short history of fires and explosions caused by anaesthetic agents". *Br J Anaesth*;72:710-722.

³⁰⁶ LAHERI, V.V, MORE, P.G. (2015) "Evolution of Anesthesia Practice". En: BAHETI, D.K., LAHERI, V.V. Eds. *Understanding Anesthetic Equipment & Procedures. A Practical Approach*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers. p.3-17.

³⁰⁷ LUCAS, G.H. (1961) "The discovery of cyclopropane". *Anesth Analg*;40(1):15-27.

³⁰⁸ International Workshop on the History of Chemistry. "Transformation of Chemistry from the 1920s to the 1960s". [sede web]. Tokyo: The Japanese Society for the History of Chemistry; 2013-2015. [acceso el

A pesar de ello el uso del ciclopropano creció, y se hizo un agente especialmente popular en anestesia para la cirugía del tórax. Se trataba de un agente con una velocidad de inducción muy rápida, que permitía mantener la estabilidad hemodinámica incluso en pacientes en shock o con deterioro de la función cardiopulmonar. La aparición de arritmias relacionadas con el uso de este agente podía corregirse reduciendo la dosis, o instaurando ventilación artificial. La aparición de los agentes volátiles modernos en la década de 1950 determinó la caída de su uso³⁰⁹.

3.8.9.- Halotano

En la búsqueda de anestésicos inhalatorios no explosivos, algunos autores comenzaron a examinar grandes cantidades de derivados fluorados, tanto de hidrocarburos como de éteres. A inicios de la década de 1950 el químico inglés Charles Walter Suckling (1920-2013), en colaboración con el español Jaume Raventós Pijoan (1905-1982), sintetizó por primera vez el halotano durante sus experimentos en la *Imperial Chemical Industries*³¹⁰.

El halotano (C₂HBrClF₃), comercializado bajo el nombre Fluotano, fue examinado en animales por Raventós, y utilizado clínicamente por primera vez por Michael Johnstone (¿?-2007), quien en 1956 publicó los primeros resultados de un ensayo clínico sobre 500 pacientes³¹¹.

Inicialmente se administró a una concentración del 10% en oxígeno a través del vaporizador *Fluotec*, el cual tuvo que ser modificado para admitir un rango de dosis mayor y poder proporcionar esta concentración³¹².

El halotano es un anestésico volátil no inflamable y no explosivo. Tiene un olor agradable, y es broncodilatador, lo que resulta beneficioso para pacientes asmáticos. Desde su aparición, el halotano ha sido ampliamente utilizado como anestésico inhalatorio, estando vigente en la actualidad. Sin embargo, sus problemas relacionados con la hepatotoxicidad e inducción de arritmias potencialmente graves³¹³, lo han relegado a un segundo plano con respecto a otros anestésicos inhalatorios como el sevoflurano o desflurano.

14 de diciembre de 2019] Rae ID: 'Ideal' Gases: Anaesthetics in the Heart of the Twentieth Century: Disponible en: <http://kagakushi.org/iwhc2015/papers/22.RaeIan.pdf>

³⁰⁹ VERNER, I.R. (1965) "Cyclopropane: the essential features". *Br J Anaesth*;37(9):671-680.

³¹⁰ SUCKLING, C.W. (1957) "Some chemical and physical factors in the development of fluothane". *Br J Anaesth*;29(10):466-472.

³¹¹ RAVENTÓS, J. (1956) "The action of fluothane-A new volatile anaesthetic". *Brit J Pharmacol*;11:394-410.

³¹² JOHNSTONE, M. (1956) "The human cardiovascular response to fluothane anaesthesia". *Br J Anaesth*;28(9):29-39.

³¹³ BUTTERWORTH, J.F., MACKAY, D.C, WASNICK, J.D. (2013) "Inhalation Anesthetics". En: MORGAN, G.E., MIKHAIL, M.S. Eds. *Morgan & Mikhail's clinical anesthesiology* (5ª ed). New York: McGraw-Hill. p.153-174.

3.8.10.- Éteres fluorados

3.8.10.1.- Metoxiflurano

El metoxiflurano ($C_3H_4Cl_2F_2O$) fue sintetizado por primera vez por la *Dow Chemical Company* en 1958³¹⁴. Al principio el desarrollo del metoxiflurano se produjo mediante la adición de alcohol metílico a los fluoroetilenos.

Este agente fue descrito como el primer éter halogenado moderno, y se introdujo en la práctica clínica en 1960, tras una evaluación clínica realizada sobre 100 pacientes durante 1959. Joseph F. Artusio (1917-) y sus colaboradores fueron los encargados de publicar sus resultados en la revista *'Anesthesiology'*³¹⁵.

El metoxiflurano es un agente no explosivo, con un olor agradable y similar al éter en términos de analgesia, estabilidad cardiovascular y relajación muscular. Produce un estado satisfactorio de inconsciencia y su velocidad de inducción es baja, por lo que cuando se realizaba una inducción inhalatoria (los barbitúricos ya se habían introducido en la práctica clínica), como por ejemplo en el ámbito pediátrico, era común emplear como agente inductor el ciclopropano, óxido nitroso o halotano, y para el mantenimiento el metoxiflurano.

El metoxiflurano fue empleado en múltiples especialidades, desde Neurocirugía a Obstetricia y Ginecología. Sin embargo, presentaba una desventaja, resultaba tóxico para el hígado y el riñón³¹⁶.

Debido a sus problemas de toxicidad y a la aparición de informes de insuficiencia renal, su uso fue disminuyendo en la década de 1970. El laboratorio fabricante en Estados Unidos, *Abbot*, lo retiró voluntariamente en 1999. Del mismo modo, la Unión Europea también lo retiró. A pesar de ello, el metoxiflurano sigue empleándose como analgésico, principalmente para procedimientos dentales, en Australia y Nueva Zelanda³¹⁷.

³¹⁴ Wood library-museum of Anesthesiology. [sede web]. Schaumburg, Illinois: American Society of Anesthesiologist; 2019 [acceso el 15 de diciembre de 2019]. *Methoxyflurane (Penthrane)*: Disponible en: [https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/item/1056/methoxyflurane-\(penthrane\)](https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/item/1056/methoxyflurane-(penthrane))

³¹⁵ KINGON, A., YAP, T., BONANNO, C., SAMBROOK, P., McCULLOUGH, M. (2016) "Methoxyflurane: a review with emphasis on its role in dental practice". *Aust Dent J*;61:157-62; ARTUSIO J.F., POZNAK, A. VAN., HUNT, R.E., TIERS, R.M., ALEXANDER, M.. (1960) "A clinical evaluation of methoxyflurane in man". *Anesthesiology*;21:512-517.

³¹⁶ POZNAK, A. VAN. (1972) "Methoxyflurane and Teflurane". En: CHENOWETH, M.B. Ed. *Modern Inhalation Anesthetics*. Berlín – Heldeberg: Springer-Verlag. p.77-92.

³¹⁷ KINGON, A., YAP, T., BONANNO, C., SAMBROOK, P., McCULLOUGH, M (2016) "Methoxyflurane: a review with emphasis on its role in dental practice". *Aust Dent J*;61:157-62.

3.8.10.2.- Éteres fluorados modernos

A partir de la década de 1960 se fueron desarrollando los éteres fluorados que dominan el panorama actual de la anestesia inhalatoria: Sevoflurano ($C_4H_3H_7O$), Desflurano ($C_3H_2F_6O$), Isoflurano ($C_3H_2ClF_5O$), y Enflurano ($C_3H_2ClF_5O$).

En estos años la *Ohio Medical Products* inició un proyecto de investigación con el objetivo de sintetizar un nuevo anestésico volátil que compitiera con el halotano, líder del mercado en aquel momento. Resultado de este proyecto, en diez-15 años, se sintetizaron cientos de nuevos compuestos fluorados, entre los que se encontraban los cuatro agentes anteriormente citados³¹⁸.

El enflurano e isoflurano, isómeros entre sí, fueron sintetizados en 1963 y 1965, respectivamente, e introducidos en la práctica clínica en la década de 1970³¹⁹. En cambio, el sevoflurano y el desflurano, a pesar de haberse desarrollado en la misma época, no se introdujeron en la práctica clínica hasta los años 80 y 90 del pasado siglo³²⁰.

En la actualidad, el enflurano está en desuso por ser un depresor cardíaco y respiratorio similar al halotano. El isoflurano se mantiene vigente, aunque por sus efectos vasodilatadores, por la irritabilidad de la vía aérea, y por su capacidad de producir síndrome de robo coronario, se utiliza con menos frecuencia que el sevoflurano y el desflurano³²¹.

En la figura 181 se puede observar de modo gráfico la introducción de los anestésicos inhalatorios en la práctica clínica a lo largo del tiempo³²². Obsérvese cómo durante casi un siglo (década de 1840 a década de 1930), apenas hay novedades desde la aparición del óxido nitroso, éter y cloroformo. A partir de esta fecha, la síntesis de nuevos anestésicos volátiles experimentó un crecimiento exponencial.

³¹⁸ TERREL, R.C. (2008) "The Invention and Development of Enflurane, Isoflurane, Sevoflurane, and Desflurane". *Anesthesiology*;108:531-533.

³¹⁹ WHALEN, F.W., BACON, D.R., SMITH, H.M. (2005) "Inhaled anesthetics: an historical overview". *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*;19(3):323-330.

³²⁰ DELGADO-HERRERA, L., OSTROFF, R.D., ROGERS, S.A. (2001) "Sevoflurane: Approaching the Ideal Inhalational Anesthetic A Pharmacologic, Pharmacoeconomic, and Clinical Review". *CNS Drugs Review*;7(1):48-120.

³²¹ RODIERA OLIVÉ, J., HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A. (2013) "Anestésicos inhalatorios". En: HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A. Ed. *Situaciones Clínicas en Anestesia y Cuidados Críticos*. Madrid: Panamericana. p.55-60.

³²² DELGADO-HERRERA, L., OSTROFF, R.D., ROGERS, S.A. (2001) "Sevoflurane: Approaching the Ideal Inhalational Anesthetic A Pharmacologic, Pharmacoeconomic, and Clinical Review". *CNS Drugs Review*;7(1):48-120.

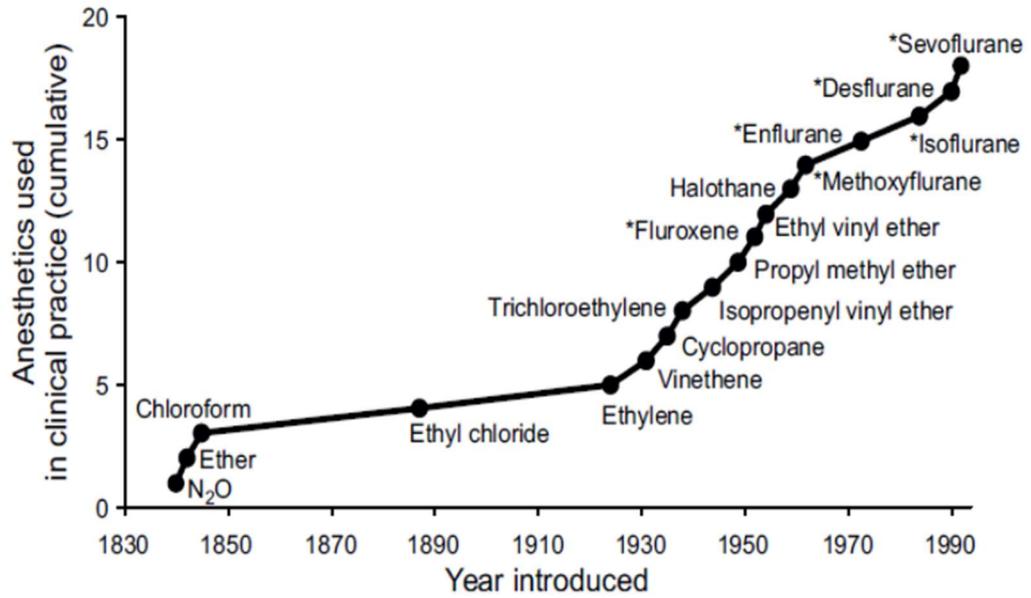


Figura 181. Historia de los anestésicos inhalatorios. Gráfica temporal. En asterisco los compuestos que contienen fluor. Reproducido de Delgado Herrera L, Ostroff RD, Rogers SA. "Sevoflurane: Approaching the Ideal Inhalational Anesthetic A Pharmacologic, Pharmaco-economic, and Clinical Review". *CNS Drugs Review*. 2001;7(1):48-120. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.

3.9.- MONITORIZACIÓN

Poco después de la introducción de la anestesia general en la práctica clínica, algunos anesthesiólogos reconocieron la necesidad de monitorizar al paciente, sobre todo a partir de la muerte de Hannah Greener en 1848, una joven de quince años que falleció bajo los efectos del cloroformo.

Inicialmente, esta monitorización consistió en la comprobación de signos vitales como el pulso, o los cambios en la profundidad y frecuencia respiratoria. Durante la primera mitad del siglo XX se desarrollaron los aparatos para la medición de la presión arterial (en un principio no invasiva, y posteriormente invasiva), y para el registro de la actividad eléctrica del corazón, o electrocardiografía³²³.

En 1954 Henry K. Beecher (1904-1976) y Donald P. Todd (¿?-1998) publicaron un estudio sobre las muertes relacionadas con la anestesia y la cirugía en diez instituciones entre los años 1948 y 1952, y en el que informaron que la incidencia de muertes atribuibles a la anestesia se situaba en 3,7 por cada 100000 ³²⁴.

Este estudio generó un intenso debate sobre la seguridad de los pacientes sometidos a un acto anestésico quirúrgico. Posteriormente, otros estudios apuntaron en la misma línea que el trabajo de Beecher y Todd³²⁵.

A partir de la década de 1980 comenzó a prestarse especial atención al concepto de las normas básicas para la monitorización del paciente con la finalidad de aumentar la seguridad y disminuir la morbilidad, y aparecieron varios grupos que comenzaron a desarrollar normativas de monitorización con la intención de detectar de una forma precoz eventos adversos o incidentes críticos. Uno de estos grupos fue la Sociedad de Anesthesiólogos de Arizona, que desarrolló unas guías para los cuidados durante la anestesia en febrero de 1985, mientras que el Departamento de Anestesia de la Escuela Médica de Harvard hizo lo propio en marzo de este mismo año³²⁶.

Esta normativa incluía lo siguiente:

³²³ SILVAY, G., GRIFFIN, R. (1984) "The History and Development of Cardiovascular Monitoring during Anesthesia". *Mt Sinai J Med*;51(5):560-563.

³²⁴ BEECHER, H.K., TODD, D.P. (1954) "A study of the deaths associated with anesthesia and surgery: based on a study of 599,548 anesthetics in ten institutions 1948-1952, inclusive". *Ann Surg*;140(1):2-35.

³²⁵ PHILLIPS, O.C., FRAZIER, T.M., GRAFF, T.D., DEKORNFELD, T.J. (1960) "The Baltimore Anesthesia Study Committee. Review of 1.024 postoperative deaths". *JAMA*;174:2015-2019; LUNN, J.N., MUSHIN, W.W. (1982) "Mortality associated with anesthesia". *Anaesthesia*;37(8):856.

³²⁶ GRAVENSTEIN, I.S. (1986) "Is There Minimal Essential Monitoring? Newsletter". *APSF Newsletter*;1:1; EICHHORN, J.H., COOPER, J.B., CULLEN, D.J., et al. (1986) "Standards for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School". *JAMA*;256(8):1017-1020.

- Registro de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial, al menos cada cinco minutos.
- Electrocardiograma continuo durante todo el proceso.
- Monitorización continua de la circulación y de la ventilación, con al menos uno de los siguientes: observación de la bolsa reservorio o auscultación, para la ventilación; y monitorización invasiva de la presión arterial, pletismografía del pulso o monitorización del pulso a nivel periférico, para la circulación.
- Monitor con alarma de desconexión del sistema de ventilación.
- Analizador de oxígeno con alarma de concentración baja.
- Monitorización de la temperatura.

También en este año, 1985, se creó la Fundación de Anestesia para la Seguridad del Paciente. Ante este nuevo marco normativo, las máquinas de anestesia empezaron a incorporar sistemas de monitorización y alarmas, apareciendo las modernas estaciones de anestesia³²⁷.

En este apartado abordaremos brevemente el desarrollo histórico de la monitorización estándar básica y de la monitorización recomendada.

3.9.1.- Monitorización cardiovascular

3.9.1.1.- Medición indirecta de la presión arterial

En 1901 Harvey Williams Cushing (1869-1939), un médico estadounidense pionero en el campo de la Neurocirugía, viajó a Italia, donde conoció a Scipione Riva-Rocci (1863-1937), un médico italiano dedicado fundamentalmente a la Pediatría y Medicina Interna.

Riva-Rocci había desarrollado en 1896 un esfigmomanómetro de mercurio, muy parecido al que conocemos actualmente. Anteriormente, en 1881, Samuel Siegfried Karl Von Basch (1837-1905) había inventado un esfigmomanómetro primitivo con el que midió por primera vez la presión arterial de forma no invasiva.³²⁸

Tras conocer el invento de Riva-Rocci, Cushing recomendó el uso rutinario del esfigmomanómetro durante la anestesia. El aparato de Riva-Rocci sólo medía la presión sistólica, y de forma sobrestimada, pero permitía obtener información sobre la tendencia y los cambios de presión arterial, lo cual era muy importante.

³²⁷ EICHHORN, J.H. (2012) “The Anesthesia Patient Safety Foundation at 25: A Pioneering Success in Safety, 25th Anniversary Provokes Reflection, Anticipation”. *Anesth Analg*;114(4):791-800.

³²⁸ ROGUIN, A. (2006) “Scipione Riva-Rocci and the men behind the mercury sphygmomanometer”. *Int J Clin Pract*;60(1):73-79

Más tarde, en 1905, el investigador ruso Nicolái Korotkoff (1876-1920) describió los sonidos que aparecen cuando se produce un flujo distal al manguito de presión cuando se va desinflando. Esto permitió, al usar un manguito de presión más ancho, una determinación más precisa de la presión arterial, y constituye la base de la medición auscultatoria de la presión arterial hoy día³²⁹. La utilización del estetoscopio para la audición de los sonidos fue fundamental para la aceptación de este método. En 1960 el personal de enfermería adquirió la responsabilidad de la medición de la presión arterial a través de este método.

En 1914 Gwathmey (1862-1944), en su libro de texto sobre la anestesia, dedicó especial atención a la medición de la presión arterial para anticipar el shock y aplicar medidas correctivas, aunque fuera simplemente a través de la palpación del pulso³³⁰.

Posteriormente, en 1931, Heinrich von Recklinghausen (1867-1942) describió otro dispositivo para la medición semiautomática de la presión arterial, conocido como oscilotonómetro. Este aparato permitía medir la presión sistólica y diastólica, sin el uso de un estetoscopio. Se componía de dos manguitos superpuestos, uno grande y otro pequeño. El más grande realizaba la función habitual del manguito del esfigmomanómetro, mientras que el más pequeño amplificaba las pulsaciones que se producían cuando el manguito más grande se desinflaba. En lugar de sonidos, la medición se realizaba a través de las oscilaciones de la aguja del dial de presión³³¹.

En la década de 1970 se desarrollaron los oscilotonómetros automáticos por parte de la industria de equipamiento sanitario. En estos oscilotonómetros automáticos la presión arterial era detectada por un transductor presente en el monitor, donde se analizaba la presión arterial sistólica, la diastólica y la presión arterial media. Desde entonces, este método se ha convertido en el estándar de la medición no invasiva de la presión arterial en las máquinas de anestesia³³².

3.9.1.2.- Electrocardiografía

El registro de la actividad eléctrica del corazón comenzó en el siglo XIX: en 1842, el físico italiano Carlo Matteucci (1811-1868) demostró en una rana que la corriente eléctrica acompañaba a cada latido cardiaco. Previamente, en 1786, el también italiano Luigi Galvani

³²⁹ SILVAY, G., GRIFFIN, R. (1984) "The History and Development of Cardiovascular Monitoring during Anesthesia". *Mt Sinai J Med*;51(5):560-563.

³³⁰ BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2009) "The introduction of blood pressure monitoring into anaesthesia". *Anaesth Intensive Care*;37(1):3.

³³¹ TODD, C., HAMBLEY, P. (2008) "Presión y Medida de presión arterial". En: McCORMICK, B., MACKENZIE, M. Ed. *Update in Anaesthesia*. Singapore: COS Printers. p.154.

³³² RUSHMAN, G.B., DAVIES, N.J.H., ATKINSON, R.S. (1996) *A Short History of Anaesthesia. The first 150 years*. Oxford: Butterworth Heinemann. p.158.

(1737-1798) observó por primera vez que se podía registrar la corriente eléctrica de los músculos esqueléticos.

En 1887 Augustus Desiré Waller (1856-1922), un fisiólogo británico, publicó el primer registro electrocardiográfico humano tras usar un electrómetro capilar y electrodos situados en la espalda y tórax del individuo, demostrando que la contracción ventricular era posterior a la actividad eléctrica. Más tarde, en 1891, William Maddock Bayliss (1860-1924) y Ernest Henry Starling (1866-1927), fisiólogos británicos, demostraron la actividad trifásica de cada latido cardiaco utilizando un electrómetro capilar mejorado³³³.

En 1893 Willem Einthoven (1860-1927), fisiólogo holandés, empleó por primera vez el término electrocardiograma para referirse al ejemplo de Waller³³⁴. Einthoven, motivado por el trabajo de Waller, trabajó para diseñar un aparato más sofisticado que mejorase la calidad de los registros. En 1895, tras emplear un electrómetro capilar más afinado, publicó un trabajo en el que pudo demostrar cinco desviaciones eléctricas distintas a las que llamó P, Q, R, S y T inspirándose en la tradición matemática de René Descartes (1596-1650). Posteriormente, en 1901, describió un nuevo galvanómetro de cuerda que producía electrocardiogramas de gran calidad, y cinco años más tarde describió las aplicaciones clínicas del electrocardiograma en su artículo *Le Télécadiogramme*, después de analizar la actividad eléctrica de pacientes hospitalizados³³⁵. Por aportar este importantísimo medio diagnóstico recibió el Premio Nobel de Medicina en 1924.

Tras la invención del electrocardiograma comenzaron a describirse los distintos tipos de trastornos del ritmo. En 1915 fue introducido en la práctica clínica médica, y en 1918 se usó por primera vez para estudiar al paciente bajo los efectos de la anestesia³³⁶.

El primer estudio prospectivo sobre el uso práctico del electrocardiograma para la monitorización de pacientes anestesiados fue realizado por William Gordon Lennox (1884-1960) y colaboradores en 1922. Sin embargo, era un método muy engorroso, por lo que se realizaba al comienzo y final de la operación, así como durante los momentos críticos, ya que había que utilizar el galvanómetro, fotografiar el papel y exponerlo a la luz. Además, había que realizar cálculos que en ocasiones daban más quebraderos de cabeza que el propio registro de la anestesia, por lo que era poco práctico³³⁷.

³³³ ALGHATRIF, M., LINDSAY, J. (2012) "A brief review: history to understand fundamentals of electrocardiography". *J Community Hosp Intern Med Perspect*;2:143-183.

³³⁴ LETELLIER, C. (2013) *Chaos in nature*. Singapur: World Scientific. p.286.

³³⁵ FYE, B.F. (1994) "A History of the Origin, Evolution, and Impact of Electrocardiography". *Am J Cardiol*;73(13):937-949.

³³⁶ ROLLASON, W.N., HOUGH, M. (1957) "Electrocardiographic studies during endotracheal intubation and inflation of the cuff". *Br J Anaesth*;29:367-374.

³³⁷ REICH, D.L. (2011) "The History of Anaesthesia and Perioperative Monitoring". En: REICH, D.L., REICH, D.L., KAHN, R.A., MITTNACHT, A.J.C., LEIBOWITZ, A.B., STONE, M.E., EISENKRAFT, J.B. Eds. *Monitoring in Anesthesia and Perioperative Care*. New York: Cambridge University Press. p.1-8.

En 1952 Aaron Himmelstein (1916-1994) y Michael Scheiner (1922-1992) presentaron el *cardiotachoscope*, un aparato que ofrecía una imagen electrocardiográfica continua en una pantalla de rayos catódicos, así como la frecuencia del pulso. Además, el *cardiotachoscope* incluía un sistema de alarma para advertir sobre cambios significativos en el electrocardiograma³³⁸.

La introducción de la monitorización continua favoreció la incorporación de la electrocardiografía intraoperatoria.

3.9.2.- Pulsioximetría

La oximetría de pulso puede ser considerada el avance tecnológico más importante en la monitorización del paciente anestesiado en términos de seguridad. Antes de su aparición, el único método para medir la hipoxemia en sangre era el análisis sanguíneo, el cual era costoso, doloroso y podía acarrear complicaciones. Además, no ofrecía una información continua en tiempo real.

En 1852, el científico alemán August Beer (1825-1863) demostró que la cantidad de luz que se absorbía en una solución era proporcional a la concentración de las especies atenuantes, es decir, a la cantidad de soluto.

Posteriormente, en 1939, el médico alemán Karl Matthes (1905-1962) desarrolló un oxímetro de dos longitudes de onda para una sonda que se colocaba en el oído. Matthes utilizó la longitud de onda roja, que se sabía que se absorbía por la oxihemoglobina, y una longitud de onda verde, que a posteriori fue identificada como infrarroja, con el propósito de determinar la saturación de oxígeno en función de las diferencias de absorción. Sin embargo, en la práctica este invento funcionó mal y tuvo limitaciones de calibración³³⁹.

El término oxímetro fue introducido en 1942 por el médico estadounidense Glen Millikan (1906-1947), después de diseñar un oxímetro de oído que funcionaba con longitud de onda roja e infrarroja. Este dispositivo se empleó para advertir de una hipoxia peligrosa a los pilotos de aviones americanos durante la Segunda Guerra Mundial. Más tarde, en 1972, el ingeniero japonés Takuo Aoyagi (1936-) descubrió, mientras estaba investigando la medición no invasiva del gasto cardiaco a través de oxímetro, que los cambios en la saturación de oxígeno estaban relacionados con cambios en las longitudes de onda roja e infrarroja durante el pulso, introduciendo el concepto de pulsioximetría para calcular la saturación de oxígeno de la hemoglobina a través de la onda de pulso.

³³⁸ HIMMELSTEIN, A., SCHEINER, M. (1952) "The cardiotachoscope". *Anesthesiology*;13(1):62-64.

³³⁹ METER, A. VAN., WILLIAMS, U., ZAVALA, A., et al. (2017) "Beat to Beat: A Measured Look at the History of Pulse Oximetry". *J Anesth Hist*;3:24-27.

Las ideas, ecuaciones e instrumentos de Aoyagi fueron adaptados, mejorados y comercializados por la *Minolta Camera Company* en 1978, estimulando a su vez a otras empresas a mejorar y comercializar el pulsioxímetro por todo el mundo a mediados de 1980³⁴⁰.

3.9.3.- Temperatura

La percepción de la temperatura es una capacidad intuitiva y sensorial del ser humano. Esta capacidad sensorial, muy subjetiva, ha sido abordada por los grandes pensadores desde el origen de la Humanidad, como Aristóteles, Santo Tomás de Aquino o Copérnico. Sin embargo, la descripción cuantitativa de la temperatura no apareció hasta el siglo XVII.

A pesar de que Galileo Galilei (1564-1642) es considerado como el inventor del primer termómetro, lo cierto es que el primer medidor de temperatura, conocido como termoscopio, se debe al médico Santorio Santorio (1561-1636), cuya finalidad era seguir la evolución de la fiebre de sus pacientes. Desde el siglo XVII se han desarrollado numerosos dispositivos para la medición de la temperatura, basándose en diferentes tecnologías y escalas de medición hasta llegar a los modernos termómetros y sensores de temperatura³⁴¹.

La relación entre la temperatura corporal y la anestesia apareció principalmente ligada a casos de hipertermia. En 1900 se documentaron varios casos de fiebre inesperada durante la anestesia en la revista '*The Journal of the American Medical Association*'. A lo largo del siglo XX numerosos autores informaron sobre casos de taquicardia, rigidez muscular y cianosis en pacientes operados bajo los efectos del éter o cloroformo, con fatales resultados. En alguna de estas comunicaciones se mencionaba que la temperatura corporal superaba los 42° C³⁴².

En 1929 Ombrédanne describió un síndrome de palidez e hipertermia postoperatoria asociado a una alta mortalidad en niños. Más tarde, en 1951, J.A Bigler y W.O. McQuiston publicaron varios casos de muerte intraoperatoria en lactantes asociada a hipertermia, por lo que sugirieron que la temperatura corporal debería ser monitorizada en pacientes pediátricos.

Finalmente, en 1960, Michael Antony Denborough (1929-2014) comunicó la primera descripción oficial de un caso de Hipertermia Maligna en la revista '*The Lancet*', entidad definida dos años más tarde por el propio Denborough junto a sus colaboradores. Hasta este momento, los casos de Hipertermia Maligna eran referidos en las publicaciones anestésicas como "Convulsiones por Éter"³⁴³.

³⁴⁰ SEVERINGHAUS, J.W. (2007) "Takuo Aoyagi: Discovery of Pulse Oximetry". *Anesth Analg*;105(6):1-4.

³⁴¹ PICQUART, M., CARRASCO MORALES, I. (2017) "De la temperatura y su medición". *Lat. Am. J. Phys. Educ*;11(1):1-11.

³⁴² BRITT, B.A. (1996) "History of Malignant Hyperthermia". En: MORIO, M., KIKUCHI, H., YUGE, O. Eds. *Malignant Hyperthermia*. Tokyo: Springer. p.3-17.

³⁴³ OJEDA, D. (2017) "Hipertermia maligna. Aspectos históricos". *Rev Chil Anest*;46(1):19-24.

A finales de la década de 1940 y durante los años cincuenta se vislumbró el potencial beneficio de la hipotermia profunda con el desarrollo de la cirugía cardíaca y vascular. La reducción del consumo de oxígeno asociado a la hipotermia permitía la interrupción de la circulación durante el procedimiento quirúrgico sin causar daño hipóxico³⁴⁴.

Por otra parte, los problemas derivados de la pérdida de calor involuntaria durante la anestesia fueron reconocidos durante la década de 1960. Durante los años setenta se comprobó que el descenso de la temperatura no estaba relacionado con el tipo de anestesia, siendo muy importante la temperatura de la sala de operaciones³⁴⁵.

Todos estos factores contribuyeron a que la temperatura fuera reconocida como necesaria en la monitorización del paciente durante los años ochenta del pasado siglo hasta la actualidad.

3.9.4.- Monitorización de la profundidad anestésica

Tras la introducción de la anestesia en la práctica clínica los primeros especialistas se interesaron por conocer el grado de profundidad anestésica. En sus inicios, esta profundidad era valorada a través de signos clínicos como el pulso, la respiración, la capacidad de respuesta, etc. En 1847 Francis Plomley definió en su artículo *Operations upon the eye* tres estadios o grados para la anestesia etérea: intoxicación a medias; placer extremo (paciente consciente pero incapacitado para el movimiento); y profunda intoxicación e insensibilidad, siendo este último el estadio apto para llevar a cabo las intervenciones quirúrgicas³⁴⁶.

Por su parte, el mismo año Snow describió cinco etapas de eterización, a las que definió como arbitrarias y graduales, pudiendo no ser claramente distinguible el paso de una a otra. Estos grados iban desde los cambios de sensación en el paciente consciente hasta la inconsciencia con movimientos respiratorios más o menos abolidos e irregulares³⁴⁷.

Sin embargo, la clasificación más popular sobre los planos o etapas de la anestesia fue la descrita por Artur E. Guedel (1883-1956) en 1927, basándose en cambios en parámetros respiratorios, respuesta pupilar, secreción lagrimal, tono muscular y reflejos palpebrales. Guedel estableció cuatro estadios, subdividiendo el estadio III en tres planos, en una progresión de paciente despierto a paciente dormido: primer estadio o estadio de analgesia; segundo estadio o

³⁴⁴ GULY, H. (2011) "History of accidental hypothermia". *Resuscitation*;82(1):122-125.

³⁴⁵ HOLDCROFT, A., HALL, G.M. (1978) "Heat loss during anaesthesia". *Br J Anaesth*;50(2):157-164.

³⁴⁶ PLOMLEY, F. (1847) "Operations upon the eye". *Lancet*;49(1222):134-135.

³⁴⁷ SNOW, J. (1847) *On the inhalation of vapors of ether in surgical operations. Containing a description of the various stages of etherization and a statement of the results of nearly eighty operations in which ether has been employed at St. George's and University College hospitals*. London: John Churchill. p.1-2.

estadio de excitabilidad; tercer estadio o estadio quirúrgico; y cuarto estadio o estadio de parálisis respiratoria³⁴⁸.

Posteriormente, en 1954 Joseph Francis Artusio (1917-2011) dividió el estadio I de Guedel en tres planos, mientras que en 1957 Philip D. Woodbridge (1895-1978) definió los cuatro componentes de la anestesia: bloqueo sensitivo, bloqueo motor, bloqueo de los reflejos autonómicos y pérdida de consciencia³⁴⁹.

La introducción del curare en los años cuarenta determinó que esta forma de medir la profundidad anestésica quedara invalidada, ya que el paciente podía estar relajado muscularmente, pero consciente. En este sentido, en los años cincuenta se documentaron varios casos en los que el paciente estaba aparentemente anestesiado de forma correcta, pero posteriormente refería haber sentido dolor, o recordar conversaciones e incidentes que ocurrieron durante la operación³⁵⁰.

Este fenómeno, que pasó a conocerse como despertar intraoperatorio, tenía una incidencia del 1,2% en 1960, y se asociaba a una elevada tasa de complicaciones psicológicas, siendo el trastorno de estrés postraumático la secuela más grave³⁵¹. El despertar intraoperatorio o anestesia insuficiente determinó la búsqueda de métodos alternativos para conocer el grado inconsciencia.

En 1963 los doctores estadounidenses Giles Gene Merkel (1929-1983) y Edmond I. Eger II (1930-2017) introdujeron el concepto de Concentración Alveolar Mínima (CAM), definida como la mínima concentración alveolar requerida para evitar la respuesta a estímulos dolorosos durante la anestesia, en un estudio comparativo entre halotano y halopropano en perros³⁵². Este nuevo concepto fue postulado como una herramienta para determinar la potencia del agente anestésico³⁵³. Más tarde, en 1971, Leonard Bachman (1925-), señaló que el único método aceptable para comparar la potencia de los anestésicos en el lugar de acción era la dosis media efectiva (ED50), un concepto más aceptado por los farmacólogos, y que era definido como la dosis a la cual el 50% de los pacientes estaban anestesiados de forma efectiva³⁵⁴.

³⁴⁸ GUEDEL, A.E. (1927) "Stages of Anesthesia and a Re-Classification of the Signs of Anesthesia". *Anesth Analg*;6(4):157-162.

³⁴⁹ KAUL, H.L., BHARTI, N. (2002) "Monitoring depth of anaesthesia". *Indian J Anaesth*;46(4):323-332.

³⁵⁰ BAHL, C.P., WADWA, S. (1968) "Consciousness during apparent surgical anaesthesia". *Br J Anaesth*;40(4):289-291.

³⁵¹ CHUNG, H.S. (2014) "Awareness and recall during general anesthesia". *Korean J Anesthesiol*;66(5):339-345.

³⁵² MERKEL, G., EGER, E.I. 2ND. (1963) "A comparative study of halothane and halopropane anesthesia including method for determining equipotency". *Anesthesiology*;24:346-57

³⁵³ EGER, E.I. 2nd, SAIDMAN, L.J., BRANDSTATER, B. (1965) "Minimum alveolar anesthetic concentration: a standard of anesthetic potency". *Anesthesiology*;26(6):756-763

³⁵⁴ BACHMAN, L., EGER, E.I. 2nd, WAUD, B.E., WAUD, D.R. (1971) "MAC and dose-response curves". *Anesthesiology*;34:201-204.

Por otra parte, al margen de la determinación de las dosis efectivas para garantizar la anestesia adecuada de los pacientes, otros autores se centraron en la medición de los efectos de estos fármacos en el cerebro.

El electroencefalograma fue descrito por primera vez en 1875 por Richard Caton (1842-1926), un médico de Liverpool, que observó oscilaciones eléctricas en la superficie cortical expuesta de los animales de experimentación con los que estaba trabajando. En 1929, Hans Berger (1873-1941), neurólogo y psiquiatra alemán, realizó una serie de estudios que son considerados como la primera descripción sistemática del electroencefalograma en humanos³⁵⁵.

En 1937 Frederic Andrews Gibbs (1903-1992), un neurólogo estadounidense, y sus colaboradores, llevaron a cabo un estudio en el que determinaron que el electroencefalograma y el nivel de excitación del paciente presentaban cambios sistemáticos con dosis crecientes de éter y pentobarbital. Estos autores afirmaron que una aplicación práctica de dichas observaciones podía ser el uso del electroencefalograma como una medida de la profundidad anestésica.

Varios estudios posteriores informaron sobre la relación entre la actividad del electroencefalograma y la anestesia. Durante varios años se analizaron diversos parámetros y espectros del electroencefalograma para rastrear los efectos anestésicos. A pesar de la gran evidencia que correlacionaba los patrones del electroencefalograma y los niveles de excitación del paciente, esta monitorización no se convirtió en una práctica estándar de la Anestesiología³⁵⁶.

Sin embargo, en la década de 1990 se desarrollaron monitores como el “Índice Bi espectral” (BIS, Estados Unidos, 1994), con el objetivo de medir el nivel de conciencia a través de un análisis algorítmico del electroencefalograma durante la anestesia general, representando dicho nivel a través de un valor numérico entre 0 y 100. Esto permitió que el anestesiólogo tuviera una percepción más objetiva de la profundidad anestésica³⁵⁷, sin necesidad de analizar el electroencefalograma, lo que facilitó su uso práctico y la aceptación en el ámbito clínico.

3.9.5.- Monitorización de la relajación muscular

En 1954 Henry K. Beecher (1904-1976) y Donald P. Tood (?-1998) señalaron que la mortalidad perioperatoria era mayor en los pacientes a los que se administró curare en

³⁵⁵ RAMPIL, I.J. (1998) “A Primer for EEG Signal Processing in Anesthesia”. *Anesthesiology*;89(4):980-1002

³⁵⁶ PURDON, P.L., SAMPSON, A., PAVONE, K.J., BROWN, E.N. (2015) “Clinical Electroencephalography for Anesthesiologists: Part I: Background and Basic Signatures”. *Anesthesiology*;123(4):937-960.

³⁵⁷ CASTELLON-LARIOS, K., ROSERO, B.R., NIÑO-MEJÍA-DE, M.C., BERGESE, S.D. (2016) “Uso de monitorización cerebral para el despertar intraoperatorio”. *Rev Colomb Anesthesiol*;44:23-29.

comparación con los pacientes que no habían recibido estos fármacos³⁵⁸. En un principio se pensó en la toxicidad de los relajantes musculares como posible causa, pero esta hipótesis fue descartada en 1961 por Robert Dunning Dripps (1911-1973) y colaboradores, al determinar, en un estudio sobre el papel de la anestesia en la mortalidad quirúrgica, que no existía evidencia de toxicidad inherente por parte de los bloqueadores neuromusculares, señalando el mantenimiento del bloqueo como posible causa de las muertes³⁵⁹.

Esta posible etiología, sospechada desde la introducción de los relajantes musculares en la práctica anestésica, despertó el interés por monitorizar su efecto, ya que con anterioridad se habían documentado casos de apnea prolongada tras la anestesia, sin que se pudiera determinar si era debida a una causa central (retención de dióxido de carbono, efecto anestésico residual en el cerebro...) o a una debilidad periférica como consecuencia de un bloqueo neuromuscular persistente.

Durante la década de 1950 se desarrollaron varios estimuladores eléctricos de nervio periférico en el *St. Thomas's Hospital* de Londres, con fines de investigación. Así, en 1958 se presentó el *St. Thomas's Hospital Nerve Stimulator*, un neuroestimulador de nervio periférico diseñado para su uso en quirófano y producido comercialmente. Este neuroestimulador era capaz de producir estímulos lentos (tres contracciones por segundo) o rápidos (contracción tetánica: cincuenta por segundo). Además, permitía regular la intensidad y se podía utilizar para el nervio cubital en la muñeca o el codo³⁶⁰.

Más tarde, en 1965, Ronald Lewis Katz (1932-2017), anestesiólogo estadounidense, presentó una comunicación en la revista '*Anesthesiology*' sobre su experiencia con el *Block-Aid Monitor*, un neuroestimulador que permitía la monitorización intermitente o continua del bloqueo neuromuscular durante la cirugía. El uso de esta monitorización resultaba útil para conocer el grado de bloqueo neuromuscular (y con ello la necesidad o no de administrar más curare), la necesidad de revertir el bloqueo al final de la cirugía, la naturaleza del bloqueo (despolarizante o no despolarizante), así como la localización de nervios durante la intervención³⁶¹.

La introducción del tren de cuatro (TOF, de *train of four*) se produjo en 1968, cuando Andrew Wilson y D.V. Roberts emplearon este tipo de estímulo en la monitorización del bloqueo neuromuscular como un test para la Miastemia Gravis. Estos autores señalaron un decaimiento

³⁵⁸ BEECHER, H.K., TODD, D.P. (1954) "A study of the deaths associated with anesthesia and surgery: based on a study of 599,548 anesthetics in ten institutions 1948-1952, inclusive". *Ann Surg*;140(1):2-35.

³⁵⁹ DRIPPS, R.D., LAMONT, A., ECKENHOFF, J.E. (1961) "The role of anesthesia in surgical mortality". *JAMA*;178(3):261-266.

³⁶⁰ CHRISTIE, T.H., CHURCHILL DAVIDSON, H.C. (1958) "The St. Thomas's Hospital nerve stimulator in the diagnosis of prolonged apnoea". *Lancet*;271(7024):776.

³⁶¹ KATZ, R.L. (1965) "A nerve stimulator for the continuous monitoring of muscle relaxant action". *Anesthesiology*;26(6):832-833.

progresivo de la respuesta entre el primer y cuarto estímulo en esta enfermedad, por lo que podía ser usado como herramienta diagnóstica³⁶².

Posteriormente en 1970, Hassan H. Ali y colaboradores, introdujeron y popularizaron este método en Anestesiología para calcular el grado de bloqueo neuromuscular³⁶³, siendo en la actualidad la técnica más empleada para la monitorización de la relajación neuromuscular.

³⁶² ROBERTS, D.V., WILSON, A. (1968) "Electromyography in the diagnosis and treatment of myasthenia gravis". *Br J Pharmacol*;34(1):229-230.

³⁶³ ALI, H.H., UTTING, J.E., GRAY, C. (1970) "Stimulus frequency in the detection of neuromuscular block in humans". *Br J Anaesth*;42(11):967-978.

3.10.- TECNOLOGÍA RELACIONADA CON LA VÍA AÉREA.

El manejo de la vía aérea es un hecho que se ha llevado a cabo desde la Antigüedad. Uno de los primeros abordajes de la vía aérea fue la traqueostomía, técnica descrita en tabletas egipcias y en escrituras hindúes, que datan del 3600 a.C. y 2000 a.C. respectivamente.

En el mundo griego también existen indicios del conocimiento sobre esta técnica. Se narra que el gran Alejandro Magno salvó la vida de uno de sus soldados al realizar con su daga una incisión en la tráquea para evitar la asfixia³⁶⁴.

Ya habíamos visto que tanto Hipócrates como Galeno abordaron aspectos relacionados con la vía aérea, y que posteriormente se entró en un periodo de decadencia científica hasta el Renacimiento, donde encontramos los trabajos de Paracelso y Vesalio.

En este apartado describiremos la historia de algunas técnicas y materiales de uso común en el manejo de la vía aérea, principalmente en el ámbito de la Anestesiología y Reanimación.

3.10.1.- Intubación endotraqueal

En el siglo XVIII, con el auge de la Reanimación y los avances en fisiología respiratoria, aparecieron las primeras experiencias documentadas de intubación endotraqueal. De esta forma, encontramos como en 1754 Benjamin Pugh (1715-1798), un cirujano de Chelmsford, Inglaterra, describió el que se considera el primer tubo endotraqueal (figura 182), para proveer una vía aérea a un recién nacido durante un trabajo de parto prolongado:

«... el tubo de aire del tamaño de una pluma de cisne en el interior, y de 10 pulgadas de largo, está hecho de un pequeño cable común, cubierto con cuero delgado y suave, un extremo se introduce en la palma de la mano, y entre los dedos que están en la boca del niño, hasta la laringe...»³⁶⁵.

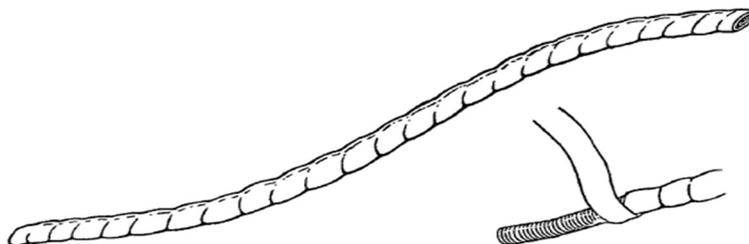


Figura 182. Tubo endotraqueal de Pugh. Reproducido de White GMJ. "Evolution of endotracheal and endobronchial intubation". *Br J Anaesth.* 1960;32:235-46. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

³⁶⁴ DOYLE, D.J. (2009) "A brief history of clinical airway management". *Rev Mex Anestesiol*;32:164-167.

³⁶⁵ WESTHORPE, R.N., BALL, C. (2010) "The history of emergency airway management". *Anaesth Intensive Care*;38(1):3.

Más tarde, William Smellie (1697-1763), de Londres, describió en 1762 cómo había usado una cánula de plata para ventilar artificialmente a un recién nacido, apreciando que a medida que se expandían los pulmones la circulación se fortalecía³⁶⁶.

Durante este periodo surgieron en Europa diferentes Sociedades Humanas en el campo de la reanimación cardiopulmonar. Charles Kite (1760-1811), un cirujano inglés, desarrolló un «kit de resucitación» entre cuyos elementos se encontraban unos tubos endotraqueales (figura 178). En 1788, en su obra titulada *The Recovery of the Apparently Dead*, Kite aleccionaba sobre la colocación de un catéter traqueal en las víctimas de ahogamiento, por nariz o por boca, para resucitarlos a través de la ventilación con presión positiva por medio de un fuelle³⁶⁷.

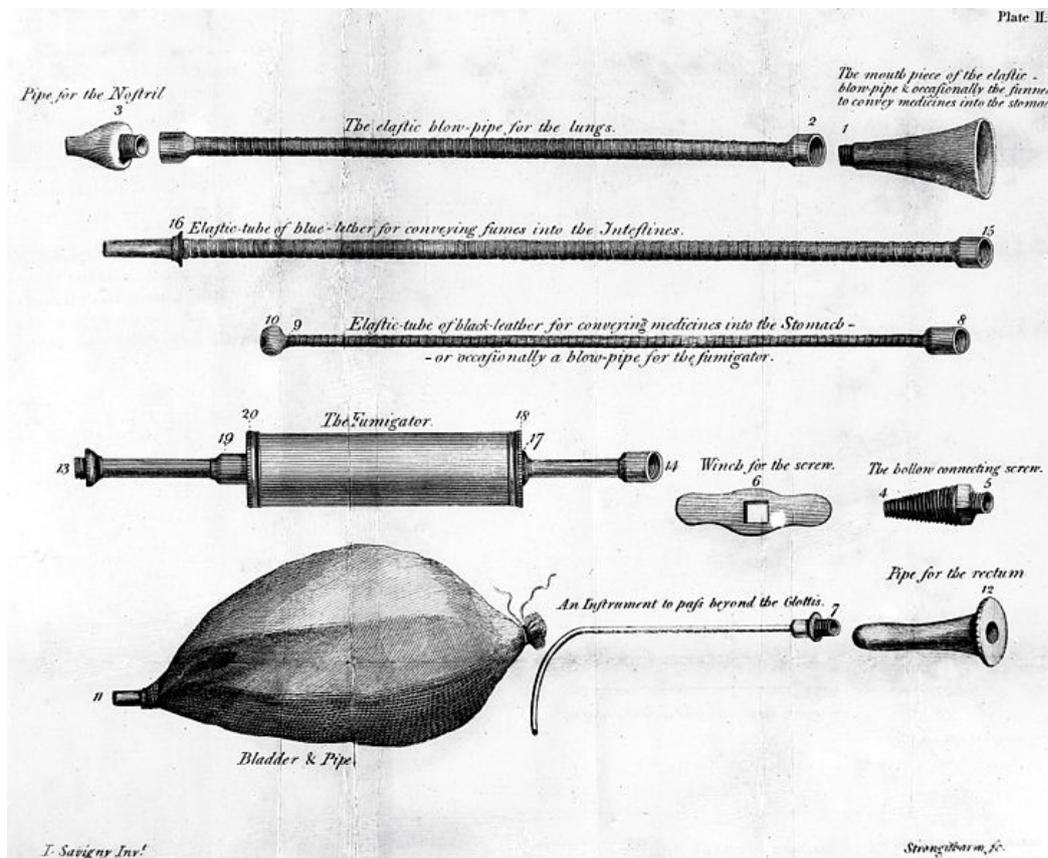


Figura 183. Instrumentos de Kite para la recuperación de las personas aparentemente muertas. El instrumento de la parte superior era el tubo elástico para la intubación traqueal. Dominio público. Créditos: Wellcome Collection. Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

En esta etapa inicial de la intubación endotraqueal, la manera de colocar el tubo en la tráquea era una técnica a ciegas. Kite describió la forma de insertar un tubo metálico curvo en la

³⁶⁶ PIRSIG, W. (1998) “Surgery of the larynx and the trachea in children before 1900”. En: PASSÀLI, D., BELLUSSI, L., FERRI, R. Eds. *Pediatric otorhinolaryngology: an update*. Nueva York: Kugler Publications. p.9-14.

³⁶⁷ KITE, C. (1788) *An Essay on the Recovery of the Apparently Dead*. London: Dilly.

tráquea valiéndose del tacto, mientras que el cirujano francés Pierre Joseph Desault (1738-1795), describió la intubación nasotraqueal³⁶⁸.

En 1815 James Curry (c. 1760- c.1821) publicó una monografía en la que demostraba la técnica de intubación de la laringe (figura 184).

El tubo “A” era un tubo flexible que se avanzaba hacia la garganta con un bloqueador deslizante de marfil, quedando abocado a la entrada del esófago. Esto permitía que la cánula de plata “B” destinada a la intubación no se dirigiera hacia el esófago, sino que se insertara en el interior de la tráquea³⁶⁹.

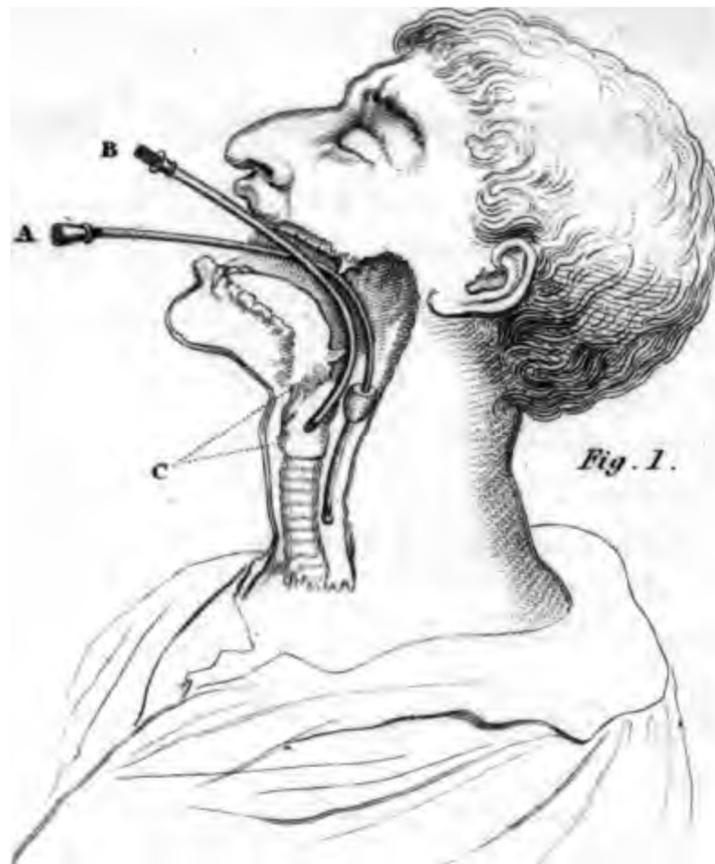


Figura 184. Técnica de intubación descrita por Curry. Reproducido de Curry J. (1815). *Observations on apparent death from drowning, hanging, suffocation by noxious vapours, fainting-fits, intoxication, lightning, exposure to cold, &c.* Londres: Cox & Sons. Dominio público.

Con el paso del tiempo los materiales para la intubación endotraqueal se fueron perfeccionando. Tras el descubrimiento de la anestesia, el aumento de la realización de procedimientos quirúrgicos en el tracto respiratorio superior dio lugar a una mayor incidencia de

³⁶⁸ MADRID, V., CHARCO, P., COMPANY, R., VALDIVIA, J., ALCALÁ, M.A., SÁNCHEZ-GÓMEZ, J. (2001) “Vía aérea e intubación endotraqueal”. En: TORRES, L.M. Ed. *Tratado de Anestesia y Reanimación*. Madrid: Arán. p.1575.

³⁶⁹ DOBELL, A.R.C. (1994) “The origins of Endotracheal Ventilation”. *Ann Thorac Surg*;58:578-584.

neumonía postoperatoria, consecuencia de la aspiración de sangre y restos de la intervención. En 1871, para tratar de solventar este problema, Friedrich Trendelenburg (1844-1924), mientras era asistente en la clínica de Langenbeck de Berlín, desarrolló una cánula de tampón consistente en un tubo de traqueotomía de metal curvado con un collar de tampón. A partir de este invento diseñó el primer manguito inflable fabricado en goma india. No obstante, este tubo, aunque impedía la aspiración, precisaba la realización de una traqueotomía.

En 1880 el cirujano escocés William Macewen (1848-1924), no siendo partidario de la realización de una traqueotomía por defecto, diseñó un tubo de metal con un collar de esponja que se introducía por la boca a través del tacto, quedando la esponja alojada en la laringofaringe. Macewen fue el primero en administrar un anestésico a través de un tubo endotraqueal³⁷⁰.

Más tarde, en 1893, Victor Eisenmenger (1864-1932), fue el primero en describir el uso de un tubo endotraqueal con manguito insertado por vía orotraqueal para prevenir la aspiración de sangre durante la cirugía del tracto respiratorio superior o facial. Además, introdujo el concepto de emplear un globo piloto para controlar la presión del manguito (figura 185).

Unos años antes, en 1887, Joseph O'Dwyer (1841-1898) desarrolló una variedad de tubos de metal para su inserción en pacientes con crup diftérico, y evitar así la necesidad de realizar una traqueostomía. O'Dwyer diseñó estos tubos para poder conectarlos a la bomba de fuelle de Fell, y conseguir una mayor presión intratraqueal para prevenir el colapso pulmonar. A finales del siglo XIX ese sistema fue utilizado para prevenir el colapso pulmonar durante la cirugía torácica.

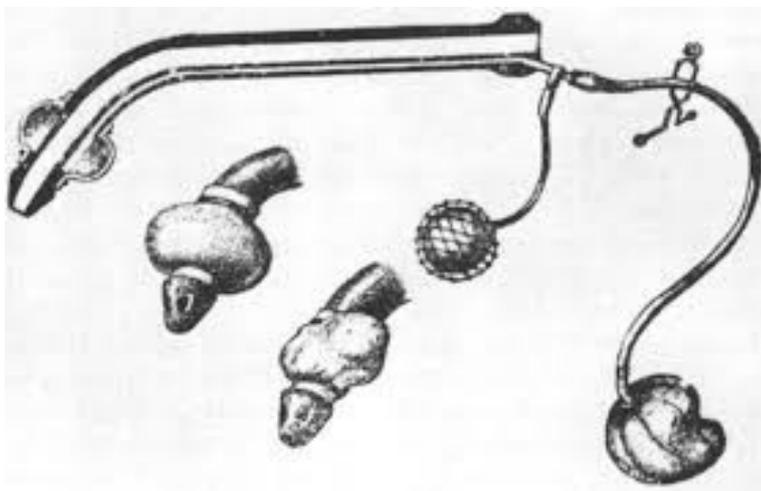


Figura 185. Tubo endotraqueal con manguito de Eisenmenger. Reproducido de Luckhaupt H, Brusis T. "Zur Geschichte der Intubation". *Laryngo-Rhino-Otol.* 1986;65(9):506-510. Copyright 2020. Con permiso de Georg Thieme Verlag KG.

³⁷⁰ WHITE, G.M.J. (1960) "Evolution of endotracheal and endobronchial intubation". *Br J Anaesth*;32:235-246.

A principios del siglo XX Franz Kuhn (1866-1929) también contribuyó al desarrollo de la intubación orotraqueal. Por una parte, creó un tubo anillado metálico flexible, e insistió en la importancia de eliminar las secreciones pulmonares; y por otra, publicó el primer libro de texto sobre la intubación traqueal en 1911³⁷¹.

En cuanto a la laringoscopia, o visualización de la laringe, el español Manuel García (1805-1906), un profesor de canto residente en Londres, inventó en 1854 un sistema de espejos en serie para poder ver indirectamente la laringe y la porción superior de la tráquea, con el empleo de la luz solar (figura 186). El 22 de marzo de 1855 García dio a conocer su laringoscopio en la Royal Society de Londres, con el título *Physiological Observations on the Human Voice*.



Figura 186. Laringoscopio original utilizado por el profesor Manuel García. Reproducido de Péres de Urbina A, Pérez Trullén A. “Manuel García, profesor de canto e inventor del laringoscopio y precursor de la laringoscopia (1805-1906)”. *Rev Patol Respir*. 2006;9(3):130-40. Con permiso.

En cambio, para la visión directa de la laringe hubo de esperar cuarenta años. En 1895 Alfred Kirstein (1863-1922) inventó en Berlín el *Autoscope*, el primer laringoscopio de visión directa. El *Autoscope* original (figura 187, izquierda) estaba compuesto por un esofagoscopio y un electroscopio (una lámpara de mano que había sido diseñada para examinar la uretra). No obstante, a las pocas semanas de su primer examen directo, Kirstein consideró que la esofagoscopia inicial no era necesaria, por lo que modificó su *Autoscope* original obviando este componente (figura 187, derecha)³⁷².

³⁷¹ HAAS, C.F., EAKIN, R.M., KONKLE, M.A., BLANK, R. (2014) “Endotracheal Tubes: Old and New”. *Respir Care*;59(6):933-955.

³⁷² HIRSCH, N.P., SMITH, G.B. (1986) “Alfred Kirstein. Pioneer of direct laryngoscopy”. *Anaesthesia*;41:42-45.

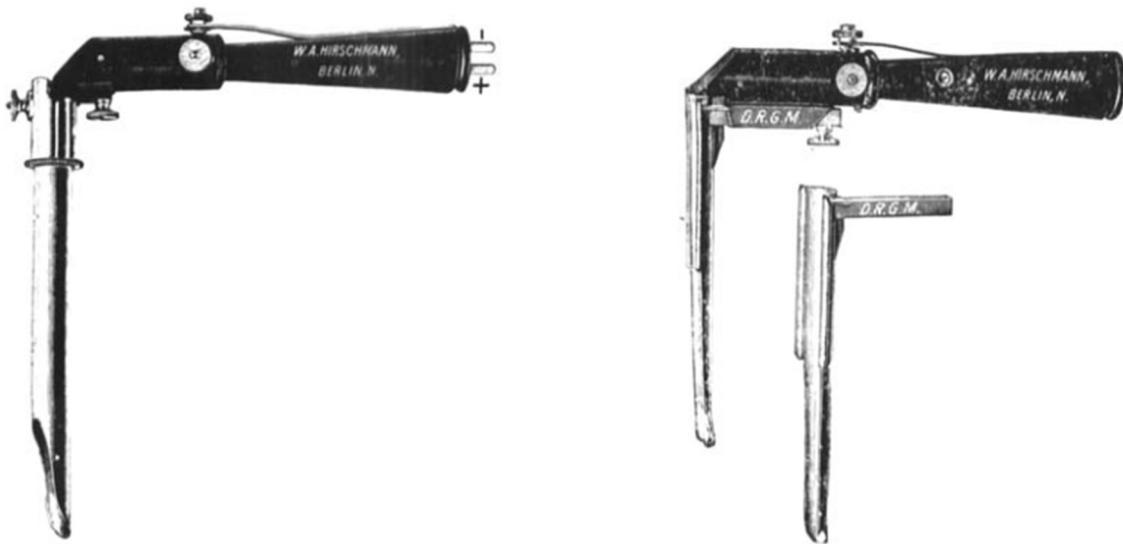


Figura 187. *Autoscope* original (izquierda) y *Autoscope* modificado (derecha) con cuchilla u hoja estándar unida al mango. La cuchilla intralaringea es la que se muestra separada del mango. Reproducido de Hirsch NP, Smith GB. “Alfred Kirstein. Pioneer of direct laryngoscopy”. *Anaesthesia*. 1986;41:42-5. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.

El paciente se colocaba sentado, inclinado boca arriba, con la cabeza colgando hacia atrás (figura 188), y a través de la boca se introducía el *Auto-scope* sujetándolo con la mano izquierda para la visualización de la glotis³⁷³.



Figura 188. Kirstein realizando laringoscopia directa. Obsérvese la posición de la cabeza para alinear el eje laríngeo con la visión a través de la boca. Reproducido de Hirsch NP, Smith GB. “Alfred Kirstein. Pioneer of direct laryngoscopy”. *Anaesthesia*. 1986;41:42-5. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.

³⁷³ (1895) “Direct laryngoscopy”. *Lancet*;145(3740):1132.

A principios de 1900 Chevalier Lawrence Jackson (1865-1958), un médico estadounidense influenciado por el trabajo de Kirstein, defendió la laringoscopia directa y se convirtió en un pionero en el desarrollo de la endoscopia y de la cirugía abierta para el abordaje del tracto respiratorio y digestivo superior.

Jackson desarrolló su primer laringoscopio directo en 1903, y sobre este fue introduciendo sucesivas modificaciones, encaminadas a una mejor ergonomía de las manos y a la inclusión de iluminación distal (figura 189). Esta última fue crucial para el uso efectivo de los laringoscopios tubulares y para el abordaje lateral a través de la cavidad oral y la orofaringe, ya que proporcionó una ruta más corta desde los labios hasta la laringe, y precisó de menor presión instrumental para establecer la exposición. Además, Jackson introdujo el concepto de succión distal incorporada al laringoscopio, lo que facilitó el manejo de las secreciones faríngeas y laríngeas.



Figura 189. Laringoscopio de Jackson. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto de registro número 4525. Reproducido con permiso. Disponible en el siguiente enlace: <https://victoriancollections.net.au/items/532924e92162ef0e488934cf>.

Inicialmente Jackson realizaba la técnica laringoscópica con el paciente sentado, al igual que Kirstein. Pero más tarde desarrolló la laringoscopia directa en decúbito supino, con la cabeza ligeramente levantada (figura 190), de manera que conseguía el mismo alineamiento que Kirstein pero con el paciente tumbado³⁷⁴.

³⁷⁴ ZEITELS, S.M. (1998) “Chevalier Jackson’s Contributions to Direct Laryngoscopy”. *J Voice*;12(1):1-6.

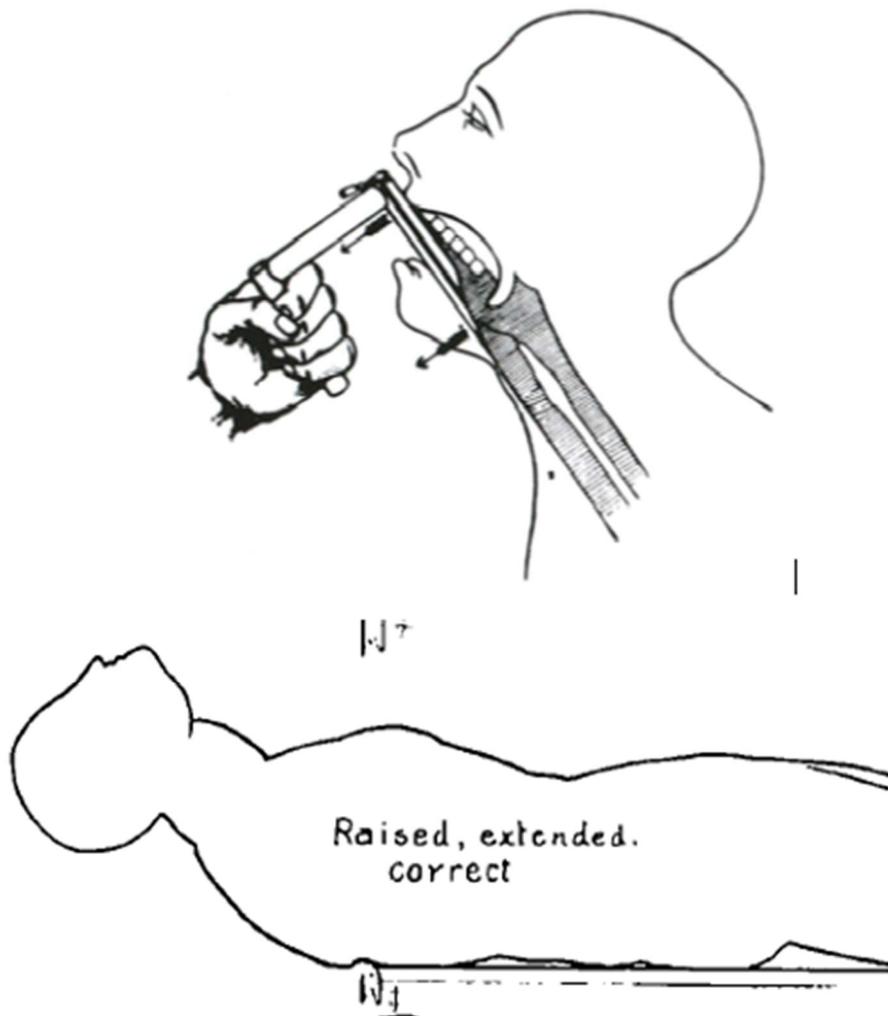


Figura 190. Superior: Representación esquemática de Jackson de las fuerzas involucradas en la laringoscopia directa en posición sentada. Inferior: Dibujo representativo de la posición en decúbito supino para la laringoscopia. Reproducido de Zeitels SM. "Chevalier Jackson's Contributions to Direct Laryngoscopy". *J Voice*. 1998 Mar;12(1):1-6. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

Jackson modificó su laringoscopio hasta 1920. Con el auge de la anestesia endotraqueal, la laringoscopia se convirtió en una técnica más común. Una de las dificultades que encontraron los primeros anestesiólogos en practicar esta modalidad fue avanzar el tubo hacia la glotis. Para solventar ese problema Ivan Magill (1888-1986) desarrolló unas pinzas especiales, que dio a conocer en la revista '*British Medical Journal*', en 1920, en un artículo con el título *Forceps for intratracheal anesthesia*.

Las pinzas de Magill (figura 191) fueron construidas con una forma curva para despejar el campo de visión. Los extremos para el agarre del catéter representaban un cilindro dividido longitudinalmente, y estaban dentados en la superficie interna para mejorar el agarre del tubo. Estas pinzas no dañaban el extremo del catéter, evitando que se pudieran desprender pequeñas piezas de material hacia la tráquea.

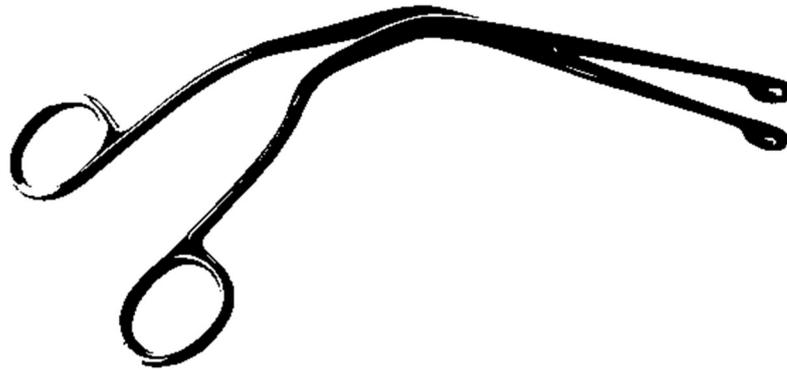


Figura 191. Pinzas de Magill. Imagen del artículo original publicado en la sección «Accesorios y preparaciones» de la revista *'British Medical Journal'*, octubre de 1920. Reproducido de Magill I. "Forceps for intratracheal anaesthesia". *Br Med J.* 1920;2:670. Copyright 2020. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.

La principal indicación de estas pinzas era la intubación nasotraqueal, recogiendo el tubo a nivel de la orofaringe para dirigirlo hacia la glotis. No obstante, también podían utilizarse por un lado de la boca en la intubación orotraqueal, o incluso dentro de un espéculo³⁷⁵.

Más adelante, en 1926, Magill diseñó un nuevo laringoscopio con el objetivo de facilitar el paso de los tubos endotraqueales a través de la laringe. El laringoscopio de Magill (figura 187) disponía de una bombilla eléctrica para mejorar la iluminación; el extremo distal del espéculo era plano, ancho e inclinado ligeramente hacia arriba, con el objetivo de elevar y controlar la epiglotis.

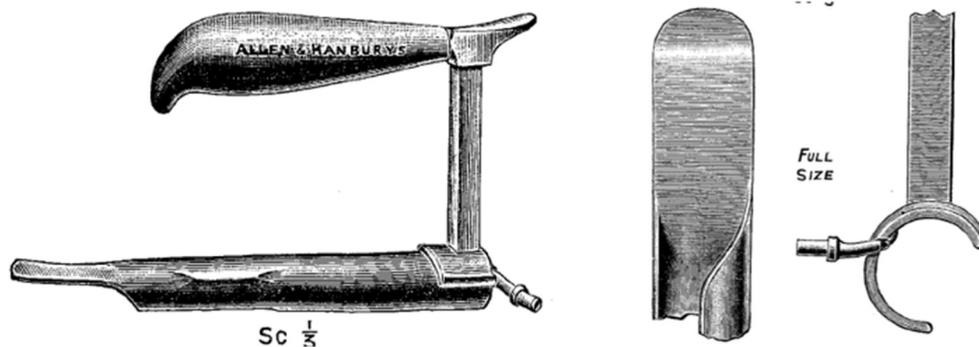


Figura 192. Laringoscopio de Magill. Reproducido de Magill I. "An improved laryngoscope for anaesthetists". *Lancet.* 1926:207(5349):500. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

La anchura del espéculo permitía que la ranura lateral fuese más grande, lo que facilitaba el paso de los tubos sin oscurecer el campo visual. El mango no era desmontable, y el material de construcción era de acero inoxidable³⁷⁶.

³⁷⁵ STERNBACH, G. (1984) "Ivan Magill: Forceps for intratracheal anesthesia". *J Emerg Med*;1:543-545.

³⁷⁶ MAGILL, I. (1926) "An improved laryngoscope for anaesthetists". *Lancet*:207(5349):500.

A pesar de estas mejoras, el laringoscopio continuaba siendo un instrumento que generaba controversias entre los anestesiólogos. Robert Arden Miller (1906-1976), un anestesiólogo estadounidense, consideraba que los laringoscopios usados habitualmente no tenían la forma adecuada para levantar la epiglotis, y que la cuchilla era demasiado corta. Además, en determinados pacientes, como los que tenían la garganta profunda, la lengua gruesa o los incisivos superiores prominentes, la laringoscopia resultaba especialmente dificultosa, y con frecuencia se producía la rotura de algún diente.

En 1941 Miller introdujo un nuevo laringoscopio³⁷⁷, que se caracterizaba por una hoja o pala más larga que el habitual, recta en su inicio, y con una punta larga y curva para ofrecer una mejor exposición de la laringe (figura 193).



Figura 193. Fotografía del laringoscopio de pala recta de Miller. Dominio público. CC BY 3.0.

En la actualidad, el laringoscopio de Miller es el laringoscopio de pala recta más utilizado, principalmente en el ámbito de la pediatría. El tamaño de la hoja varía desde el “0”, para prematuros, hasta el “5”, para adultos.

Con la introducción del curare en 1942 la intubación endotraqueal se convirtió en una técnica de rutina. El paciente, bajo los efectos de los bloqueadores neuromusculares, se podía intubar con mayor facilidad. En 1943 Robert Macintosh (1897-1989) introdujo un nuevo laringoscopio con hoja curva. Macintosh consideraba que la hoja plana debía avanzarse más allá

³⁷⁷ MILLER, A.R. (1941) “A new naryngoscope”. *Anesthesiology*; 2(3):317-320.

de la epiglotis para poder evitarla, y ocasionalmente ponía en peligro los incisivos superiores o producía una pequeña lesión en la pared faríngea posterior.

Con el fin de mejorar el campo de exposición, Macintosh diseñó una hoja curva y corta (figura 194).

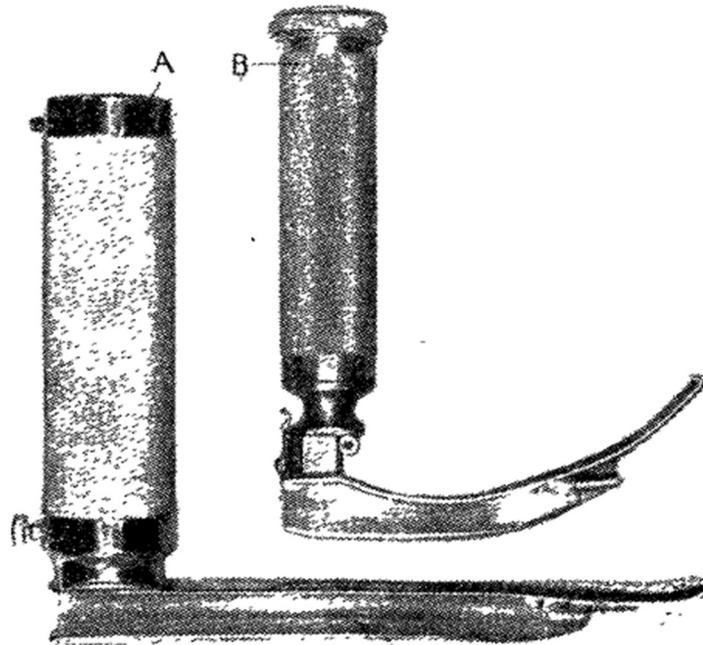


Figura 194. A: Laringoscopio estándar con hoja larga y recta. B: Laringoscopio con hoja corta y curvada. Reproducido de Macintosh RR. "A new laryngoscope". *Lancet*. 1943;241(6233):205. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

Con este nuevo diseño, cuando la hoja o pala se colocaba en su posición, la punta se ajustaba al ángulo formado por la epiglotis con la base de la lengua. En esta posición, si se levantaba el mango del laringoscopio hacia arriba y hacia adelante, la base de la lengua se empujaba hacia arriba, y la epiglotis, debido a su fijación a la base de la lengua, también se estiraba hacia arriba, por lo que la laringe quedaba expuesta (figura 195).

Con el laringoscopio de Macintosh podía exponerse la glotis con mayor facilidad, y en un plano anestésico más ligero que con cualquiera de los laringoscopios disponibles hasta el momento, lo que en opinión de Macintosh podía deberse a que la pala curva no entraba en contacto con la superficie posterior de la epiglotis, inervada por el nervio laríngeo superior, sino con la base de la lengua, inervada por el nervio glosofaríngeo³⁷⁸.

³⁷⁸ MACINTOSH, R.R. (1943) "A new laryngoscope". *Lancet*;241(6233):205.

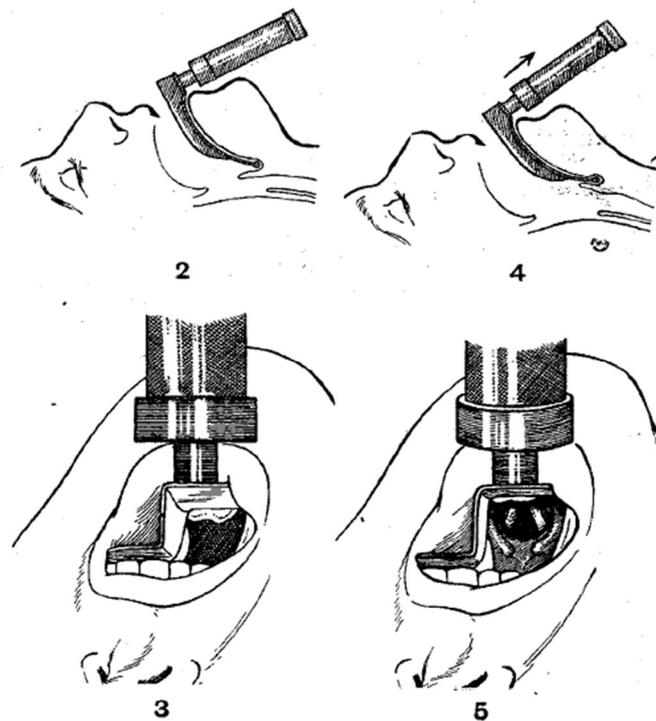


Figura 195. Técnica de laringoscopia de Robert Macintosh. El dibujo 2 muestra cómo queda colocada la hoja del laringoscopio en el ángulo que forma la epiglotis con la base de la lengua. En el dibujo 3 se muestra la visión obtenida por el explorador de la laringe. Si se desplaza el mango del laringoscopio hacia arriba y hacia adelante, se levanta la lengua y la epiglotis, quedando expuesta la glotis, tal como se aprecia en el dibujo 4. Reproducido de Macintosh RR. "A new laryngoscope". *Lancet*. 1943;241(6233):205. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.

Actualmente, el laringoscopio de Macintosh (figura 196) es el modelo habitual de los quirófanos en nuestro país. Además, la técnica descrita por él mismo para la laringoscopia, consistente en introducir la hoja por el lado derecho de la boca para calzar la lengua, y posteriormente desplazarla hacia la izquierda, es la técnica de rutina hoy día.

Los laringoscopios de Miller y de Macintosh continúan siendo de uso común 70 años después de su introducción, aunque hay situaciones en las que estos dispositivos no proporcionan visiones adecuadas de la glotis. Durante este tiempo los esfuerzos en diseñar dispositivos que permitan resolver este problema han sido múltiples, y de esta forma han ido apareciendo variantes de estos modelos como el laringoscopio de Bullard o el de McCoy.

Además, se han diseñado otros instrumentos que pueden englobarse en lo que denominaríamos «dispositivos para el manejo de la vía aérea difícil», como son los broncoscopios de fibra óptica, rígidos y flexibles, los estiletes ópticos, o los video laringoscopios. Sin embargo, no es objeto de esta tesis desarrollar a fondo los materiales relacionados con la vía aérea difícil, por lo que nos quedaremos en la simple mención de esta situación.



Figura 196. Fotografía del laringoscopio de Macintosh con su juego de palas. Dominio público. Créditos: CC BY 3.0.

Por otra parte, desde la década de 1940, la industria ha ido mejorando el diseño de los tubos endotraqueales y los materiales de fabricación (goma, silicona, plástico, látex, metales en los tubos anillados, etc) con el fin de adaptarse a diferentes situaciones clínicas, tanto en quirófano como en cuidados críticos.

Una de las principales preocupaciones ha sido minimizar el daño al paciente debido al traumatismo causado por la alta presión del manguito, dando lugar a la aparición de tubos endotraqueales con manguito de taponamiento neumático de baja presión³⁷⁹. En la figura 197 podemos apreciar diferentes tipos de tubo endotraqueal.

³⁷⁹ HAAS, C.F., EAKIN, R.M., KONKLE, M.A., BLANK, R. (2014) “Endotracheal Tubes: Old and New”. *Respir Care*;59(6):933-955.



Figura 197. Variedades de tubos endotraqueales. Fotografía de diferentes tubos endotraqueales. Reproducido de Soporte vital básico y avanzado. Basado en las recomendaciones ERC-2010. - *Scientific Figure on ResearchGate*. Disponible en el siguiente enlace: https://www.researchgate.net/figure/Tipos-de-tubos-endotraqueales_fig47_310613643.

3.10.2.- Dispositivos extraglóticos

Al margen de la intubación endotraqueal y la traqueostomía, otra posibilidad para proporcionar ventilación mecánica durante la anestesia general es la ventilación a través de dispositivos extraglóticos.

En 1981, el japonés Archie Brain (1942-) inventó la Mascarilla Laríngea LMA (de «Laryngeal Mask Airway»), mientras trabajaba como profesor de Anestesiología en el *Royal London Hospital*. Brain se inspiró para ello en la máscara nasal de Goldman (figura 198 a), un dispositivo acoplado al sistema de inhalación de Magill que cubría la nariz del paciente, y a través del cual se administraba un anestésico volátil durante las extracciones dentales.

Brain empezó a experimentar en modelos anatómicos con la máscara de Goldman, introduciendo el dispositivo alrededor de la glotis, al igual que se colocaba en su diseño original alrededor de la nariz. Poco a poco fue diseñando prototipos basados en las muestras procedentes de cadáveres (figura 198), y en 1983, después de usar su invento en alrededor de 1000 pacientes, dio a conocer su Máscara Laríngea en la revista '*British Journal of Anaesthesia*'³⁸⁰.

³⁸⁰ ZUNDERT, T.C.R.V. VAN., BRIMACOMBE, J.R., FERSON, D.Z, BACON, D.R., WILKINSON, D.J. (2012) "Archie Brain: celebrating 30 years of development in laryngeal mask airways". *Anaesthesia*;67:135-85

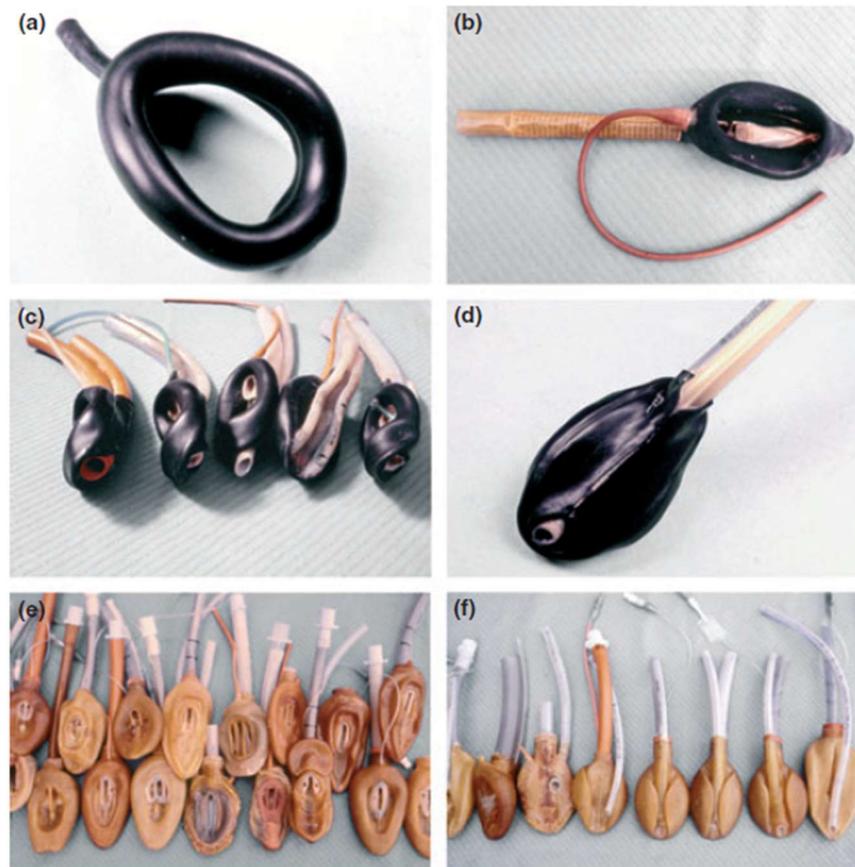


Figura 198. El manguito de la máscara de Goldman (a), unido a un tubo de plástico de 10 mm (b-d) fue la base de una gran cantidad de prototipos de mascarillas laríngeas. Reproducido de Van Zundert TCRV, Brimacombe JR, Ferson DZ, Bacon DR, Wilkinson DJ. “Archie Brain: celebrating 30 years of development in laryngeal mask airways”. *Anaesthesia*. 2012;67:135-85. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.

La introducción de LMA marcó una nueva era en el manejo de las vías respiratorias. Desde entonces se han introducido nuevos dispositivos LMA, así como otros dispositivos extraglotícos, que han resultado ser menos iatrogénicos e invasivos que los anteriores, y han facilitado a su vez el manejo de la vía aérea difícil³⁸¹.

³⁸¹ HERNÁNDEZ, M.R., KLOCK, P.A., OVASSAPIAN, A. (2012) “Evolution of the Extraglottic Airway: A Review of Its History, Applications, and Practical Tips for Success”. *Anesth Analg*;114(2):349-368.

4.- CONCLUSIONES

La elaboración de la Investigación encaminada a nuestra Tesis Doctoral sobre *Evolución Histórica de la Máquina de Anestesia. Introducción de la Ventilación Artificial*, nos ha permitido llegar a las siguientes Conclusiones:

PRIMERA:

La **Máquina de Anestesia** es un dispositivo en continua evolución, que trata de dar respuesta a las necesidades clínicas del paciente y su seguridad quirúrgica, así como a las demandas de diseño y ergonomía de los profesionales sanitarios. Las modificaciones del Aparato de Anestesia comenzaron el mismo día de su introducción en la práctica clínica, el 16 de octubre de 1846, por William Morton (1819-1868).

SEGUNDA:

Los primitivos **Inhaladores simples**, fabricados en vidrio y latón, favorecían el enfriamiento del éter y el cese rápido de la anestesia. John Snow (1813-1858) comprendió la necesidad de mantener la temperatura del fármaco para conservar su vaporización y su efecto anestésico. El «Aparato de éter Snow» representó un salto cualitativo.

TERCERA:

La introducción del **cloroformo** por James Simpson (1811-1870), en noviembre de 1847, favoreció el método de administración abierto, con el uso de máscaras de alambre, conos y nidos. No obstante, también se desarrollaron inhaladores simples.

CUARTA:

En el último cuarto del siglo XIX aparecieron los **inhaladores complejos** para ajustar las concentraciones inspiradas de anestésicos y administrar más de un agente, dada la introducción del **óxido nítrico** en la práctica clínica. Ejemplo de ello fue el «inhalador secuencial de óxido nítrico/éter de Clover» de 1876, inventado por Joseph Thomas Clover (1825-1882).

QUINTA:

En 1877, Clover diseñó el primer aparato con la tecnología adecuada para regular la cantidad de vapor inhalado. Fundamentados en él, Frederic Hewitt (1857-1916) y Louis Ombrédanne (1871-1956) diseñaron aparatos para la anestesia etérea a fin de solventar inconvenientes del inhalador original.

SEXTA:

La incorporación de **oxígeno** a la mezcla de gas fue otro avance en el desarrollo de la máquina de anestesia, sugerida en 1868 por Edmund Andrews (1824-1904). El aparato de Hewitt, de 1893, incorporó una llave de paso para regular el tipo de mezcla gaseosa permitiendo administrar aire, óxido nitroso, o mezclas de óxido nitroso y oxígeno, lo que supuso una novedad.

SEPTIMA:

A principios del siglo XX, la mayor mortalidad asociada al uso del cloroformo fomentó la incorporación de tecnologías para mejorar su seguridad clínica. En 1904 August George Vernon-Harcourt (1834-1919) fabricó un inhalador en el Reino Unido, para administrar una cantidad segura y conocida: no mayor del 2% de cloroformo en aire.

OCTAVA:

En la primera década del siglo XX, la incorporación de válvulas reductoras de presión en los cilindros de gas comprimido, mejoró el rendimiento de éstos, al conseguirse una presión de salida baja y constante y, por tanto, los inhaladores complejos dieron paso a las **máquinas de gas**.

NOVENA:

En Alemania, la compañía Dräger diseñó la primera máquina para la administración conjunta de cloroformo y oxígeno en 1902. Más tarde, en 1908, los hermanos Teter patentaron en Estados Unidos la primera máquina que permitía la administración de oxígeno, óxido nitroso y éter. Tales aportaciones obligaron a intentar conseguir un flujo de gas regular, a una velocidad deseada y fácilmente medible a través de la simple visualización, para ello:

–En 1908, Karl Küppers (1874-1933) inventó en Alemania el «rotámetro».

–En 1911, los estadounidenses Frederic Cotton (1869-1938) y Walter Boothby (1880-1953) inventaron el «flujómetro de agua».

–En 1925, Richard Foregger (1872-1960) inventó el «manómetro de agua».

–El «medidor de flujo de tubo cónico», variante del «rotámetro», fue introducido por Jay Heidbrink (1875-1957) en 1933.

–Ese mismo año la compañía Coxeter inventó el «medidor de flujo de bobina *Coxeter*».

–Y en 1934, Karl Connel (1878-1941) patentó otro «medidor de flujo» válido para diferentes gases.

DÉCIMA:

En cuanto a la **reinhala**ción, las máquinas de gas también trataron de beneficiarse de sus ventajas. En 1915 Dennis Jackson (1878-1980) describió un aparato con un absorbedor de dióxido de carbono y, en 1930, Brian Sword (1889-1956) diseñó una “máquina de anestesia” con un canister para la absorción del dióxido de carbono, sistema que, con algunas mejoras, ha llegado hasta nuestros días.

UNDÉCIMA:

El paso de las «**máquinas de gas**» a las primeras «**estaciones de trabajo de anestesia**» se produjo en la década de 1930, cuando Nissen Deacon (1892-1959) diseñó una estructura para el aparato de Boyle en la que integró los cilindros, vaporizadores, tubos y caudalímetros en torno a una mesa.

DUODÉCIMA:

La incorporación de la **ventilación artificial** tuvo un siglo de evolución que culminó en la epidemia de poliomielitis de Copenhague, en 1952. Su uso se hizo rutinario en los quirófanos tras la introducción de los **relajantes musculares**, en 1942.

DÉCIMOTERCERA:

La introducción del «vaporizador Copper Kettle» por Lucien Morris (1914-2011), en 1952, marcó hito en la evolución de los «**vaporizadores**» al conseguir un ajuste exacto en la dosificación del agente anestésico inhalatorio.

Y DÉCIMOCUARTA:

El estudio sobre la mortalidad asociada a la anestesia y a la cirugía impulsó que, en 1985, la Sociedad de Anestesiólogos de Arizona y el Departamento de Anestesia de la Escuela Médica de Harvard desarrollaran unas guías básicas para la **monitorización** del paciente. Supuso la definitiva incorporación de los sistemas de vigilancia (alarmas y monitorización de parámetros fisiológicos) a las estaciones de trabajo anestesiológicas.

5.- FIGURAS Y LEYENDAS

Figura 1. Retrato de Paracelso. Dominio público	59
Figura 2. Retrato de Robert Boyle. Dominio público	60
Figura 3. Retrato de Joseph Priestley. Dominio público	61
Figura 4. Retrato de Humphry Davy. Dominio público	61
Figura 5. Fotografía de Crawford W. Long. Dominio público	62
Figura 6. Retrato de Horace Wells. Dominio público.....	62
Figura 7. Retrato de William G. Morton. Dominio público	63
Figura 8. Pintura de la primera operación con éter. 1846. Dominio público	63
Figura 9. Inhalador de éter de Morton en posesión del Hospital General de Massachussets. Imagen reproducida de: Haridas RP, Mifflin JA. Researches regarding the Morton ether inhaler at Massachusetts General Hospital, Boston. <i>Anesth Analg.</i> 2013;117(5):1231. Con permiso	64
Figura 10. Réplica del inhalador de Morton empleado en la primera demostración de octubre de 1846. Imagen disponible en: anaesthesiaheritagecentre – Association of anaesthetists heritage centre (wordpress.com). Reproducida con permiso de la <i>Association of Anaesthetists Heritage Centre</i> . Referencia LDBOC:1.1.3.....	65
Figura 11. Carta de H.J. Bigelow al ‘ <i>Boston Medical and Surgical Journal</i> ’	66
Figura 12. Primera página del artículo de la revista ‘ <i>The Lancet</i> ’ el 2 de febrero de 1847, en la que se encuentra el extracto de la carta que J. Bigelow envió al Dr. Boott informándole de la experiencia exitosa de Morton.....	67
Figura 13. Carta de Morton a la revista ‘ <i>The Lancet</i> ’, en la que informa sobre las modificaciones introducidas en su aparato de anestesia.....	68
Figura 14. Dibujo (a) y fotografía (b) del inhalador de Mudge. Dominio público	70
Figura 15. Gasómetro de óxido nitroso de Davy. 1799. Imagen reproducida de: King AC. History and development of anaesthetic apparatus. <i>Br Med J.</i> 1946; 2:536. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd. Copyright 2020.....	71
Figura 16. Dibujo del inhalador de Squire con sus diferentes partes representadas por letras. Extraído del libro de Bárbara Duncum. Referencia: DUNCUM, B.M. (1947) .	72

Figura 17. F Fotografía del inhalador de Squire de 1846. Imagen de dominio público. Créditos: Copy of the Squire-type ether inhaler first used in 1846. Credit: Science Museum, London. Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)	72
Figura 18. Fotografía del aparato del Dr. Nooth, contemporáneo de J. Priestley, para la preparación de agua con dióxido de carbono. Imagen de dominio público. Créditos: Nooth's Apparatus. Credit: Wellcome Collection. Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).....	73
Figura 19. Portada del tratado de Robinson sobre la inhalación de vapores de éter. Reproducida de la versión digital del libro original de 1847. Dominio público	74
Figura 20. Aparato de Robinson. Dominio público.....	75
Figura 21. Pieza distal del sistema de ventilación. Dibujos reproducidos de Robinson J. <i>A Treatise on the Inhalation of the Vapour of Ether, for the Prevention of Pain in Surgical Operations; Containing a Numerous Collection of Cases in Which It Has Been Applied.</i> Dominio público	75
Figura 22. Inhalador de éter de Gilberston. 1847. Reproducido de Ford WW. Ether inhalers in early use. <i>N Engl J Med.</i> 1946;30(234):713-26. Con permiso. Copyright Massachusetts Medical Society.....	77
Figura 23. Inhalador de Tracy. Fotografía reproducida de Masson AH. Two early ether inhalers. <i>Anaesthesia.</i> 1989;44(10):843-6. Con permiso de John Wiley & Son.....	77
Figura 24. Inhalador de Éter de Hooper. Dibujo del inhalador de Hooper. Reproducido de Slatter EM. The evolution of anaesthesia. 2. The first english ether inhalers. <i>Br J Anaesth.</i> 1960;32(1):35-45. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier	78
Figura 25. a. Inhalador de éter de Gallard. 25 b. Inhalador de éter de Smee. Reproducidos de Ford WW. Ether inhalers in early use. <i>N Engl J Med.</i> 1946;30(234):713-26. Con permiso. Copyright Massachusetts Medical Society.....	78
Figura 26. Inhalador de éter de Salt. Reproducido de Ford WW. Ether inhalers in early use. <i>N Engl J Med.</i> 1946;30(234):713-26. Con permiso. Copyright Massachusetts Medical Society.....	78
Figura 27. Cabecera del 23 de julio de 1847 del Boletín de Medicina, Cirugía y Farmacia, periódico oficial de la Sociedad Médica General de Socorros Mutuos. El primer artículo corresponde al escrito por el doctor González Olivares sobre la eterización en España.	80

Figura 28. Fotografía de John Snow. Dominio público	81
Figura 29. Portada de <i>On the inhalation of the vapour of ether in surgical operations...</i> (1847). Dominio público.	81
Figura 30. Réplica del inhalador de éter de Snow. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Número de registro 4575. Disponible en el siguiente enlace: https://victoriancollections.net.au/items/58338acdd0cdd11cf4b5d0b2	82
Figura 31. Aparato de éter de Snow. Inhalador de éter de Snow. Reproducido de Snow J. (1847) <i>On the inhalation of vapors of ether in surgical operations...</i> Dominio público.	83
Figura 32. a: cámara en espiral; b: pieza facial. Reproducido de Snow J. (1847). <i>On the inhalation of vapors of ether in surgical operations...</i> Dominio público.....	83
Figura 33. Retrato de J.F.B. Charrière. Dominio público.....	84
Figura 34. Portada de la publicación <i>Appareils pour l'inhalation d'éther</i> , realizada por J.F.B. Charrière en la Academia de las Ciencias de París en 1847. Dominio público .	85
Figura 35. Representación de varios modelos del aparato de Charrière. Dibujos reproducidos de Charrière J. <i>Appareils pour l'inhalation d'éther</i> . Paris: Chez Charrière; 1847. Dominio público.....	86
Figura 36. Dibujo esquemático del aparato de Charrière. Reproducido de Charrière J. <i>Appareils pour l'inhalation d'éther</i> . Paris: Chez Charrière; 1847. Dominio público. .	86
Figura 37. A “French” Charrière Ether Inhaler. Fotografía del inhalador de éter de Charrière. Reproducida de Bause GS. A "French" Charrière ether inhaler. <i>Anesthesiology</i> . 2010;113(3):569. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.....	87
Figura 38. Cabecera del domingo 14 de febrero de 1847 de <i>Anales de Cirugía</i> , Periódico de la Academia Quirúrgica Matritense, en la que se encuentra la descripción del aparato de Charrière.....	38
Figura 39. Retrato de James Young Simpson. Dominio público.....	91
Figura 40. Encabezado del artículo <i>On a new anaesthetic agent, more efficient than sulphuric ether</i> publicado por James Y. Simpson en la revista ‘ <i>The Lancet</i> ’ en 1847.	91
Figura 41. Máscara de Skinner. Dibujo de reproducido de: Skinner T. <i>Anaesthesia in midwifery; with a new apparatus for its safer and more economical induction by</i>	

chloroform. *Br Med J*. 1862;2:108-11. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd. Copyright 2020..... 92

Figura 42. Fotografía de la máscara de Skinner. Departamento de anestesia de Nuffield, Hospital John Radcliffe. Imagen reproducida del Museo de Historia de la Ciencia de Oxford. Objeto número 10449. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.mhs.ox.ac.uk/collections/imu-search-page/record-details/?thumbnails=on&irn=16558&TitInventoryNo=10449>. (La política del museo permite la reproducción de imágenes para tesis académicas. Autorización disponible en: <https://hsm.ox.ac.uk/ordering-images>)..... 93

Figura 43. Artículo con la descripción de la máscara de Murray (1868). Reproducido de: “Chloroform inhaler of Dr John Murray”. *Med Times Gazette*.1868;1:540. Publicación de dominio público 94

Figura 44. Máscara de Murray. Obsérvese su forma triangular. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto número de registro 4560 (izquierda) y 903 (derecha). Imágenes disponibles en los siguientes enlaces: <https://victoriancollections.net.au/items/54755bd42162f11080eeba3b;> <https://victoriancollections.net.au/items/579ed8c3d0cdd117c4d5908c>..... 94

Figura 45. Máscara de Von Esmarch. Autor de la fotografía: J.A. Daniell. Imagen de Science Museum Group. Objeto número: A608286. Imagen disponible en el siguiente enlace: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co75971/mask-for-open-chloroform-anaesthesia-anaesthetic-mask>. Licencia de reproducción de creative commons: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>..... 95

Figura 46. Máscara de Julliard. Fotografía presente en el Departamento de anestesia de Nuffield, Hospital John Radcliffe. Imagen reproducida del Museo de Historia de la Ciencia de Oxford. Objeto número 10336. (La política del museo permite la reproducción de imágenes para tesis académicas. Autorización disponible en: <https://hsm.ox.ac.uk/ordering-images>)..... 96

Figura 47. Máscara de Schimmelbush. Izquierda: marco de alambre libre. Derecha: marco de alambre sosteniendo el algodón absorbente y las gasas. Imágenes de Science Museum Group. Objetos número: A500040 y 1987-146. Licencia de reproducción de Creative Commons : <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> 97

Figura 48. Dibujo de la máscara de Kocher. Autora: Claudia Bustos. Universidad de Talca (Chile) Reproducida con permiso. 97

Figura 49. Inhalador de Murphy. Imagen de dominio público, distribuida por Wellcome Images con referencia L005815 y licencia de uso de Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)	99
Figura 50. Inhalador de Cloroformo de Snow. Dibujo reproducido de: Snow J. <i>On Chloroform and Other Anaesthetics: Their Action and Administration</i> . London: John Churchill; 1858.p.82.	101
Figura 51. Aparato de cloroformo de Clover. 1862. Dominio público. Créditos: Wellcome Collection. CC BY 4.0.....	102
Figura 52. Fotografía de J.T Clover administrando cloroformo con su aparato de 1862. Obsérvese la bolsa reservorio colgando a su espalda. Imagen de dominio público. Créditos: Wellcome Collection. Licencia de uso CC BY 4.0.....	103
Figura 53. Dibujos del inhalador de Sansom, adaptado a las posiciones del paciente sentado y tumbado respectivamente. Imágenes de dominio público. Créditos: Wellcome Collection. Licencia de uso CC BY 4.0	93
Figura 54. Aparato de Junker. Reproducido de Junker FE. “Description of a new apparatus for administering narcotic vapours”. <i>Med Times Gazette</i> .1867;2:590. Dominio público.	106
Figura 55. Aparato de Junker de 1867 para la administración de vapores narcóticos, Londres, Inglaterra. Dominio público. Créditos: Wellcome Collection, Science Museum, London. Licencia de uso CC BY 4.0.....	107
Figura 56. Aparato de Elser. Dibujo reproducido de: Sédillot CE. <i>De l’insensibilité produite par le chloroforme et par l’éther et des opérations sans douleur</i> . Dominio público.	108
Figura 57. Dibujo esquemático del aparato de Charrière para la inhalación de cloroformo. Reproducido de Charrière J. <i>Appareils pour l’inhalation du chloroforme</i> (1848). Dominio público.....	110
Figura 58. Aparato de cloroformo de Charrière (1848). Dominio público. Créditos: Wellcome Collection, Science Museum, London. Licencia de uso CC BY 4.0.....	111
Figura 59. Zona de depósito del cloroformo. Reproducido de Charrière J. <i>Appareils pour l’inhalation du chloroforme</i> (1848). Dominio público.....	111
Figura 60. Espiral metálica cubierta con algodón. Reproducido de Charrière J (1848). Dominio público.....	111

Figura 61. Componentes del aparato de Charrière para la inhalación de cloroformo. Reproducido de Charrière J. (1848). Dominio público.....	112
Figura 62. Componentes del aparato de Charrière para la inhalación de cloroformo. Reproducido de Charrière J. (1848). Dominio público.....	113
Figura 63. Aparato de Mathieu. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile) Reproducido con permiso.....	114
Figura 64. Inhalador de Amussat. Reproducido de: Charrière J. (1848). Dominio público...	115
Figura 65. Inhalador de Faure. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile) Reproducido con permiso.....	116
Figura 66. Intervención quirúrgica bajo anestesia inducida por cono (flecha amarilla). Imagen reproducida de: Cardenal Fernández S. <i>Manual práctico de cirugía antiséptica</i> , (2ª ed.). Barcelona: Biblioteca ilustrada de Espasa y Cª. 1887. Dominio público.....	118
Figura 67. Intervención ginecológica bajo anestesia con cono. Fotografía de una ovariectomía a domicilio practicada por el Dr. Salvador Cardenal. Obsérvese la administración de anestesia a través de cono (flecha amarilla). Imagen reproducida de: Cardenal Fernández S. (1887). Dominio público.....	118
Figura 68. Aparato secuencial de óxido nitroso/éter de Clover. 1876. Reproducido de: Clover JT. On an apparatus for administering nitrous oxide gas and ether, singly or combined. <i>Br Med J.</i> 1876;2(811):74 -5. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.	120
Figura 69. Pieza intermedia del aparato secuencial de óxido nitroso/éter de 1876. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto número de registro VGKM4110. Disponible en: https://victoriancollections.net.au/items/532a58f12162ef0e4831af31	121
Figura 70. Representación esquemática de la pieza intermedia del aparato de Clover de 1876. Dominio público.....	121
Figura 71. Inhalador de éter regulador portátil de Clover. 1877. Dibujo reproducido de Clover JT. Portable regulating ether inhaler. <i>Br Med J.</i> 1877; 1:69-70. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd.	122
Figura 72. <i>Inhalador de éter regulador portátil de Clover.</i> Fotografías cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objetos con	

- número de registro 1792 y 6851 respectivamente. Imágenes disponibles en los siguientes enlaces:
<https://victoriancollections.net.au/items/564d34552162f122a8983fa9> y
<https://victoriancollections.net.au/items/564c0aae2162f11498147e01> 123
- Figura 73.** Esquema del modo de funcionamiento del inhalador de éter regulador portátil. Las flechas indican la dirección del aire inhalado, que tras pasar por la cámara de éter se convierte en la mezcla anestésica. Reproducido de: Hewitt FW. *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton; 1922.p.293. Dominio público 123
- Figura 74.** Encabezado del artículo de Ormsby en el ‘*British Medical Journal*’ en el que presenta su inhalador de éter. Reproducido de Ormsby LH. The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler. *Br Med J*. 1877;1(850):451-3. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd 124
- Figura 75.** Estadística de la mortalidad asociada a diferentes anestésicos. Reproducido de Ormsby LH. The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler. *Br Med J*. 1877;1(850):451-3. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd. . 125
- Figura 76.** Inhalador de éter de Ormsby. 1877. Reproducido de Ormsby LH. The Advantages of Ether as an Anaesthetic: with a Description of New Inhaler. *Br Med J*. 1877;1(850):451-3. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd..... 126
- Figura 77.** Inhalador de Ormsby. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto con número de registro 4510. Disponible en el siguiente enlace:
<https://victoriancollections.net.au/items/553f26822162f10f6cc737fe>..... 127
- Figura 78.** Estructura de soporte y unión del aparato de Hewitt de óxido nitroso/oxígeno de 1893. Reproducido de: Hewitt FW. *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton; 1922.p.263. Dominio público. 128
- Figura 79.** Sección esquemática de los cilindros y de la estructura de soporte y unión del aparato de Hewitt de 1893. Reproducida de Hewitt FW. (1897). Dominio público. ... 129
- Figura 80.** Sección esquemática de la bolsa y tubo dobles del aparato de Hewitt de 1893. Reproducida de Hewitt FW. (1897). Dominio público. 129
- Figura 81.** Llave de paso reguladora y cámara de mezcla de Hewitt. Reproducido de: Hewitt FW. *Anaesthetic and their administration*. London: Henry Frowde and Hodder & Stoughton; 1922.p.264. Dominio público..... 129

Figura 82. Dibujo de la llave de paso reguladora <i>Stopcock</i> de Hewitt. Reproducido de Hewitt FW. Further observations on the Use of Oxygen with Nitrous Oxide. <i>Br Dent J.</i> 1893; 15:380-7. Dominio público	131
Figura 83. Inhalador de éter de Wilson Smith.1898. Reproducido de Wilson Smith T. Improved Ether Inhaler. <i>Lancet.</i> 1898;151(3893):1005. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.	132
Figura 84. Inhalador de Hewitt. 1901. Imagen de dominio público. Créditos: Wellcome Collection, Science Museum, London. Licencia de uso CC BY 4.0.....	133
Figura 85. Encabezado del artículo de Ombrédanne en <i>Gazette des hôpitaux civils.</i> 1908. Reproducido de Ombrédanne L (1908). Dominio público.....	134
Figura 86. Fotografía de Louis Ombrédanne. Dominio público	134
Figura 87. Sección esquemática del aparato de Ombrédanne de 1908. Reproducido de Ombrédanne L. (1908). Dominio público.....	135
Figura 88. Sección esquemática del aparato de Ombrédanne con la llave de mando en posición 0. Reproducido de Ombrédanne L. (1908). Dominio público.	136
Figura 89. Sección esquemática del aparato de Ombrédanne con la llave de mando en posición 8. Reproducido de Ombrédanne L. (1908). Dominio público.	136
Figura 90. Patente del inhalador de Harcourt. Dominio público.....	138
Figura 91. Patente del inhalador de Harcourt. Descripción gráfica de los componentes del inhalador. Dominio público.....	139
Figura 92. Componentes del inhalador de Harcourt. Reproducidas del documento de patente. Dominio público	140
Figura 93. Componentes del inhalador de Harcourt. Reproducidas del documento de patente. Dominio público	140
Figura 94. Inhalador de Harcourt, con puntero en la mitad de la escala. Reproducido de Buxton DW. (1904). <i>The Harcourt Inhaler.</i> Dominio público.	142
Figura 95. Inhalador regulador de cloroformo de Levy. F: pieza facial. JJ: doble unión entre pieza facial y tubo; S: válvula espiratoria; X: cámara de cristal contenedora de la válvula inspiratoria; G: Cámara de mezcla con apertura al aire (mostrada en figura 96); Z: cubierta contenedora de la cámara de cloroformo; W: baño de agua; R: termómetro; T: grifo regulador del suministro de cloroformo; H: Indicador de manija; Y: escala de porcentaje. Reproducido de Zuck D. “The development of the	

anaesthetic vaporizer. The contribution of A.G. Levy”. <i>Anaesthesia</i> . 1988;43(9):773-5. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020.....	143
Figura 96. Diagrama que muestra el curso de las corrientes de aire en el inhalador de Levy. El grifo regulador controla solo la corriente que pasa sobre el cloroformo. Reproducido de Levy AG. (1922). <i>Chloroform anaesthesia</i> . Dominio público.....	144
Figura 97. Aparato de Ombrédanne. Fotografía presente en el Musée des Hospices Civils de Lyon. Dominio público. Créditos: CC BY 4.0	145
Figura 98. Aparato de oxígeno y cloroformo de Roth Dräger. 1902-1903. Reproducido de “The Roth-Drager oxygen and chloroform apparatus”. <i>Br Med J</i> . 1907;1(2418):1067-8. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd	147
Figura 99. Aparato de anestesia de oxígeno y cloroformo de Roth-Dräger. Dominio público. Créditos: CC BY 4.0.....	148
Figura 100. Aparato de óxido nitroso/oxígeno de Teter. Reproducido de Gwathmey JT. (1914). <i>Anesthesia</i> . Dominio público	150
Figura 101. Aparato de Heidbrink de 1912. Patente con referencia 15,874, del 22 de julio de 1924. Dominio público.	152
Figura 102. Izquierda: Esquema del principio de funcionamiento de un rotámetro. Derecha: Rotámetro. Dominio público. Créditos: CC BY 3.0.	154
Figura 103. Aparato de óxido nitroso - oxígeno de Neu. Reproducido de Goerig M, Schulte am Esch J. “History of nitrous oxide—with special reference to its early use in Germany”. <i>Best Practice Res Clin Anaesthesiol</i> . 2001;15,3: 313-38. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.....	155
Figura 104. Representación del aparato de McKesson conectado a los tanques de oxígeno y de óxido nitroso, los cuales contenían 750 y 3200 galones de gas respectivamente. Además, el aparato estaba conectado a dos cilindros más pequeños que podían ser usados mientras se recambiaban los tanques agotados, o cuando se deseara realizar intervenciones a domicilio. Reproducido de McKesson EI. (1911). <i>Nitrous oxyde-oxygen Anaesthesia. With a description of a new apparatus</i> . Dominio público.	156
Figura 105. Dibujo representativo de las piezas y componentes del aparato de McKesson. Reproducido de McKesson EI. (1911). Dominio público	157
Figura 106. Hoja de registro del modelo McKesson Nargraf. Fotografía realizada el 2 de mayo de 1938. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey	

Kaye, Melbourne, Australia. Objeto con número de registro 7247. Disponible en: https://victoriancollections.net.au/items/5ad6cd8221ea6b03f8b7f1d8	159
Figura 107. Aparato de Cotton y Boothby. Fotografía reproducida de Cotton FJ, Boothby WM. (1912). <i>Nitrous Oxide-Oxygen-Ether Anaesthesia: Notes On Administration; A Perfected Apparatus</i> . Dominio público	161
Figura 108. Aparato de Gwathmey-Woolsey. Reproducido de Gwathmey JT. (1914). <i>Anesthesia</i> . Dominio público.	163
Figura 109. Aparato de Gwathmey-Woolsey en cirugía de adenoides. Fotografía de James T. Gwathmey usando su aparato de óxido nitroso-oxígeno. Reproducida de Gwathmey JT. (1914). <i>Anesthesia</i> . Dominio público	164
Figura 110. Esquema del circuito del aparato de Jackson (derecha) y del sistema de ventilación (izquierda). Reproducido de Jackson DE. “A New Method for the Production of General Anesthesia and Anesthesia With a Description of the Apparatus Used”. <i>Anesth Analg</i> . 1971;50(2)181-9. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.	165
Figura 111. Ilustración ampliada de los recipientes de lavado.....	165
Figura 112. Aparato de Jackson (1915). Equipado con un circuito circular que incorporaba un absorbedor de dióxido de carbono. Un pequeño motor eléctrico actuaba de bomba de aire. Reproducido de Jackson DE. “A New Method for the Production of General Anesthesia and Anesthesia With a Description of the Apparatus Used”. <i>Anesth Analg</i> . 1971;50(2)181-9. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.....	167
Figura 113. Artículo de Boyle en la revista ‘ <i>The Lancet</i> ’, 1917. Cabecera del artículo de H. Edmund Boyle sobre el uso de óxido nitroso y oxígeno con reinhalación en cirugía militar. Reproducido de Boyle HEG. “Experiences in the use of nitrous oxide and oxygen with rebreathing in military surgery”. <i>Lancet</i> . 1917;2:667-9. Copyright 2020. Reproducido con permiso de Elsevier.....	168
Figura 114. Aparato de Boyle, Diseño original de 1917-1918. Reproducido de Boyle HEG. “New Inventions: Nitrous oxide-oxygen-ether outfit”. <i>Lancet</i> ; 1919;193(4980): 226. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier	169
Figura 115. Aparato de Boyle de 1930. Estructura de soporte metálica. Reproducida de Watt OM. “The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67”. <i>Anaesthesia</i> . 1968;23(1):106. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020	171

- Figura 116.** Aparato de Boyle de 1933. Obsérvese el flujómetro seco. Reproducida de Watt OM. “The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67”. *Anaesthesia*. 1968;23(1):108. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020..... 171
- Figura 117.** Aparato de Boyle de 1941. Obsérvese el circuito circular absorbedor “Coxeter-Mushin- Mark I”. Reproducida de Watt OM. “The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67”. *Anaesthesia*. 1968;23(1):110. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020..... 171
- Figura 118.** Aparato de Boyle de 1958. Obsérvese la sustitución del flujómetro seco por el rotámetro. Los cilindros están fijos en el marco metálico. Reproducida de Watt OM. “The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67”. *Anaesthesia*. 1968;23(1):115. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020 172
- Figura 119.** Aparato de Boyle de 1965. Obsérvese la incorporación del vaporizador para halotano. Reproducida de Watt OM. “The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67”. *Anaesthesia*. 1968; 23(1):116. Con permiso de John Wiley & Sons. Copyright 2020 172
- Figura 120.** Aparato de Marshall. Izquierda (Fig.1): primer aparato (set portátil); derecha: segundo aparato (conjunto combinado). Reproducido de: Marshall G. (1920). “Two Types of Portable Gas-Oxygen Apparatus”. *Proc R Soc Med*; 13(Sect Anaesth):16-19. Dominio público 174
- Figura 121.** Aparato de óxido nitroso-oxígeno-éter de Marshall. *Bubble Bottle* y botella de éter. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso. Obsérvese los tubos curvados en el interior de la botella de burbujas, y la llave de paso en la parte superior de la botella de éter 175
- Figura 122.** Circuito circular del aparato de Sword. Fotografía Reproducida de Sword BC. “The Closed Circle Method of Administration of Gas Anesthesia”. *Anesth Analg*. 1930;9(5):198-202. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc. 176
- Figura 123.** Aparato de Sword. Fotografía reproducida de Sword BC. “The Closed Circle Method of Administration of Gas Anesthesia”. *Anesth Analg*. 1930;9(5):198-202. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc..... 177
- Figura 124.** Izquierda: aparato de óxido nitroso-oxígeno de Connell, modelo “Brass War SP” (1917). Reproducido de Bause GS. “Connell Gas-Oxygen Apparatus, Brass Model War SP”. *Anesthesiology*.2009;110(5):1015. Copyright 2020. Con permiso de

Wolters Kluwer Health, Inc. Derecha: Dibujo de la máquina de Connell de 1936-1937. Autora: Claudia Bustos. Reproducido con permiso.	178
Figura 125. Cúpulas de vidrio cubriendo las válvulas inspiratoria y espiratoria en la máquina de Connell. El armazón y los cajones eran de acero inoxidable. Fotografía reproducida de Foster CA. “The Connell anaesthetic apparatus”. <i>Anaesthesia</i> . 1976;31:440. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.	179
Figura 126. Fotografía del tanque flujómetro de la máquina <i>Australian Foregger Midget</i> . Contenía tres flujómetros con cuatro escalas. Reproducida de Ball C. “The Foregger Midget. A Machine that Traveled”. <i>Anesthesiology</i> . 2013;119:1023-30. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.	180
Figura 127. <i>Australian Foregger Midget Machine</i> . Imagen reproducida de Ball C. “The Foregger Midget. A Machine that Traveled”. <i>Anesthesiology</i> . 2013;119:1023-30. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.	181
Figura 128. Medidor de flujo cónico de Heidbrink. Autora: Claudia Bustos. Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso.....	181
Figura 129. Dibujo del medidor de flujo de bobina Coxeter. Realizado por autor de Tesis. .	182
Figura 130. Patente del 3 de julio de 1934 otorgada a K. Connell para su medidor de flujo. Dominio público.....	183
Figura 131. Representación del profeta Eliseo resucitando a un niño muerto. Pintura del inglés Frederic Leighton (1830-1896) titulada “Elisha Raising the son of the Shunamite”, ubicada en el <i>Leighton House Museum</i> de Londres, y disponible en el enlace: https://artuk.org/discover/artworks/elisha-raising-the-son-of-the-shunamite-180202# . Créditos de la fotografía: The Royal Borough of Kensington and Chelsea Cultura Service, Leighton House Museum. Permitida su reproducción para uso no commercial.....	185
Figura 132. Portada del libro <i>de Humanis corporis fábrica Libri Septem</i> (1543). Dominio público.....	186
Figura 133. Encabezado del artículo “An account of an experiment made by M.Hook of Preserving Animals alive by Blowing through their lungs with Bellows”, de Robert Hooke, publicado en la revista <i>Philosophical Transaction</i> . Dominio público.....	187
Figura 134. Sistema de ventilación de François Chaussier. Reproducido de Matic A. “An Anesthesiologist’s Perspective on the History of Basic Airway Management. The	

- ‘Preanesthetic’ Era-1700 to 1846”. *Anesthesiology*. 2016;124(2):301-11. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc..... 188
- Figura 135.** Fuelle con limitación de volumen y presión de Leroy d’Étiolles. Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso. 189
- Figura 136.** Vendaje compresivo de Leroy d’Étiolles para la ventilación artificial. Reproducido de Matic A. “An Anesthesiologist’s Perspective on the History of Basic Airway Management. The ‘Preanesthetic’ Era-1700 to 1846. *Anesthesiology*. 2016;124(2):301-11. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc. . 189
- Figura 137.** Ventilador de tipo tanque. Reproducido de Rodríguez GA. (2012). “Historia de la ventilación mecánica”. *Medicina Intensiva*. Dominio público. Créditos: CC BY 4.0..... 190
- Figura 138.** *Spirophore* de Woillez, París, 1876. Reproducido de Woillez EJ. (1876). *Du spirophore, appareil de sauvetage pour le traitement de l’asphyxie, et principalement de l’asphyxie des noyés et des nouveau-nés* (communication à l’Académie de Médecine le 20 juin 1876). Dominio público 191
- Figura 139.** Prototipo del Biomotor de Eisenmenger. La fuerza motriz es un fuelle de pie. En el Biomotor, el fuelle fue sustituido por un motor eléctrico. Reproducido de Woollam CH. “The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (1) 1832-1918”. *Anaesthesia*. 1976;31(4):537-47. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons. 192
- Figura 140.** Fotografía del pulmón de acero de Drinker y Shaw. Reproducida de la Colección de Historia de Enfermería “Josephine A. Dolan”. Escuela de Enfermería de la Universidad de Connecticut (EEUU), con permiso. 193
- Figura 141.** Aparato de ventilación de Fell en humanos. Reproducido de Fell GE. (1910). *Artificial respiration. Forced respiration, with comments on the cabinet methods of Sauerbruch, Meyer, and others; also a new method in thoracic surgery*. Dominio público. 194
- Figura 142.** Aparato de ventilación de Fell usando mascarilla facial. Dibujo del aparato original de George Fell para la respiración artificial. Reproducido de Dobell ARC. “The origins of Endotracheal Ventilation”. *Ann Thorac Surg*. 1994;58:578-84. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier..... 194
- Figura 143.** Aparato de ventilación de Fell-O’Dwyer. Dibujo del aparato de Fell-O’Dwyer para la ventilación translaringea. Reproducido de Dobell ARC. “The origins of

Endotracheal Ventilation”. <i>Ann Thorac Surg</i> . 1994;58: 578-584. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.	195
Figura 144. Cabecera del artículo de Tuffier y Hallion sobre la ventilación artificial en operaciones intratorácicas. Reproducido de Tuffier T, Hallion L. (1896). “Operations intrathoraciques avec respiration artificielle par insufflation”. <i>C R Soc Biol</i> ;48:951-954. Dominio público.	197
Figura 145. Rudolph Matas. Dominio público.....	198
Figura 146. Aparato de Fell-O-Dwyer modificado por Matas y Smythe. Reproducido de Hutson LR Jr, Vachon CA. “Dr. Rudolph Matas: innovator and pioneer in anesthesiology”. <i>Anesthesiology</i> . 2005;103(4):885-9. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.....	199
Figura 147. Cámara de presión negativa de Sauerbruch. Reproducida de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). <i>The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present</i> . Oxford: Blackwell Scientific Publications. p.50. Dominio público.....	200
Figura 148. Aparato Brat & Schmieden. Dibujo del aparato de Brat & Schmieden. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). Dominio público	201
Figura 149. Aparatos de Tiegel. 1908 (izquierda) y 1909 (derecha). Reproducidos de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). Dominio público.....	202
Figura 150. Aparato de Lotsch. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. (1953). Dominio público.....	202
Figura 151. Cabina para la ventilación artificial empleada por Green & Janeway. Esta cabina fue diseñada para estos doctores por Charles E. Dressler, de Nueva York. Reproducida de Green NW, Janeway HH. “Artificial respiration and intrathoracic oesophageal surgery”. <i>Annals of Surgery</i> . 1910;52:58-66. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.....	203
Figura 152. Izquierda: Aparato de insuflación de Meltzer y Auer . Reproducido de Wilkinson DJ. “Evolution of the Anesthesia Machine”. <i>Curr Anaesth Crit Care</i> .1991;2(1):51-6. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier. Derecha: aparato de insuflación portátil de Elsberg. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. <i>The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present</i> . Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1953. p-73. Dominio público	205
Figura 153. Aparato de insuflación traqueal de Kelly. Reproducido de Buxton DW. (1914). <i>Anaesthetics: their uses and administration</i> . Dominio público	206

Figura 154. Aparato de insuflación traqueal de Kelly-Mott. Reproducido de Ball C. Westhorpe RN. “Insufflation anaesthesia and the Kelly-Mott machine”. <i>Anaesth Intensive Care</i> . 2013;41(2):147-8. Con permiso para su reproducción en Tesis o disertación doctoral.....	206
Figura 155. Artículo de Shipway sobre las ventajas de los vapores calientes publicado en la revista ‘ <i>The Lancet</i> ’, en 1916. Reproducido de Shipway FE. “The advantages of warm anaesthetic vapours, and an apparatus for their administration”. <i>Lancet</i> . 1916;187(4819):70-4. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.....	207
Figura 156. Aparato de Shipway para la insuflación de vapores calientes. Reproducido de Shipway FE. “The advantages of warm anaesthetic vapours, and an apparatus for their administration”. <i>Lancet</i> . 1916;187(4819):70-4. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.	208
Figura 157. Aparato de insuflación intratraqueal de Shipway. Este aparato era una modificación del empleado por Kelly. Reproducido de Shipway FE. “Apparatus for intratracheal anaesthesia”. <i>Lancet</i> . 1914;184(4741):104. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.....	210
Figura 158. Motor del aparato de insuflación intratraqueal de Shipway. Reproducido de Shipway FE. “Apparatus for intratracheal anaesthesia”. <i>Lancet</i> . 1914;184(4741):104. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.....	210
Figura 159. Diseño más moderno del aparato de insuflación intratraqueal de Shipway. Reproducido de Silk JFW. (1920) <i>Modern Anaesthetics</i> . Dominio público	211
Figura 160. Aparato de insuflación traqueal de Magill. Reproducido de Magill I. “A Portable Apparatus for Tracheal Insufflation Anaesthesia”. <i>Lancet</i> . 1921;197(5096):918. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.....	212
Figura 161. <i>Spiropulsator</i> de Frenckner. Imagen cortesía del museo de anestesia del Hospital de Besançon, Francia. Reproducida con permiso.....	214
Figura 162. Respirador de Moersch. Imágenes cortesía de la ‘American Association for Respiratory Care’s Virtual Museum’.....	215
Figura 163. Respirador de Moersch con la máquina de anestesia de McKesson Nagraf. Fotografía reproducida de Moersch ET. “Controlled Respiration by Means of Special Automatic Machines as Used in Sweden and Denmark”. <i>Anaesthesia</i> .1948;3:4-11. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.....	216
Figura 164. Björn Ibsen. Dominio público	217

Figura 165. Fotografía que muestra la aplicación de ventilación manual a través de traqueostomía en una paciente afectada por polioliemilitis. Reproducida de Rodriguez GA. (2012). “Historia de la ventilación mecánica”. <i>Medicina Intensiva</i> . Dominio público. Créditos: CC BY 4.0.	218
Figura 166. <i>Pulmoflator</i> de Blease. Reproducido de Mushin WW, Rendell-Baker L. “Modern Automatic Respirators”. <i>Br J Anaesth</i> . 1954;26:131-47. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.	219
Figura 167. <i>Pulmoflator</i> de Blease modelo “P.11”. Dominio público. Créditos CC BY 4.0.	220
Figura 168. <i>Dräger Romulus</i> . 1952. Imagen Cortesía de Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lubeck. Todos los derechos reservados. Reproducida con permiso	222
Figura 169. <i>Dräger Spiromat 5000</i> . Imagen Cortesía de Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lubeck. Todos los derechos reservados. Reproducida con permiso	222
Figura 170. Fotografía de la máquina de anestesia <i>Ohio 30/70</i> , perteneciente a la línea de producción <i>Ohio Series 4000</i> . Dominio público	223
Figura 171. Fotografía de la máquina de anestesia <i>Ohio DM 5000</i> . Dominio público	224
Figura 172. Diagrama del vaporizador Oxford nº 1. Reproducido de Epstein HG, Macintosh RR, Mendelsohn K. “The Oxford Vaporiser nº 1”. <i>Lancet</i> . 1941;238(6151):62-4. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier	226
Figura 173. Fotografía del vaporizador Oxford. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto de registro número 4724. Reproducido con permiso.....	227
Figura 174. Dr. José Miguel Martínez. Primer especialista en Anestesia de España, considerado fundador de la Anestesia española. Año 1990. Imagen del archivo del Dr. Carles Hervàs, cortesía de la ‘Galería de Metges Catalans’	228
Figura 175. Inhalador O.M.O del Dr. Miguel, inspirado en los aparatos de anestesia de Ombrédanne y de Macintosh (Vaporizador Oxford). Autora: Claudia Bustos, Universidad de Talca (Chile). Reproducido con permiso	229
Figura 176. Fotografía del inhalador O.M.O. del Dr. Miguel. Imagen reproducida del Instituto de Historia de la Medicina y la Ciencia (Universidad de Valencia-CSIC). Con permiso.	23

Figura 177. Fotografía del vaporizador <i>Copper Kettle</i> de Morris que se encuentra en el Guedel Memorial Anesthesia Center, en San Francisco, California. Reproducida de Raja SN. “Copper Kettle Revisited”. <i>Anesthesiology</i> . 2006;104:881–4. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.....	231
Figura 178. Diagrama esquemático del diseño del circuito que muestra el flujo medido de gas portador a través del líquido que se vaporiza. Reproducido de Raja SN. “Copper Kettle Revisited”. <i>Anesthesiology</i> . 2006;104:881–4. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc.	232
Figura 179. Representación de la cámara de vaporización del vaporizador <i>Copper Kettle</i> . Reproducido de Morris LE. “A new vaporizer for liquid anesthetic agents”. <i>Anesthesiology</i> . 1952;13:587-93. Copyright 2020. Con permiso de Wolters Kluwer Health, Inc	233
Figura 180. <i>Foregger Copper Kettle</i> . Imagen cortesía del ‘Harry Daly Museum’ (Australian Society of Anaesthetists). Disponible en el siguiente enlace: https://ehive.com/collections/4493/objects/362254/foregger-copper-kettle-apparatus	234
Figura 181. Historia de los anestésicos inhalatorios. Gráfica temporal. En asterisco los compuestos que contienen fluor. Reproducido de Delgado-Herrera L, Ostroff RD, Rogers SA. “Sevoflurane: Approaching the Ideal Inhalational Anesthetic A Pharmacologic, Pharmacoeconomic, and Clinical Review”. <i>CNS Drugs Review</i> . 2001;7(1):48-120. Copyrigh 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.....	247
Figura 182. Tubo endotraqueal de Pugh. Reproducido de White GMJ. “Evolution of endotracheal and endobronchial intubation”. <i>Br J Anaesth</i> . 1960;32:235-46. Copyrigh 2020. Con permiso de Elsevier.....	259
Figura 183. Instrumentos de Kite para la recuperación de las personas aparentemente muertas. El instrumento de la parte superior era el tubo elástico para la intubación traqueal. Dominio público. Créditos: Wellcome Collection. Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)	260
Figura 184. Técnica de intubación descrita por Curry. Reproducido de Curry J. (1815). <i>Observations on apparent death from drowning, hanging, suffocation by noxious vapours, fainting-fits, intoxication, lightning, exposure to cold, &c</i> . Londres: Cox & Sons. Dominio público	261

- Figura 185.** Tubo endotraqueal con manguito de Eisenmenger. Reproducido de Luckhaupt H, Brusis T. “Zur Geschichte der Intubation”. *Laryngo-Rhino-Otol.* 1986;65(9):506-510. Copyright 2020. Con permiso de Georg Thieme Verlag KG..... 262
- Figura 186.** Laringoscopio original utilizado por el profesor Manuel García. Reproducido de Péres de Urbina A, Pérez Trullén A. “Manuel García, profesor de canto e inventor del laringoscopio y precursor de la laringoscopia (1805-1906)”. *Rev Patol Respir.* 2006;9(3):130-40. Con permiso 263
- Figura 187.** *Autoscope* original (izquierda) y *Autoscope* modificado (derecha) con cuchilla u hoja estándar unida al mango. La cuchilla intralaríngea es la que se muestra separada del mango. Reproducido de Hirsch NP, Smith GB. “Alfred Kirstein. Pioneer of direct laryngoscopy”. *Anaesthesia.* 1986;41:42-5. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons..... 264
- Figura 188.** Kirstein realizando laringoscopia directa. Obsérverse la posición de la cabeza para alinear el eje laríngeo con la visión a través de la boca. Reproducido de Hirsch NP, Smith GB. “Alfred Kirstein. Pioneer of direct laryngoscopy”. *Anaesthesia.* 1986;41:42-5. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons..... 264
- Figura 189.** Laringoscopio de Jackson. Imagen cortesía del Museo de Historia de la Anestesia Geoffrey Kaye, Melbourne, Australia. Objeto de registro número 4525. Reproducido con permiso. Disponible en el siguiente enlace: <https://victoriancollections.net.au/items/532924e92162ef0e488934cf>. 265
- Figura 190.** Superior: Representación esquemática de Jackson de las fuerzas involucradas en la laringoscopia directa en posición sentada. Inferior: Dibujo representativo de la posición en decúbito supino para la laringoscopia. Reproducido de Zeitels SM. “Chevalier Jackson’s Contributions to Direct Laryngoscopy”. *J Voice.* 1998 Mar;12(1):1-6. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier..... 266
- Figura 191.** Pinzas de Magill. Imagen del artículo original publicado en la sección «Accesorios y preparaciones» de la revista ‘*British Medical Journal*’, octubre de 1920. Reproducido de Magill I. “Forceps for intratracheal anaesthesia”. *Br Med J.* 1920;2:670. Copyright 2020. Con permiso de BMJ Publishing Group Ltd..... 267
- Figura 192.** Laringoscopio de Magill. Reproducido de Magill I. “An improved laryngoscope for anaesthetists”. *Lancet.* 1926;207(5349):500. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier. 267

Figura 193. Fotografía del laringoscopio de pala recta de Miller. Dominio público. CC BY. 3.0	268
Figura 194. A: Laringoscopio estándar con hoja larga y recta. B: Laringoscopio con hoja corta y curvada. Reproducido de Macintosh RR. “A new laryngoscope”. <i>Lancet</i> . 1943;241(6233):205. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.	269
Figura 195. Técnica de laringoscopia de Robert Macintosh. El dibujo 2 muestra cómo queda colocada la hoja del laringoscopio en el ángulo que forma la epiglotis con la base de la lengua. En el dibujo 3 se muestra la visión obtenida por el explorador de la laringe. Si se desplaza el mango del laringoscopio hacia arriba y hacia adelante, se levanta la lengua y la epiglotis, quedando expuesta la glotis, tal como se aprecia en el dibujo 4. Reproducido de Macintosh RR. “A new laryngoscope”. <i>Lancet</i> . 1943;241(6233):205. Copyright 2020. Con permiso de Elsevier.	270
Figura 196. Fotografía del laringoscopio de Macintosh con su juego de palas. Dominio público. Créditos: CC BY 3.0.....	271
Figura 197. Variedades de tubos endotraqueales. Fotografía de diferentes tubos endotraqueales. Reproducido de Soporte vital básico y avanzado. Basado en las recomendaciones ERC-2010. - <i>Scientific Figure on ResearchGate</i> . Disponible en el siguiente enlace: https://www.researchgate.net/figure/Tipos-de-tubos-endotraqueales_fig47_310613643	272
Figura 198. El manguito de la máscara de Goldman (a), unido a un tubo de plástico de 10 mm (b-d) fue la base de una gran cantidad de prototipos de mascarillas laríngeas. Reproducido de Van Zundert TCRV, Brimacombe JR, Ferson DZ, Bacon DR, Wilkinson DJ. “Archie Brain: celebrating 30 years of development in laryngeal mask airways”. <i>Anaesthesia</i> . 2012;67:135-85. Copyright 2020. Con permiso de John Wiley & Sons.....	273

6.- BIBLIOGRAFÍA

- ABELES, F.B., MORGAN, P.W., SALTVEIR, M.E. (1992) *Ethylene in Plant Biology*. California: Academic Press.
- ALGHATRIF, M., LINDSAY, J. (2012) "A brief review: history to understand fundamentals of electrocardiography". *J Community Hosp Intern Med Perspect*;2:143-183.
- ANAYA-PRADO, R., SCHADEGG-PEÑA, D. (2015) "Crawford Williamson Long: The True Pioneer of Surgical Anesthesia". *J Invest Surg*;28(4):181-187.
- ANESTHESIA & ANALGESIA (1989) "Sixty-six years ago in Anesthesia & Analgesia". *Anesth Analg*;68(3):405.
- ARQUIOLA, E. (1985) "La historia de la medicina para el médico de hoy". *Jano*;38:37-44.
- ASKITOPOULOU, H., MCGOLDRICK, K., WESTHORPE, R.N., WILKINSON, D.J. (Eds). (2012) *History of Anaesthesia VII. Proceedings of the 7th International Symposium on the History of Anaesthesia*. Crete: Crete University Press.
- ATKINSON, R.S, BOULTON, T.B. (1977) "Clover's portable regulating ether inhaler (1877). A notable one hundredth anniversary". *Anaesthesia*;32(10):1033-1036.
- BAKER, A.B. (1971) "Artificial Respiration, the history of an idea". *Med His*;15(4):336-351.
- BALL, C. (1995) "Kocher's Mask". *Anaesth Intensive Care*;23(5):535.
- BALL, C. (1995) "Murray's Chloroform Mask". *Anaesth Intensive Care*;23(2):135.
- BALL, C. (2013) "The Foregger Midget. A Machine that Traveled". *Anesthesiology*;119:1023-1030.
- BALL, C. (1999) "The Water Depression Flowmeter". *Anaesth Intensive Care*;27(3):237.
- BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) "Insufflation anaesthesia and the Kelly-Mott machine". *Anaesth Intensive Care*;41(2):147-148.
- BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2013) "Insufflation anaesthesia and the Shipway apparatus". *Anaesth Intensive Care*;41(3):287-288.
- BALL, C. WESTHORPE, R.N. (1999) "The Coxeter Boyle Gas Anaesthesia Apparatus". *Anaesth Intensive Care*;27(2):129.
- BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2012) "The first anaesthetic ventilators". *Anaesth Intensive Care*; 40(3):381-382.
- BALL, C. WESTHORPE, R.N. (2009) "The introduction of blood pressure monitoring into anaesthesia". *Anaesth Intensive Care*;37(1):3.
- BARASH, P.G, CULLEN, B.F., STOELTING R.K., et al. (Eds). (2013) *Clinical Anesthesia*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- BARNS, E. (2000) *It began with the Pulmotor. One hundred years of Artificial ventilation*. Lübeck: Dräger Medica.

- BASKETT, T.F. (2004) “Robert Hooke and the origins of artificial respiration”. *Resuscitation*;60:125-127.
- BASNER, R.C., PARTHASARATHY, S. (Eds) (2015) *Nocturnal Non-Invasive Ventilation. Theory, Evidence, and Clinical Practice*. Boston: Springer.
- BAUSE, G.S. (2009) “Connell Gas-Oxygen Apparatus, Brass Model War SP”. *Anesthesiology*;110(5):1015.
- BAUSE, G.S. (2010) “A “French” Charrière ether inhaler”. *Anesthesiology*;113(3):569.
- BAUSE, G.S. (2009) “Emerson Respirator or “iron lung””. *Anesthesiology*; 110(4):812.
- BAUSE, G.S. (2014) “The Chloroform Still of Dr. Samuel Guthrie, Jr”. *Anesthesiology*;121:1226-35.
- BELDA, F.J., LLÓRENS, J. (Eds). (2009) *Ventilación Mecánica en anestesia y cuidados críticos*. Madrid: Arán.
- BUXTON, D.W. (1924) “Snow’s work on chloroform”. *Br J Anaesth*;1(4):149-158.
- BUXTON, D.W. (1919) “The Vernon Harcourt Inhaler”. *Lancet*;194(5010):456.
- CARRERAS PANCHÓN, A. (1994) *Guía Práctica para la elaboración de un trabajo científico*. Bilbao: Cita, Publicaciones y Documentación.
- CARTWRIGHT, F. (1960) “The history of early ether”. *Anaesthesia*;15:67-69.
- CASEY, R.G., QUINLAN, D., MULVIN, D., LENNON, G. (2003) “Joseph-Frédéric-Benoît Charrière: master cutler and instrument designer”. *Eur Urol*;43(3):320-322.
- CASTELLON-LARIOS, K., ROSERO, B.R., NIÑO-MEJÍA-DE, M.C., BERGESE, S.D. (2016) “Uso de monitorización cerebral para el despertar intraoperatorio”. *Rev Colomb Anestesiol*;44:23–29.
- CHENOWETH, M.B. (Ed). (1972) *Modern Inhalation Anesthetics*. Berlín – Heldeberg: Springer-Verlag. p.77-92.
- CHERIAN, S.M., NICKS, R., LORD, R.S. (2001) “Ernest Ferdinand Sauerbruch: Rise and Fall of the Pionner of Thoracic Surgery”. *World J Surg*;25(8):1012-1020.
- CHOPIN, C. (2007) “L’histoire de la ventilation mécanique: des machines et des hommes”. *Réanimation*;16:4-12.
- CHRISTIE, T.H., CHURCHILL DAVIDSON, H.C. (1958) “The St. Thomas’s Hospital nerve stimulator in the diagnosis of prolonged apnoea”. *Lancet*;271(7024):776.
- CHUNG, H.S. (2014) “Awareness and recall during general anesthesia”. *Korean J Anesthesiol*;66(5):339–345.
- Club de l’Histoire de l’Anesthésie et de la Réanimation. [sede web]. Hauts-de-France, Roubaix: CHAR; 1999-2019 [acceso el 10 de diciembre de 2019]. Éthylène: Becher. Disponible en: <https://char-fr.net/Ethylene-Becher.html>
- COLLINS, V.J. (1980) *Anestesiología*, (2ª ed.). México D.F.: Interamericana.

- CONACHER, I.D. (1996) "Amylene, a blemish on Snow?". *Anaesthesia*;51:155-157.
- COPE, D.K. (1993) "James Tayloe Gwathmey: Seeds of a Developing Specialty". *Anesth Analg*;76:642-647.
- CRUZ, F., FAJARDO, G., NAVARRO, F.P., CARILLO, R. (Eds). (2013) *Ventilación Mecánica*. México: Alfil.
- CURRY, J. (1815) *Observations on apparent death from drowning, hanging, suffocation by noxious vapours, fainting-fits, intoxication, lightning, exposure to cold, &c*. Londres: Cox & Sons.
- DAVISON, M.H., ESSEX, L., PASK, E.A (1963) "Older methods of the vaporisation of liquid anaesthetics". *Anaesthesia*; 18:302-310.
- DELGADO-HERRERA, L., OSTROFF, R.D., ROGERS, S.A. (2001) "Sevoflurane: Approaching the Ideal Inhalational Anesthetic A Pharmacologic, Pharmacoeconomic, and Clinical Review". *CNS Drugs Review*;7(1):48-120.
- DOBELL, A.R.C. (1994) "The origins of Endotracheal Ventilation". *Ann Thorac Surg*;58:578-584.
- DORMANDY, T.H. (2006) *El peor de los males. La Lucha contra el dolor a lo largo de la Historia*. Madrid: Antonio Machado Libros.
- DOYLE, D.J. (2009) "A brief history of clinical airway management". *Rev Mex Anesthesiol*;32:164-167.
- DUNCUM, B.M. (1946) "Ether Anaesthesia. 1842-1900". *Postgrad Med J*;22(252): 280-290.
- DUNCUM, B.M. (1947) *The development of inhalation anaesthesia. With special reference to the years 1846-1900*. London: Oxford University Press.
- EDWARDS, G. (1951) "Frederic William Hewitt (1857-1916)". *Ann R Coll Surg Engl*;8(3):233-245.
- EGER-II, E.I, SAIDMAN, L.J., WESTHORPE, R.N. (Eds). (2014) *The Wondrous Story of Anaesthesia*. Nueva York: Springer.
- EICHHORN, J.H. (2012) "The Anesthesia Patient Safety Foundation at 25: A Pioneering Success in Safety, 25th Anniversary Provokes Reflection, Anticipation". *Anesth Analg*;114(4):791-800.
- ELLIS, H., ABDALLA, S. (2001) *A History of Surgery*. London: Greenwich Medical Media Ltd.
- EPSTEIN, H.G, HUNTER, A.R. (1968) "Anaesthetic apparatus. A Pictorial Review of the Development of the Modern Anaesthetic Machine". *Br J Anaesth*;40:636-647.
- FITTING, J.W. (2015) "From breathing to respiration". *Respiration*;89(1):82-87.
- FONTANA, J. (1999) *Introducción al estudio de la historia*. Barcelona: Critica.
- FOREGGER, R. (1952) "Early use of rotameter in anaesthesia". *Br J Anaesth*;24(3):187-195.
- FOREGGER, R. (2001) "The rotameter and the waterwheel". *Anaesthesist*;50(9):701-708.

- FOSTER, C.A. (1976) "The Connell anaesthetic apparatus". *Anaesthesia*;31:440.
- FRANCO-GRANDE, A., ÁLVAREZ-ESCUADERO, J., CORTÉS-LAÍÑO, J. (2005) *Historia de la Anestesia en España 1847-1940*. Madrid: Arán.
- FRANCO-GRANDE, A. (2003) "Aparato de Louis Ombrédanne (1908)". En: FRANCO GRANDE A Ed. *Los orígenes de la moderna Anestesia en España*. Madrid: Coopegraf/Visagrafic. p.15-20.
- FRANCO-GRANDE, A., VÁZQUEZ, M.L., CID, M., FREIRE, J. (1991) "Las primeras operaciones efectuadas con el cloroformo en España. Más datos y nuevas aportaciones". *Rev Esp Anesthesiol Reanim*;38:182-188.
- FRANCO-GRANDE, A., GINESTA, V., MASIDE, J. (1978) "Primeros aparatos para la anestesia etérea". *Rev Esp Anesthesiol Reanim*;25: 445- 62.
- FYE, B.F. (1994) "A History of the Origin, Evolution, and Impact of Electrocardiography". *Am J Cardiol*;73(13):937-949.
- GIRALDO, J.C. (Ed). (2004) *Principios Básicos de Anestesiología*. Bogotá: Centro editorial Universidad del Rosario.
- GOERIG, M., SCHULTE AM ESCH, J. (2001) "History of nitrous oxide—with special reference to its early use in Germany". *Best Practice Res Clin Anaesthesiol*;15(3):313-338.
- GONZÁLEZ, A., GONZALO, J.A., BLANCO, A. DEL. (Eds). (2005) *Manual de ventilación mecánica en medicina intensiva, anestesia y urgencias*. Oviedo: Imprenta Gofer.
- GRANJEL, L.S. (1961) *Estudio histórico de la Medicina. Lecciones de Metodología aplicadas a la Historia de la Medicina Española*. Salamanca: Cervantes.
- GUERRA, F. (2007) *Historia de la Medicina*. (3ª Ed). Madrid: Norma-Capitel.
- GULY, H. (2011) "History of accidental hypothermia". *Resuscitation*;82(1):122-125.
- GURUDATT, C.L. (2013) "The basic anaesthesia machine". *Indian J Anaesth*;57(5):438-445.
- GUTHRIE, D., WOODHOUSE, K.W. (1940) "Safety Factors in Ethylene Anesthesia". *JAMA*; 114(19):1846-1850.
- GUY, B. (2010) *The Anaesthesia Machine: Questioning a Design Evolution*. Tesis doctoral. Victoria University of Wellington.
- HAAS, C.F., EAKIN, R.M., KONKLE, M.A., BLANK, R. (2014) "Endotracheal Tubes: Old and New". *Respir Care*;59(6):933-955.
- HADFIELD, C.F. (1950) "H. EDMUND G. BOYLE. Eminent Anaesthetists". *Br J Anaesth*;22:107-117.
- HARIDAS, R.P. (2013) "Horace Wells' Demonstration of Nitrous Oxide in Boston". *Anesthesiology*; 119(5):1014-1022.
- HARIDAS, R.P., MIFFLIN, J.A. (2013) "Researches regarding the Morton ether inhaler at Massachusetts General Hospital, Boston". *Anesth Analg*;117(5):1230-1235.

- HAUPT, J. (2014) *The History of Anesthesia at Dräger*. Hamburg: Lübeck: Dräger Druck.
- HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, A. (Ed). (2013) *Situaciones Clínicas en Anestesia y Cuidados Críticos*. Madrid: Panamericana.
- HERNÁNDEZ, M.R., KLOCK, P.A., OVASSAPIAN, A. (2012) “Evolution of the Extraglottic Airway: A Review of Its History, Applications, and Practical Tips for Success”. *Anesth Analg*;114(2):349-368.
- HERVÁS-PUYAL, C. (1986) *La anestesia en Cataluña, Historia y Evolución (1847-1901)*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- HIRSCH, N.P., SMITH, G.B. (1986) “Alfred Kirstein. Pioneer of direct laryngoscopy”. *Anaesthesia*;41:42-45.
- HOLDCROFT, A., HALL, G.M. (1978) “Heat loss during anaesthesia”. *Br J Anaesth*;50(2):157-164.
- HUTSON LR JR, VACHON CA. (2005) “Dr. Rudolph Matas: innovator and pioneer in anesthesiology”. *Anesthesiology*;103(4):885-889.
- International Workshop on the History of Chemistry. “Transformation of Chemistry from the 1920s to the 1960s”. [sede web]. Tokyo: The Japanese Society for the History of Chemistry; 2013-2015. [acceso el 14 de diciembre de 2019] Rae ID: ‘Ideal’ Gases: *Anaesthetics in the Heart of the Twentieth Century*. Disponible en: <http://kagakushi.org/iwhc2015/papers/22.RaeIan.pdf>
- ISERSON, K.V. (1987) “J.-F.-B. Charrière: the man behind the "French" gauge”. *J Emerg Med*;5(6):545-548.
- JACOBS, M.H. (1933) “Value of ethyl chloride in extractions for children”. *J Am Dent Assoc*;20(6):1060.
- KACMAREK, R. (2011) “The Mechanical Ventilator: Past, Present, and Future”. *Resp Care*;56(8):1170-80.
- KAUL, H.L., BHARTI, N. (2002) “Monitoring depth of anaesthesia”. *Indian J Anaesth*;46(4):323-332.
- KING, A.C. (1946) “History and development of anaesthetic apparatus”. *Br Med J*;2:536-539.
- KINGON, A., YAP, T., BONANNO, C., SAMBROOK, P., McCULLOUGH, M. (2016) “Methoxyflurane: a review with emphasis on its role in dental practice”. *Aust Dent J*;61:157-162.
- KNIGHT III, P.R., BACON, D.R. (2002) “An Unexplained Death. Hannah Greener and Chloroform”. *Anesthesiology*;96:1250-1253.
- LAHERI, V.V, MORE, P.G. (2015) “Evolution of Anesthesia Practice”. En: BAHETI, D.K., LAHERI, V.V. Eds. *Understanding Anesthetic Equipment & Procedures. A Practical Approach*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers. p.3-17.

- LEAKE, C.D. (1947) “James Young Simpson (1811-1870) and Chloroform”. *Curr Res Anesth Analg*;26(5):219–220.
- LETELLIER, C. (2013) *Chaos in nature*. Singapur: World Scientific.
- LO, R. (2014) “The Schimmelbusch Mask”. *Hong Kong Med J*;20(6):560-561.
- LÓPEZ PIÑERO J.M., BUJOSA, F. (1981) *Clásicos españoles de la Anestesiología*. Valencia: Cátedra de Historia de la Medicina.
- LUCKHAUPT, H., BRUSIS, T. “Zur Geschichte der Intubation”. *Laryngo-Rhino-Otol*. 1986;65(9):506-510.
- MACDONALD, A.G. (1994) “A short history of fires and explosions caused by anaesthetic agents”. *Br J Anaesth*; 72:710-722.
- MÁRQUEZ-ESPINÓS, C. (2018) *Constitución de la anestesiología como especialidad médica en España*. Cádiz: Real Academia de Medicina y Cirugía de Cádiz.
- MARSHALL BARR, A., DRUTY, P. (Eds). (1999) *The History of Anaesthesia Society Proceedings. Proceedings of the Combined Meeting to mark the Bicentenary of Davy’s Researches into Nitrous Oxide. Bristol, 13-15 May 1999*. Vols 21-25. Bristol: Abbott Laboratories.
- MARSHALL, G. (1920) “Two Types of Portable Gas-Oxygen Apparatus”. *Proc R Soc Med*;13(Sect Anaesth):16-19.
- MARSTON, A.D. (1949) “The Life and Achievements of Joseph Thomas Clover: The Joseph Clover Lecture delivered at the Royal College of Surgeons on 16th March, 1949”. *Ann R Coll Surg Engl*;4(5):267-280.
- MASSON, A.H. (1989) “Two early ether inhalers”. *Anaesthesia*;44(10):843-846
- MATIOC, A. (2017) “An Anesthesiologist’s Perspective on the History of Basic Airway Management. The ‘Artisanal Anesthetic’ Era: 1846 to 1904”. *Anesthesiology*;126:394-408.
- MATIOC, A. (2016) “An Anesthesiologist’s Perspective on the History of Basic Airway Management. The ‘Preanesthetic’ Era – 1700 to 1846”. *Anesthesiology*;124(2):301-311.
- McCARDIE, W.J. (1903) “Ethyl chloride as a general anesthetic”. *Lancet*;161(4153):952-957.
- McCORMICK, B., MACKENZIE, M. (Ed). (2008) *Update in Anaesthesia*. Singapore: COS Printers.
- McKENZIE, A. (Ed). (2011) *The History of Anaesthesia Society Proceedings. Proceedings of the Summer Scientific Meeting held jointly with Lad o Pairs at The Royal College of Surgeons of Edinburgh*. Edinburgh: Prostrakan Group.
- McKENZIE, A.G. (2000) “The inventions of John Blease”. *Br J Anaesth*;85(6):928-935.
- McLACHLAN, G. (2008) “Sir Ivan Magill KCVO, DSc, MB, BCh, BAO, FRCS, FFARCS (Hon), FFARCSI (Hon), DA, (1888-1986)”. *Ulster Med J*;77(3):146-152.

- McMECHAN, F.H., McMECHAN, L. (1989) "Fifty-two years ago in anesthesia & analgesia. Elmer Isaac McKesson, MD, anesthetist: his life and work. 1937". *Anesth Analg*;69(2):259.
- METCALFE, N.H. (2005) "Military influence upon the development of anaesthesia from the American Civil War (1861–1865) to the outbreak of the First World War". *Anaesthesia*;60:1213-1217.
- METCALFE, N.H. (2011) "Sir Geoffrey Marshall (1887–1982): respiratory physician, catalyst for anaesthesia development, doctor to both Prime Minister and King, and World War I Barge Commander. *J Med Biogr*;19:10-14.
- METER, A. VAN., WILLIAMS, U., ZAVALA, A et al. (2017) "Beat to Beat: A Measured Look at the History of Pulse Oximetry". *J Anesth Hist*; 3:24-27.
- MORADIELLOS, E. (1996) *El oficio del historiador*. (2ª ed). Madrid: Siglo XXI de España.
- MORALES SAAVEDRA, J.L. (Ed). (2009) *Historia y evolución de la Medicina*. México D.F.: Manual Moderno.
- MORGAN, G.E., MIKHAIL, M.S. (Eds). (2013) *Morgan & Mikhail's clinical anesthesiology*. New York: McGraw-Hill.
- MORGAN, M. (1995) "The Epstein-Macintosh-Oxford (EMO) inhaler". *Anesthesia*;50:239-242.
- MORIO, M., KIKUCHI, H., YUGE, O. (Eds). (1996) *Malignant Hyperthermia*. Tokyo: Springer.
- MURRAY LAWSON, J.I. (1965) "Ethyl Chloride". *Br J Anaesth*;37:667-669.
- MUSHIN, W.W., RENDELL-BAKER, L. (1953). *The principles of Thoracic Anaesthesia. Past and Present*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- NEZI, J.A. (2000) "La paradoja del aparato de Ombrédanne". *Rev Arg Anest*;58(2):99-106.
- NUNEZ, C.M. (1996) "The evolution of Anesthesia Machine". *Bull Anesth Hist*;15(4):12-15.
- O'DONNELL, C.P., GIBSON, A.T., DAVIS, P.G. (2006) "Picking, electrocution, ravens' breaks, and positive pressure ventilation: a brief history of neonatal resuscitation". *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*;91:369-73.
- OJEDA, D. (2017) "Hipertermia maligna. Aspectos históricos". *Rev Chil Anest*;46(1):19-24.
- PARÍS, F., BRAVO, J.L. (2010) "Aportación europea a la especialidad de cirugía torácica. Contribución alemana". *Rev Patol Respir*;13(2):100-109.
- PASSALI, D., BELLUSSI, L., FERRI, R. (Eds). (1998) *Pediatric otorhinolaryngology: an update*. Nueva York: Kugler Publications.
- PÉRES DE URBINA, A., PÉREZ TRULLÉN, A. "Manuel García, profesor de canto e inventor del laringoscopio y precursor de la laringoscopia (1805-1906)". *Rev Patol Respir*. 2006;9(3):130-40.
- PÉREZ-CAJARAVILLE, J., ABEJÓN, D., ORTIZ, J.R., PÉREZ, J.R. (2005) "El dolor y su tratamiento a través de la historia". *Rev. Soc. Esp. Dolor*;12(6):373-384.

- PETTY, C. (1987) *The Anesthesia Machine*. New York: Churchill Livingstone.
- PICQUART, M., CARRASCO MORALES, I. (2017) “De la temperatura y su medición”. *Lat. Am. J. Phys. Educ*;11(1):1-11.
- PUERTO SARMIENTO, F.J. (1991) “El Renacimiento. La superación de la tradición”. Madrid: Ediciones Akal.
- PURDON, P.L., SAMPSON, A., PAVONE, K.J., BROWN, E.N. (2015) “Clinical Electroencephalography for Anesthesiologists: Part I: Background and Basic Signatures”. *Anesthesiology*;123(4):937–960.
- RAJA, S.N. (2006). “Copper Kettle Revisited”. *Anesthesiology*; 104:881–884.
- RAMSAY, M.A. (2006) “John Snow, MD: anaesthetist to the Queen of England and pioneer epidemiologist”. *Proc Bayl Univ Med Cent*;19(1):24-28.
- RAMPIL, I.J. (1998) “A Primer for EEG Signal Processing in Anesthesia”. *Anesthesiology*;89(4):980-1002.
- RASMUSSEN, S.C. (2018) *Acetylene and Its Polymers. 150 + Years of History*. Cham: Springer.
- REICH, D.L, KAHN, R.A., MITTNACHT, A.J.C., LEIBOWITZ, A.B., STONE, M.E., EISENKRAFT, J.B. (Eds). (2011) *Monitoring in Anesthesia and Perioperative Care*. New York: Cambridge University Press.
- RESTALL, J. (1997) “The history of military anaesthesia”. *Curr Anaesth Crit Care*;8:290-294.
- RICO, F.G., BOTELLA, M., VARGAS, L. (2001) “Medicina y Teorías de la enfermedad en el Viejo Mundo. La antigüedad remota”. *Rev Inst Nac Enf Resp*;14(1):178-195.
- RIEGELS, N., RICHARDS, M.J. (2011) “Humphry Davy. His life, Works, and Contribution to Anesthesiology”. *Anesthesiology*;114:1282-1288.
- RIERA-PALMERO, J. (1997) *Breve historia de la anestesiología*. Valladolid: Seminario de Historia de la Medicina.
- RODRIGUEZ, G.A. (2012) “Historia de la ventilación mecánica”. *Medicina Intensiva*;29(1).
- ROGUIN, A. (2006) “Scipione Riva-Rocci and the men behind the mercury sphygmomanometer”. *Int J Clin Pract*;60(1):73-79
- ROLDÁN GUERRERO, R. (1932) *El descubrimiento del cloroformo y su primer centenario*. Anales de la Academia Nacional de Farmacia. Comunicación leída en la sesión del 18 de mayo de 1932.
- ROMANO, D. (1982) *Elementos y técnica del trabajo científico*. Barcelona: Teide.
- ROSENBERG, H., AXELROD, J.K. (2000) “Ernst Trier Mørch: Inventor, Medical Pioneer, Heroic Freedom Fighter”. *Anesth Analg*;90:218-221.
- ROWBOTHAM, M. (1951) “Ivan Magill”. *Br J Anaesth*;23(1):49-55.
- RUSHMAN, G.B., DAVIES, N.J.H., ATKINSON, R.S. (1996) *A Short History of Anaesthesia. The first 150 years*. Oxford: Butterworth Heinemann.

- SALAS, D.A. (2000) “Breve historia de la ventilación mecánica asistida”. *Acta académica*;1:89-91.
- SALMÓN, P. (1978) *Historia y crítica. Introducción a la metodología histórica*. Barcelona: Teide.
- SCHEIBER, P. (1972) *Anaesthesia Equipment. Performance, Classification and Safety*. Berlín: Springer-Verlag.
- SCHROEDER, M.E. (2013) “Lucien E. Morris, MD, Aqualumnus, Inventor, Academic and Historian”. *Bull Anesth Hist*;31(2):26-31.
- SEVERINGHAUS, J.W. (2007) “Takuo Aoyagi: Discovery of Pulse Oximetry”. *Anesth Analg*;105(6):1-4.
- SHAFER, S.L. (2011) “From d-tubocurarine to sugammadex: the contributions of T. Cecil Gray to modern anaesthetic practice”. *Br J Anaesth*;107(1):97-102.
- SIERRA BRAVO, R. (1986) *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica*. Madrid: Paraninfo.
- SILVAY, G., GRIFFIN, R. (1984) “The History and Development of Cardiovascular Monitoring during Anesthesia”. *Mt Sinai J Med*;51(5):560-563.
- SLUTSKY, A.S. (2015) “History of Mechanical Ventilation. From Vesalius to Ventilator-induced Lung injury”. *Am J Respir Crit Care Med*; 191(10):1106-1115.
- SMITH, J.B., HIRSCH, N.P. (1991) “Gardner Quincy Colton: Pioneer of Nitrous Oxide Anesthesia”. *Anesth Analg*;72:382-391.
- SMITH, W.D.A. (1972) “A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part IA: The discover of nitrous oxide and oxygen”. *Br J Anaesth*;44:297-304.
- SMITH, W.D.A. (1966) “A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part VII: 1868 – Nitrous oxide anaesthesia takes root in Great Britain”. *Br J Anaesth*;38:551-568.
- SMITH, W.D.A. (1967) “A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part X: the early manufacture, storage and purity of nitrous oxide”. *Br J Anaesth*; 39:351-381.
- SMITH, W.D.A. (1972) “A history of nitrous oxide and oxygen anaesthesia. Part XII: developments in America and nitrous oxide anaesthesia between world wars”. *Br J Anaesth*; 44:215.
- SOMERSON, J.S., SICILIA, M.R. (1992) “Historical perspectives on the development and use of mechanical ventilation”. *AANA J*;60(1):83-94.
- SPERATI, G., FELISATI, D. (2007) “Bouchut, O’Dwyer and laryngeal intubation in patients with croup”. *Acta Otorhinolaryngol Ital*;27:320-323.
- STEBBINS, H.M. (1958) “Charles K. Teter, D.D.S”. *J Am Dent Soc Anesthesiol*;5(1):15-16.
- STEIN, S.W, THIEL, C.G. (2017) “The History of Therapeutic Aerosols: A Chronological Review”. *J Aerosol Med Pulm Drug Deliv*;30(1):20-41.

- STERNBACH, G. (1984) "Ivan Magill: Forceps for intratracheal anesthesia". *J Emerg Med*;1:543-545.
- STERNBACH, G.L., VARON, J., FROMM, R.E., SICURO, M., BASKETT, P.J. (2001) "Galen and the origins of artificial ventilation, the arteries and the pulse". *Resuscitation*;49:119–122.
- SYKES, K., BUNTER, J. (2011) *Anaesthesia and the Practice of Medicine: Historical Perspectives*. London: Hodder&Stoughton.
- TERREL, R.C. (2008) "The Invention and Development of Enflurane, Isoflurane, Sevoflurane, and Desflurane". *Anesthesiology*;108:531-533.
- THENLIER, G., TULARD, J. (1988) *Cómo preparar un trabajo de historia. Métodos y técnicas*. Barcelona: Oikos-Tau.
- THE PULSE on Health, Science & Tech. [sede web]: Chicago: General Electric Healthcare Anesthesia; 2019 [acceso el 24 de noviembre de 2019]. *100 Years of History – Review*: Disponible en: <http://newsroom.gehealthcare.com/anesthesia-100-years-of-history-review/>.
- THIERBACH, A. (2001) "Franz Kuhn, his contribution to anaesthesia and emergency medicine". *Resuscitation*;193-197.
- THOMAS, K.B. (1973) "Ferdinand Edelberg Junker". *Anaesthesia*;28:531-534
- THOMAS, K.B. (1975) *The development of Anaesthetic Apparatus. A history based on the Charles King Collection of the Association of anaesthetists of Great Britain and Ireland*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- THOMAS, K.B. (1971) "The early use of chloroform. With some notes on certain apparatus designed for its delivery". *Anaesthesia*;26(3):348-362.
- THOMPSON, P.W., WILKINSON, D.J. (1985) "Development of anaesthetic machines". *Br J Anaesth*;57:640-648.
- TORRES, L.M. (Ed). (2001) *Tratado de Anestesia y Reanimación*. Madrid: Arán.
- TRUBUHOVICH, R.V. (2007) "19th century pioneers of intensive therapy in North America. Part 1: George Edward Fell". *Crit Care Resuc*;9:377-393.
- TUÑÓN DE LARA, F. (1993) *Por qué la historia*. Barcelona: Salvat.
- UNDERWOOD, E.A. (1946) "Before and After Morton". *BMJ*; 2(4475):525-531.
- UNZUETA-MERINO, M.C. (1999) *Influencia de la escuela de Oxford en el desarrollo de la Anestesiología moderna en España: La huella de Robert Macintosh*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- VALLEJO-MANZUR, F., PERKINS, Y., VARON, J., BASKETT, P. (2003) "Andreas Vesalius, the concept of an artificial airway". *Resuscitation*;56:3-7.
- WATT, O.M. (1968) "The evolution of the Boyle apparatus, 1917-67". *Anaesthesia*; 23(1):103-118.

- WELLER, R.M. (1983) "Nitrous oxide in Bristol in 1836 A series of lectures by William Herapth (1796-1868)". *Anesthesia*;38:678-682.
- WESTHORPE, R.N., BALL, C. (2010) "The history of emergency airway management". *Anaesth Intensive Care*;38(1):3.
- WESTHORPE, R. (1994) "Ethyl Chloride". *Anaesth Intensive Care*;22(1):3.
- WESTHORPE, R. (1994) "Kelene (Ethyl Chloride) Inhaler". *Anaesth Intensive Care*;22(2):133.
- WESTHORPE, R. (1989) "McKesson Nargraf Anaesthetic Record". *Anaesth Intensive Care*;17(3):250.
- WESTHORPE, R. (1994) "White's Ethyl Chloride Inhaler". *Anaesth Intensive Care*;22(6):639.
- WEST, J.B. (2005) "Robert Boyle's landmark book of 1660 with the first experiments on rarified air". *J Appl Physiol* (1985);98(1):31-39.
- WEST, J.B. (2005) "The physiological challenges of the 1952 Copenhagen poliomyelitis epidemic and a renaissance in clinical respiratory physiology". *J Appl Physiol*; 99(2):424-432.
- WHALEN, F.W., BACON, D.R., SMITH, H.M. "Inhaled anesthetics: an historical overview". *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2005;19(3):323-330.
- WHITEHEAD, T., SLUTSKY, A.S. (2002) "The pulmonary physician in critical care * 7: ventilator induced lung injury". *Thorax*;57(7):635-642.
- WHITE, G.M.J. (1960) "Evolution of endotracheal and endobronchial intubation". *Br J Anaesth*;32:235-246.
- WILKINSON, D.J. (1991) "Evolution of the Anesthesia Machine". *Curr Anaesth Crit Care*;2(1):51-56.
- WISNIAK, J. (2016) "Eugène Soubeiran. Descubrimiento del cloroformo y otros compuestos clorados". *An R Soc Esp Quim*;112(1):35-40.
- WOOD LIBRARY-MUSEUM OF ANESTHESIOLOGY (2019) Wood library-museum of Anesthesiology. [sede web]. Schaumburg, Illinois: American Society of Anesthesiologist; 2019 [acceso entre el 31 de octubre y el 15 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/>
- WOOLLAM, C.H. (1976) "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (1) 1832-1918". *Anaesthesia*;31(4):537-547.
- WOOLLAM, C.H. (1976) "The development of apparatus for intermittent negative pressure respiration (2) 1919-1976, with special reference to the development and uses of cuirass respirators". *Anaesthesia*;31(5):666-685.
- WRIGHT, A.J. (1995) "Davy comes to America: Woodhouse, Barton, and the nitrous oxide crossing". *J Clin Anesth*;7(4):347-355.

- ZEITELS, S.M. (1998) "Chevalier Jackson's Contributions to Direct Laryngoscopy". *J Voice*;12(1):1-6.
- ZIMMER, M. (2008) *Histoire de l'anesthésie. Méthodes et techniques au XIX^e siècle*. Les Ulis: EDP Sciences.
- ZIMMER, M. (1997) "Les premières expériences de chloroformisation et les appareils à chloroformer de Joseph Charrière". *Cah Anesthesiol*; 45(4):303-310.
- ZORAB, J. (2003) "Bjørn Ibsen". *Resuscitation*;57:3-9.
- ZUNDERT, T.C.R.V. VAN., BRIMACOMBE, J.R., FERSON, D.Z, BACON, D.R., WILKINSON, D.J. (2012) "Archie Brain: celebrating 30 years of development in laryngeal mask airways". *Anesthesia*;67:135-185
- ZUCK, D. (1988) "The development of the anaesthetic vaporizer. The contribution of A.G. Levy". *Anaesthesia*;43(9):773-775.