



Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR CLÍNICA EN LA BRONQUIOLITIS MODERADA-GRAVE

Tesis Doctoral presentada por

ANA COCA PÉREZ

2022



TESIS DOCTORAL

ANA COCA PÉREZ

**UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR CLÍNICA
EN LA BRONQUIOLITIS MODERADA-GRAVE**

Director

Dr. José Luis Vázquez Martínez

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Universidad de Alcalá de Henares

Año 2022

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, porque lo que soy se lo debo a ellos, a su educación, dedicación y ejemplo.

A mi director, porque hace muchos años confió en mí, y porque su pasión por la ecografía clínica ha sido un gran estímulo profesional.

A Tomy, por su inestimable ayuda para terminar este trabajo, y por su amistad de tantos años, gracias a la cual he crecido como médico pero, sobre todo, como persona.

A Irina, por conseguir que volviera a creer en mi.

A todos los que me han acompañado y apoyado durante estos difíciles años de enfermedad, y siguen haciéndolo.

Y por último, gracias a esos pequeños pacientes que hicieron posible este estudio, y a sus familias por permitirlo y confiarnos su cuidado.

ABREVIATURAS

AAP: Academia Americana de Pediatría (American Academy of Pediatrics)
AP: atención primaria
BA: bronquiolitis aguda
BLPAP: ventilación no invasiva con dos niveles de presión
BROSJOD: escala de puntuación de gravedad de la bronquiolitis aguda del Hospital Sant Joan de Déu.
cmH2O: centímetros de agua
CO2: dióxido de carbono
CPAP: presión continua positiva sobre la vía aérea
DBP: displasia broncopulmonar
ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea
EPAP: presión positiva espiratoria de vías aérea
EPC: ecografía clínica o en el punto de cuidado
EP-PC: ecografía pulmonar clínica o en el punto de cuidado
ESPNIC: Sociedad Europea de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales (European Society for Pediatric and Neonatal Intensive Care)
FAST: ecografía enfocada al trauma
FC: frecuencia cardiaca
FiO2: fracción inspirada de oxígeno
FR: frecuencia respiratoria
GPC: guía de práctica clínica
IO: índice de oxigenación
IPAP: presión positiva inspiratoria de vía aérea
IRA: insuficiencia respiratoria aguda
IRCA: insuficiencia respiratoria crónica agudizada
ISO: índice de saturación de oxígeno
l/m: litros por minuto
lpm: latidos por minuto
mg: miligramo
NAVA: ventilación asistida ajustada neuralmente
NICE: National Institute for Health and Care Excellence
OAF: oxigenoterapia de alto flujo
PaCO2: presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial
PaO2: presión parcial de oxígeno en sangre arterial
PC: presión control
PCO2: presión parcial de dióxido de carbono en sangre
PCR: reacción en cadena de polimerasa
PEEP: presión positiva al final de la espiración
PEEPi: presión positiva al final de la espiración intrínseca
PIM: Índice de Mortalidad Pediátrica (Pediatric Index of Mortality)
PMA: presión media de la vía aérea
PRISM: puntuación de riesgo de mortalidad pediátrica (Pediatric Risk of Mortality)
PS: presión soporte
PV: presión-volumen
rpm: respiraciones por minuto
SAM: síndrome de aspiración meconial
SDR: síndrome de distrés respiratorio
SDRA: síndrome de distrés respiratorio agudo
S/F: cociente saturación de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno
SI: síndrome intersticial
SIADH: síndrome de secreción inadecuada de hormona antidiurética
SNG: sonda nasogástrica

S/P: cociente saturación de oxígeno en sangre arterial/fracción inspirada de oxígeno
SpO2: saturación de oxígeno en sangre
SSH: suero salino hipertónico
TAC: tomografía axial computarizada
Ti: tiempo inspiratorio
TTRN: taquipnea transitoria del recién nacido
μ: microgramo
UCIN: Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales
UCIP: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos
VAFO: ventilación de alta frecuencia oscilatoria
VC: volumen corriente
VM: ventilación mecánica convencional
VNI: ventilación no invasiva
VPN: valor predictivo negativo
VPP: valor predictivo positivo
VRS: virus respiratorio sincitial
WDFm: escala de Wood-Downes-Ferres modificada para la bronquiolitis aguda

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
1.1. BRONQUIOLITIS AGUDA.....	9
1.1.1. Generalidades	9
1.1.2. Etiología y epidemiología	9
1.1.3. Factores de riesgo	10
1.1.4. Fisiopatología.....	10
1.1.5. Curso clínico	11
1.1.6. Diagnóstico.....	12
1.1.7. Valoración de la gravedad y criterios de ingreso en UCIP.....	13
1.1.8. Tratamiento	14
1.1.8.1. Medidas de soporte ^{3, 7,10}	15
1.1.8.2. Tratamiento farmacológico ^{9-10,15}	15
1.1.8.3. Soporte respiratorio ⁷	15
a. Oxígeno de alto flujo (OAF).....	16
b. Ventilación no invasiva ²⁸⁻²⁹	17
▪ CPAP.....	18
▪ Ventilación no invasiva con dos niveles de presión (BLPAP)	19
▪ Monitorización y vigilancia. Factores relacionados con el fracaso de la VNI.....	22
▪ Estrategias de soporte respiratorio en la BA. ^{7,28,47,50}	25
1.2. ECOGRAFÍA CLÍNICA O A PIE DE CAMA.....	25
1.2.1. Introducción	25
1.2.2. Aplicaciones clínicas en Pediatría.....	26
1.2.3. Ecografía clínica pulmonar	27
1.2.3.1. Introducción	27
1.2.3.2. Técnica y semiología.....	27
1.2.3.3. Utilidad clínica.....	28
1.2.3.4. Limitaciones	30
1.2.4. Ecografía clínica pulmonar en Pediatría.....	31
1.2.4.1. Introducción	31
1.2.4.2. Utilidad clínica.....	31
1.2.4.3. Papel que desempeña actualmente la ecografía clínica pulmonar en Pediatría y retos para el futuro.....	34
1.3. ECOGRAFÍA CLÍNICA PULMONAR EN LA BRONQUIOLITIS AGUDA.....	34

OBJETIVOS	43
MATERIAL Y MÉTODOS	45
3.1. Diseño del estudio.....	46
3.2. Pacientes	46
3.2.1. Criterios de inclusión.....	46
3.2.2. Criterios de exclusión.....	46
3.3. Procedimiento y seguimiento. Variables analizadas.	47
3.4. Estrategia ventilatoria.....	48
3.5. Exploración ecográfica pulmonar clínica.....	49
3.7. Análisis estadístico	55
RESULTADOS	57
DISCUSIÓN	77
LIMITACIONES Y FORTALEZAS.....	88
CONCLUSIONES	91
RESUMEN	93
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	111

INTRODUCCIÓN

1.1. BRONQUIOLITIS AGUDA

1.1.1. Generalidades

La bronquiolitis aguda (BA) es una enfermedad inflamatoria de los bronquiolos causada por infección primaria o reinfección de un agente habitualmente vírico (principalmente el virus respiratorio sincitial, VRS). Es un síndrome clínico muy frecuente en la infancia (incidencia anual del 10% en menores de dos años), que ocasiona una importante demanda asistencial en atención primaria tanto en fase aguda como en fase de secuelas (frecuencia de consultas 4-20%), y en las urgencias hospitalarias (frecuencia de consultas 0,8-2,5%). Además, es la causa más frecuente de ingreso por infección respiratoria aguda de vías bajas en niños menores de dos años (frecuencia de ingreso 1-5%)¹. Un 5-16% de los niños que ingresan en el hospital, a su vez, requerirán ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP) por insuficiencia respiratoria o complicaciones asociadas a la enfermedad.²

No existe consenso en la definición de BA. La definición más aceptada es la que dio McConnochie en 1983, que considera como BA el primer episodio agudo de dificultad respiratoria con sibilancias y/o crepitantes, precedido por un cuadro catarral de vías altas (rinitis, tos, con/sin fiebre), que afecta a niños menores de dos años, siendo más frecuente por debajo del año de vida.¹

La infección por VRS afecta al 75% de los lactantes en su primer año de vida, con un pico de incidencia entre los 2 y 3 meses de edad. Prácticamente todos los niños se han infectado durante los tres primeros años de vida, pero nos les confiere inmunidad completa. La reinfección es frecuente, y al disponer de anticuerpos de infecciones previas da lugar a un episodio con sintomatología más leve.³

1.1.2. Etiología y epidemiología

El VRS es el principal agente etiológico (hasta en el 90% de los casos diagnosticados en periodo epidémico, y hasta en el 56% de los casos ingresados, siendo el subtipo A el causante del cuadro más grave), aunque existen otros muchos agentes virales implicados cuyo diagnóstico ha sido posible en los últimos años gracias a la incorporación de técnicas moleculares de reacción en cadena de polimerasa (PCR). El VRS es altamente contagioso y se disemina por contacto directo con las secreciones respiratorias.^{1,3-4}

Otros virus respiratorios implicados son: rinovirus (el segundo virus respiratorio más frecuente), metaneumovirus, adenovirus, virus influenza, virus parainfluenza, enterovirus, coronavirus y bocavirus. Hasta en un 20-30% de los casos se pueden encontrar coinfecciones virales e incluso coinfección con bacterias atípicas como *Mycoplasma pneumoniae*, siendo la combinación más frecuentemente encontrada la del VRS y rinovirus.^{1,4} La coinfección se asocia a bronquiolitis grave y un riesgo 10 veces mayor de ingreso en UCIP. La identificación etiológica no influye en el manejo diagnóstico ni terapéutico, salvo para decidir un tratamiento sintomático y evitar intervenciones innecesarias, así como para el correcto aislamiento de los pacientes ingresados.⁴

En cuanto a la distribución estacional de los agentes virales en los países del hemisferio norte, el VRS tiene una distribución estacional típica con un pico de máxima incidencia entre noviembre y febrero; el rinovirus circula todo el año con un pico de máxima incidencia en primavera y otoño; el metaneumovirus se encuentra más frecuentemente al final del invierno y principios de primavera (marzo), y el bocavirus circula con un claro predominio en los meses de otoño y comienzo del invierno (aunque puede tener también un pico de incidencia en primavera).³⁻⁴

1.1.3. Factores de riesgo

Los principales factores de riesgo para padecer una BA son: edad inferior a seis semanas, prematuridad (edad gestacional al nacimiento < 37 semanas), inmunodeficiencia, enfermedad neurológica, enfermedad pulmonar crónica, incluyendo broncodisplasia pulmonar, y cardiopatía congénita. Otros factores relacionados son la asistencia a guardería o tener hermanos mayores, sexo masculino, tabaquismo pasivo, lactancia materna durante < 2 meses y nivel socioeconómico bajo.¹ Estos pacientes, y aquellos sin factores de riesgo pero afectados severamente, tienen mayor riesgo de complicaciones, siendo las más serias la apnea y el fallo respiratorio, precisando ingreso y tratamiento en la UCIP. La hipoxemia, asociada a la formación de tapones mucosos y atelectasias, es muy frecuente, y aunque suele responder al oxígeno suplementario, en ocasiones precisa soporte respiratorio adicional. El fallo respiratorio hipercápnico, asociado con fatiga, suele precisar intubación y ventilación mecánica (VM).²

La presencia de apneas o de consolidaciones/atelectasias en la radiografía de tórax convencional al ingreso, junto con la existencia de dos o más factores de riesgo asociados, son los principales determinantes de mala evolución de la BA dentro de la UCIP.² Algunos estudios han demostrado que de manera independiente, la edad menor de 6 semanas, incrementa el riesgo de ingreso en la UCIP de manera significativa. Este grupo de edad, además, suele tener una presentación en forma de pausas de apnea, al igual que los niños prematuros, que por sí sólo es un factor de riesgo para ingreso en UCIP y tratamiento con ventilación mecánica.⁵⁻⁶

Así, el prototipo de niño que tiene necesidad de ingreso en UCIP por BA es un lactante previamente sano cuyo principal factor de riesgo es la corta edad y que presentan una infección respiratoria por el VRS.²

1.1.4. Fisiopatología

Las manifestaciones de la infección son el resultado del efecto citopático directo del virus en las células del epitelio respiratorio, la genética del niño y la respuesta inmunitaria del mismo.³

La principal afectación de la BA está en los bronquiolos, que son pequeñas vías aéreas (< 2 mm de diámetro) sin cartílago ni glándulas submucosas. La BA comienza con signos de infección del tracto respiratorio superior, donde el virus se replica en el epitelio nasofaríngeo, evolucionando posteriormente con la infección del epitelio respiratorio inferior. La lesión más precoz que se observa (< 24 horas) después de la infección es la necrosis del epitelio respiratorio con proliferación de células calciformes que secretan moco en cantidad excesiva y, posterior regeneración epitelial por células no ciliadas que no son capaces de eliminar el moco. Además, se observa un infiltrado linfocítico que provoca edema de submucosa y la liberación de varias citoquinas (interleucina 6, factor de necrosis tumoral alfa, quimiocinas y otros mediadores de inmunidad celular) por parte de las células epiteliales infectadas que amplifican la respuesta inmune aumentando el reclutamiento celular y perpetuando la inflamación. Esto genera la obstrucción parcial o total de la vía aérea por tapones mucosos, epitelio necrótico e inflamatorio, fibrina, edema y fluido, sin que se produzca constricción del músculo liso bronquial. Esta obstrucción bronquiolar produce aumento de la resistencia de la vía aérea, hiperinsuflación pulmonar, formación de atelectasias y alteración de la ventilación/perfusión, pero no broncoconstricción.^{3,7}

La recuperación comienza con la regeneración del epitelio bronquiolar después de 3-4 días, pero los cilios no aparecen hasta 2 semanas después, motivo por el que las

atelectasias son persistentes y cambiantes. Posteriormente los tapones de moco son eliminados por los macrófagos.⁷

Los lactantes pequeños son especialmente vulnerables al fracaso respiratorio en la BA por factores anatómicos y del desarrollo. Son respiradores nasales, por lo que la obstrucción de la nariz por secreciones virales la dificulta; el hueso occipital prominente favorece la tendencia a la flexión del cuello y a la obstrucción de la vía aérea superior; y los lactantes más pequeños y los prematuros son también más vulnerables a la disfunción del sistema autónomo central, que explica el mayor riesgo de apnea que tienen.⁸ Además, se ven más afectados por su vía aérea más estrecha. Durante la inspiración, el flujo de aire llega al alveolo a través de la vía aérea obstruida debido a la presión negativa intrapleurales que se genera. Pero la presión positiva asociada a la espiración y magnificada por el esfuerzo respiratorio, estrechan más aún la pequeña vía aérea, provocando más obstrucción, sibilancias y colapso dinámico de los bronquiolos, provocando hiperinsuflación dinámica o presión positiva al final de la espiración intrínseca (PEEPi) y atrapamiento aéreo. La presencia de PEEPi disminuye la distensibilidad pulmonar y provoca aumento del trabajo respiratorio. Además, la hiperinsuflación provoca que la caja torácica y los músculos respiratorios trabajen en condiciones biomecánicas poco favorables alterando la eficiencia en la fuerza generada por la musculatura respiratoria. La dificultad en iniciar la inspiración produce un aumento de la frecuencia respiratoria (FR) y una disminución del tiempo espiratorio y más atrapamiento aéreo.⁷

La hipercapnia es debida a la fatiga de la musculatura respiratoria a la que son más susceptibles los lactantes por tener una baja proporción de fibras musculares tipo I en el diafragma. La hipoxemia suele ser debida a una trastorno en la relación ventilación/perfusión, presencia de un cortocircuito intrapulmonar por atelectasias, o incluso por la presencia de un cortocircuito extrapulmonar por la presencia del foramen oval permeable abierto y aumento de la presión pulmonar.⁷

1.1.5. Curso clínico

El cuadro clínico se inicia con sintomatología respiratoria alta como rinorrea y estornudos con o sin fiebre, evolucionando en 1-4 días a sintomatología respiratoria baja como tos, taquipnea, dificultad respiratoria, sibilancias espiratorias y crepitantes bilaterales en la auscultación, irritabilidad y rechazo de las tomas. Las apneas, especialmente durante los dos primeros meses de vida en niños con antecedentes de prematuridad, es una manifestación temprana de la enfermedad.⁹ La dificultad respiratoria de intensidad creciente, alcanza su máxima expresividad a las 24-48 horas, momento en el que se producen la mayor parte de los ingresos hospitalarios, para después mejorar gradualmente, resolviéndose con una mediana de 12 días.^{3,7}

La BA grave se caracteriza por aumento del trabajo de forma persistente en forma de taquipnea, aleteo nasal, tiraje intercostal, subcostal o supraesternal, utilización de musculatura accesoria y quejido, hipoxemia, apnea y finalmente fracaso respiratorio agudo, siendo típico su desarrollo precoz tras el inicio de la enfermedad. Una forma muy grave de BA es la que se presenta como una neumonía viral con consolidaciones difusas en la radiografía convencional de tórax, sin atrapamiento aéreo y que muchas veces cumple criterios de síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA), que requiere significativamente más días de VM. Menos del 1% de los pacientes requieren ingreso en UCIP o soporte respiratorio.⁷ A pesar del escaso porcentaje de casos graves, dada la elevada incidencia anual de esta patología, el número de ingresos en UCIP por BA durante los meses de invierno supone una proporción elevada del total y un número de pacientes muy significativo.²

1.1.6. Diagnóstico

El diagnóstico de BA se basa en la historia clínica y la exploración física, sin que exista hasta el momento actual ninguna prueba radiológica o de laboratorio diagnóstica, que no se recomiendan de manera rutinaria.^{1,9}

- Pulsioximetría transcutánea

Se debe utilizar en la valoración inicial de todos los pacientes y en el control de los cambios clínicos en los niños con compromiso respiratorio. No está justificada su monitorización rutinaria continua. A pesar de su reconocida utilidad, es posible que la prescripción de oxigenoterapia en los pacientes ingresados, basada en la saturación de oxígeno en sangre (SpO₂), pueda prolongar la hospitalización, así como el ingreso en Cuidados Intensivos y la indicación de VM.⁹

- Gasometría capilar o venosa

No se recomienda realizar de forma rutinaria. Habría que considerarla en la valoración de los pacientes con dificultad respiratoria grave, que puedan estar iniciando fallo respiratorio y en los que se valore iniciar soporte respiratorio en UCIP. La determinación de la SpO₂ y de la presión de dióxido de carbono (CO₂) transcutánea podría ser de utilidad para conocer el estado gasométrico de una forma no invasiva.⁹

- Radiografía de tórax convencional

La realización rutinaria de una radiografía de tórax no se contempla en las guías de manejo de la BA, ni al diagnóstico ni durante el seguimiento, ya que no existe una adecuada correlación entre la gravedad de la BA y los hallazgos radiológicos. Únicamente en caso de duda diagnóstica o en los casos más severos y de curso poco habitual (aspecto séptico, sospecha de sobreinfección bacteriana o neumotórax) puede ser necesario realizarla, con la consiguiente exposición a la radiación ionizante.⁹⁻¹⁰ A pesar de esta recomendación la realidad es que, hasta en el 50% de las BA se acaba realizando una radiografía de tórax con el consiguiente aumento de prescripción inadecuada de antibióticos ante la falta de diferenciación en la apariencia radiológica entre neumonía y atelectasia, la imposibilidad de diferenciar entre neumonía bacteriana y viral, y la interpretación variable inter-observador.¹¹ El patrón radiológico predominante habitualmente es la hiperinsuflación pulmonar, infiltrados lobares y/o atelectasias laminares, segmentarias o incluso lobares en las formas más evolucionadas.²

- Hemograma, proteína C reactiva y/o procalcitonina

No se recomienda realizar analítica sanguínea en el paciente con una BA típica, ya que sus resultados son inespecíficos y no modifican la actitud terapéutica. La determinación de proteína C reactiva y/o de procalcitonina podría ser de utilidad en los pacientes con BA y fiebre elevada, en los que se sospeche una infección bacteriana potencialmente grave.⁹⁻¹⁰

- Test virológicos

A pesar de que el conocimiento del virus causal de la BA tiene un indudable interés epidemiológico, y de que probablemente la evolución y la gravedad sean diferentes en función de la etiología, esta información tiene escasa utilidad en el manejo clínico de los pacientes salvo para poder establecer cohortes hospitalarias, cuando no es posible aislar a los pacientes en habitaciones individuales. Así que sólo está justificado de manera rutinaria en los niños que requieren ingreso hospitalario.⁹⁻¹⁰

1.1.7. Valoración de la gravedad y criterios de ingreso en UCIP

La valoración clínica de la afectación de un paciente con BA es imprescindible ante la toma de decisiones, y su uso debe ser rutinario para iniciar el tratamiento correspondiente con la gravedad del cuadro, evitando en muchas ocasiones ingresos hospitalarios innecesarios. No sólo permite dirigir el tratamiento, sino monitorizar la respuesta al mismo y valorar escaladas terapéuticas. Aunque por el momento no existen escalas validadas a tal efecto, es deseable la valoración homogénea de la gravedad de las BA mediante el uso de alguna de ellas.¹¹⁻¹²

Las dos más utilizadas en nuestro medio son la Escala de Wood-Downes-Ferres modificada para BA (WDFm), y la Escala de puntuación de gravedad de la BA del Hospital Sant Joan de Déu (BROSJOD).

La escala de Wood-Downes se designó inicialmente como escala de valoración clínica del asma. La escala de Wood-Downes modificada por Ferrés, que incluye sólo parámetros clínicos, se ha utilizado en la valoración clínica de la BA, pero no está validada ni contrastada. Hay que tener en cuenta que la fisiopatología de la crisis asmática no tiene que ver con la de la BA.^{11,13}

Tabla 1. Escala de Wood-Downes-Ferrés modificada para bronquiolitis aguda.

	Puntuación
Sibilancias	0. No 1. Final de la espiración 2. Toda la espiración 3. Inspiración y espiración
Tiraje	0. No 1. Subcostal +intercostal inferior 2. Previo + supraclavicular + aleteo nasal 3. Previo + intercostal superior + supraesternal
Entrada de aire	0. Buena, simétrica 1. Regular, simétrica 2. Muy disminuida 3. Tórax silente (ausencia de sibilancias)
Cianosis	0. No 1. Sí
FR	0. < 30 rpm 1. 31-45 rpm 2. 46-60 rpm 3. > 60 rpm
FC	1. < 120 lpm 2. > 120 lpm

FR: frecuencia respiratoria; rpm: respiraciones por minuto; FC: frecuencia cardiaca; lpm: latidos por minuto.

Leve: 1-3 puntos, moderada: 4-7 puntos y grave: 8-14 puntos.

La escala BROSJOD se designó en 1999 por primera vez para valorar la gravedad de las BA. Ha demostrado tener una buena consistencia interna, fiabilidad y validez. Aunque los valores de corte iniciales fueron definidos de manera intuitiva, nuevos puntos de corte más óptimos se definieron posteriormente. A diferencia de otras escalas para valoración del asma que se extrapolan a la BA, la BROSJOD ajusta la FC (frecuencia cardiaca) y la FR acorde a la edad del paciente, y no sólo tiene en cuenta la cianosis, sino también la SpO₂.^{11,14}

En 2014 se publicó una revisión exhaustiva de todas las escalas de valoración de gravedad de las BA, incluida una revisión de los aspectos positivos y negativos. La conclusión fue

que ninguna de las escalas presentó calidad suficiente en la validación para su uso. A pesar de ello, la escala BROSJOD cumplía todos los criterios de inclusión planteados en esa revisión. Su puntuación alcanzó 14 de los 15 criterios de calidad que la revisión requería (validez 4/4, fiabilidad 5/5 y utilidad 5/6).¹³

La puntuación BROSJOD ha sido validada con un gran número de pacientes, con el rango de edad adecuado y para la patología que fue creada. Se ha visto que existe una buena correlación entre la clasificación de gravedad de los pacientes según esta escala y la necesidad de VM, así como con la estancia hospitalaria y en UCIP.¹⁴

Tabla 2. Escala de gravedad de la bronquiolitis aguda del Hospital Sant Joan de Déu.

		Puntuación			
Sibilancias estertores	o	0. No 1. Sibilancias espiratorias/crepitantes inspiratorios 2. Sibilancias/crepitantes inspiratorios-espiratorios			
Tiraje		0. No 1. Subcostal + intercostal inferior 2. Previo + supraclavicular + aleteo nasal 3. Previo + intercostal superior + supraesternal			
Entrada de aire		0. Sin alteraciones 1. Regular, simétrica 2. Asimétrica 3. Muy disminuida			
Saturación O2		Sin O2		Con O2	
	0	> 95%		>95% con FiO2 30%	
	1	91-94%		>94% con FiO2 40%	
	2	> 90%		> 94% con FiO2 > 40%	
		0	1	2	3
FR	< 3 meses	< 40 rpm	40-59 rpm	60-70 rpm	> 70 rpm
	3-12 meses	< 30 rpm	30-49 rpm	50-60 rpm	> 60 rpm
	12-24 meses	< 30 rpm	30-39 rpm	40-50 rpm	> 50 rpm
FC	< 1 año	< 130 lpm	130-149 lpm	150-170 lpm	> 170 lpm
	1-2 años	< 110 lpm	110-120 lpm	120-140 lpm	> 140 lpm

FiO2: fracción inspiratoria de oxígeno; FR: frecuencia respiratoria; rpm: respiraciones por minuto; FC: frecuencia cardiaca; lpm: latidos por minuto.

Leve: 0-5 puntos; moderada: 6-10 puntos y grave: > 10 puntos.

Son criterios de ingreso en UCIP:

- Insuficiencia respiratoria grave: puntuación > 7 en la escala de WDFm ó > 10 en la escala BROSJOD.
- SpO2 < 90% con FiO2 40%. Cociente S/F (saturación de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno) inferior a 230.
- Síntomas extra-pulmonares graves.
- Afectación del nivel de conciencia.
- Apnea recurrente.
- Acidosis respiratoria con pH < 7.30.
- Enfermedad rápidamente progresiva.

1.1.8. Tratamiento

El tratamiento de la BA sigue siendo motivo de controversia. No se ha demostrado que ningún tratamiento sea capaz de alterar el curso natural de la enfermedad, y desde el punto de vista práctico, salvo en la aspiración de secreciones y en el mantenimiento de la hidratación (medidas de soporte), y el mantenimiento de una correcta oxigenación, no hay

consenso sobre el manejo terapéutico, aunque algunas medidas pueden prevenir la aparición de complicaciones y mejorar el bienestar del paciente.^{7,15}

La Guía de Práctica Clínica (GPC) sobre BA vigente en el actualidad en España, del Ministerio de Sanidad y Política Social, data del año 2010.¹⁰ Durante estos últimos años se han producido algunas variaciones significativas en las recomendaciones para el manejo práctico de la BA, como ponen de manifiesto guías internacionales más recientes, como son la guía de la Academia Americana de Pediatría (AAP 2014) y la del National Institute for Health and Care Excellence-UK (NICE 2015). Las recomendaciones de las guías más recientes limitan todavía más las opciones terapéuticas disponibles más allá de las medidas de soporte.¹⁵⁻¹⁷

1.1.8.1. Medidas de soporte^{3, 7,10}

- Aspiración de secreciones antes de las tomas, cuando haya signos evidentes de obstrucción de la vía aérea alta, aumento del trabajo respiratorio, y antes de la valoración de la gravedad.
- Cabecero elevado 30°.
- Mantener un adecuado estado de nutrición, con tomas orales fraccionadas en casos leves, y si no es posible la vía oral o en casos más graves, nutrición enteral por sonda nasogástrica (SNG) o nutrición por vía parenteral.
- Mantener un adecuado estado de hidratación, teniendo en cuenta el aumento de las necesidades hídricas y la disminución de la ingesta, evitando la excesiva administración de líquidos para no producir edema intersticial ante el riesgo de síndrome de secreción inadecuada de hormona antidiurética (SIADH).
- La corrección de la hipoxemia es el principal objetivo del tratamiento. Debe de administrarse O₂ caliente y humidificado para mantener SpO₂ ≥ 91% (≥ 90% según AAP 2014), mediante sistemas de bajo flujo como son las gafas nasales (hasta 2 l/m) o mascarillas faciales que permiten flujos mayores.
- No realizar fisioterapia respiratoria de manera rutinaria, salvo en casos de patologías asociadas con compromiso del aclaramiento de secreciones.

1.1.8.2. Tratamiento farmacológico ^{9-10,15}

- No deben utilizarse de manera rutinaria broncodilatadores como el salbutamol inhalado/nebulizado y/o la adrenalina nebulizada. En el caso de considerarse oportuno el uso de un broncodilatador, se recomienda utilizar una prueba terapéutica y sólo mantener el tratamiento si ha habido respuesta. La guía NICE 2015 no lo recomienda.
- No deben utilizarse los anticolinérgicos.
- No deben usarse corticoides en ninguna de sus formas de presentación, ni en los pacientes ventilados mecánicamente.
- No debe utilizarse el suero salino hipertónico (SSH) 3%, 5% o 7%, ya que no existe evidencia de que mejore el pronóstico. Tanto la guía GPC 2010 como la AAP 2014 recomiendan el uso de SSH3% nebulizado en pacientes hospitalizados.
- No se recomienda el uso rutinario de antibióticos.

1.1.8.3. Soporte respiratorio⁷

Los lactantes con BA pueden requerir soporte respiratorio más allá de la oxigenoterapia de bajo flujo, bien por la presencia de apneas recurrentes o de fracaso respiratorio como consecuencia de la fatiga muscular y la hipoventilación, que sobre todo llevan a la insuficiencia respiratoria hipercápnica.

Los distintos modos de soporte respiratorio en la BA son: el oxígeno de alto flujo (OAF), la presión continua positiva sobre la vía aérea (CPAP), la ventilación no invasiva con dos niveles de presión (BLPAP), la ventilación mecánica convencional (VM), la ventilación de alta frecuencia (VAFO) y la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO).

a. Oxígeno de alto flujo (OAF)

Cada vez más común su uso para la administración de oxígeno en las BA, estando ampliamente disponible en las plantas de hospitalización, servicios de urgencias y UCIP. Es un dispositivo confortable, en general bien tolerado, lo que supone una gran ventaja en lactantes con BA en los que la irritabilidad o incomodidad pueden reducir la eficacia de la respiración. Tiene además escasos efectos secundarios, siendo anecdóticos los casos reportados de síndrome de escape aéreo. La distensión abdominal, epistaxis y las lesiones de la mucosa nasal son los efectos secundarios más comunes.^{7, 18}

La base de la terapia con OAF es suministrar un flujo de oxígeno, sólo o mezclado con aire a través de cánulas nasales, superior al flujo inspiratorio demandado en cada momento según la situación clínica. El mecanismo de acción incluye la disminución de la resistencia nasofaríngea a la entrada de aire, lavado de espacio muerto nasofaríngeo, disminución del flujo en la entrada de aire ambiente y la administración de una cierta CPAP. Al suministrarse el oxígeno caliente y humidificado, además, se mejora el aclaramiento de las secreciones y se evita la broncoconstricción. Al disminuir la entrada de aire ambiente, se minimiza la dilución de gas establecido y mejora también de esta manera la oxigenación.

18-19

Entre los teóricos beneficios que aporta y que la harían útil en esta patología se encuentran el aumento de tiempo espiratorio, y disminución del esfuerzo respiratorio consiguiendo vencer la PEEP_i, y la presión positiva generada que evitaría el colapso dinámico de la pequeña vía aérea.⁷ La evidencia es contradictoria sobre si el alto flujo que se suministra con el OAF realmente produce un nivel de PEEP significativo. Algunos trabajos sugieren que los niveles de PEEP generados son demasiado bajos para producir algún cambio clínico, y otros que en condiciones óptimas los niveles alcanzados pueden ser suficientes para ser clínicamente significativos. En todo caso, ningún nivel de PEEP puede ser regulado durante la terapia de alto flujo.⁸

Varios estudios observacionales han puesto de manifiesto los beneficios del uso de la OAF en BA moderadas-severas, reportando incrementos en la SpO₂, descenso en la presión parcial de dióxido de carbono en sangre (PCO₂) y de la FR, reducción en la presión esofágica y en la actividad diafragmática como una estimación del trabajo respiratorio, incremento en la presión nasofaríngea e incluso disminución en la tasa de intubación.²⁰⁻²²

Más recientes son los ensayos clínicos de Kepreotes et al.²³ y Franklin et al.²⁴, que no encontraron diferencias en cuanto a la duración de la oxigenoterapia, estancia hospitalaria o ingreso en UCIP, entre el uso de OAF o terapia de soporte (oxigenoterapia convencional, de bajo flujo), aunque si encontraron una menor tasa de fracaso del tratamiento (definido como la necesidad de soporte respiratorio adicional y/o necesidad de ingreso en UCIP) en el grupo de OAF, por lo que concluyen que su uso jugaría un papel en el manejo inicial de las BA moderadas-severas teniendo en cuenta que no modificaría el curso de la enfermedad.

Acorde a estos últimos resultados, los obtenidos de varias revisiones sistemáticas recientes, en las que no se demostraron una reducción significativa del tiempo de estancia hospitalaria, tiempo de oxigenoterapia, ingreso en UCIP, tasa de intubación, FR, SpO₂ o efectos adversos en el grupo de pacientes tratados con OAF en comparación con los tratados con CPAP nasal u oxigenoterapia estándar. Sin embargo, también el índice de

fracaso terapéutico en el grupo de la OAF fue menor que en el del oxígeno estándar pero mayor que en el grupo de CPAP.^{18,25-26}

Así que el OAF podría posicionarse como el soporte respiratorio de elección previo a la CPAP nasal en niños con BA en los que ha fracasado la oxigenoterapia estándar, teniendo también en cuenta su facilidad de uso y los escasos efectos secundarios, sin que exista actualmente evidencia científica que avale su uso generalizado en todos los pacientes hospitalizados.¹⁸⁻¹⁹

Abboud et al.²⁷ identificaron en su estudio los factores predictivos de fracaso de la terapia con alto flujo en niños con BA ingresados en UCIP. Menor pH, mayor PCO₂, mayor puntuación del PRISM (Pediatric Risk Score of Mortality; puntuación del score de riesgo de mortalidad pediátrica), menor FR al inicio del tratamiento, y por último, una falta de disminución de la FR después de iniciada la terapia, fueron factores predictores de fracaso.

Cuando se usa la OAF se debe llevar a cabo una minuciosa observación y monitorización de la evolución del paciente, ya que la mejoría del trabajo respiratorio se observa en los primeros 60-90 minutos de iniciada la terapia en lo que se denominan buenos respondedores. Si durante ese tiempo aumentan las necesidades de O₂, o no se observa una mejoría de parámetros como la FC y FR o la dificultad respiratoria, se debe progresar a otro soporte respiratorio y/o valorar ingreso en UCIP.¹⁸

b. Ventilación no invasiva²⁸⁻²⁹

La ventilación no invasiva (VNI) es una técnica de soporte respiratorio que no requiere una vía aérea artificial mediante intubación o traqueostomía, y cuyo objetivo es disminuir el trabajo respiratorio y mejorar el intercambio gaseoso. La utilización de la VNI en la población pediátrica surge de la necesidad de minimizar la agresividad y las complicaciones de la VM en los pacientes con insuficiencia respiratoria aguda (IRA) o insuficiencia respiratoria crónica agudizada (IRCA). La introducción de esta técnica ventilatoria en niños se inició en la década de los 90 en Estados Unidos, llegando a las UCIP en España hace unos 15-20 años.

La VNI se diferencia de la VM en dos aspectos fundamentales:

- 1.- Es una técnica de soporte a la respiración espontánea del paciente, por lo que no es posible modificar la FR de éste, y la sincronización paciente-respirador debe de ser óptima para conseguir la máxima efectividad y confort.
- 2.- La VNI se realiza mediante una interfase, que es el sistema físico que se interpone entre el respirador y el paciente, por lo tanto se trabaja con fugas no controladas.

Las patologías susceptibles de beneficiarse de esta técnica son las mismas que necesitan VM, pero en estadio menos avanzado de insuficiencia respiratoria. Desde el punto de vista práctico es útil clasificar la IRA en base a criterios fisiopatológicos en tipo I y tipo II.

La IRA tipo I o hipoxémica es aquella en la que existe una dificultad para el intercambio gaseoso debido a un desequilibrio entre la ventilación y la perfusión, que da lugar a la mezcla de la sangre arterial con la venosa de origen no cardiaco. A la salida de los pulmones se observa una mezcla de sangre hipoxémica (presión parcial de oxígeno en sangre arterial-PaO₂ < 60 mmHg), con presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial (PaCO₂) normal o baja, aumento del gradiente alveolo arterial de oxígeno (> 15-20 mmHg) y pobre respuesta al aumento de oxígeno inspirado.

La IRA tipo II o hipercápnic es aquella en la que existe una dificultad en intercambiar y eliminar el CO₂. Esta situación tiene lugar cuando la enfermedad provoca una carga respiratoria superior a la capacidad de trabajo respiratorio, dando lugar a una hipercapnia y acidosis respiratoria progresivas que condiciona un descenso en la oxigenación de forma proporcional al aumento de la CO₂. Se caracteriza por hipercapnia (PaCO₂ > 50 mmHg), hipoxemia que se corrige fácilmente aumentando la proporción de oxígeno inspirado, y un gradiente alveolo-arterial de oxígeno normal. El pH depende del nivel de bicarbonato, que a su vez depende de la cronicidad del proceso.

Las BA puede manifestarse como una IRA tipo I, o en las fases más graves, como una IRA tipo II en la que el principal problema es la hipercapnia.

Material necesario para llevar a cabo la VNI:

- Interfases:

Existen interfases nasales, buconasales, faciales completas (*total-face*) y de tipo casco o Helmet. Las buconasales y las faciales totales son las más adecuadas para situaciones agudas en las que el paciente está muy disneico, hipoxémico o no colabora. La interfase facial completa, que tiene tamaños para todas las edades, es muy confortable, permite el uso de chupete y minimiza el riesgo de fugas. La interfase nasal es más cómoda, pero para que se entregue la presión programada es necesario mantener la boca cerrada, algo que puede ser fácil de conseguir en lactantes con el uso del chupete.

- Respiradores de VNI y convencionales:

La VNI puede llevarse a cabo usando respiradores convencionales o específicos de VNI. Los respiradores de VNI utilizan tubuladura única y compensan adecuadamente las fugas controladas (orificio espiratorio) y no controladas (procedentes de la interfase y/o paciente). Los respiradores convencionales con módulo de VNI poseen doble tubuladura con rama espiratoria, y son menos eficaces a la hora de compensar totalmente las fugas.

- **CPAP**

La CPAP es una VNI con un solo nivel de presión positiva que se genera mediante un flujo continuo, siendo la respiración del paciente espontánea.⁷

Tiene la gran ventaja, frente a otras modalidades de VNI, de que puede administrarse con respiradores específicos de VNI, respiradores convencionales con módulo de VNI, respiradores convencionales de flujo continuo, válvulas de PEEP adaptables a interfases, o mediante dispositivos diseñados exclusivamente para CPAP.²⁸

Utilizada con humificación activa es útil para disminuir el trabajo respiratorio, prevenir atelectasias y mejorar la distribución de gases. Disminuye la resistencia de la vía aérea y al evitar el colapso de una vía aérea superior e inferior muy distensible y mantenerla abierta durante todo el ciclo respiratorio, mejora el atrapamiento aéreo y la hiperinsuflación, y mejora así el intercambio gaseoso mejorando la relación ventilación-perfusión. Como ventaja fundamental frente al uso de la VNI de doble nivel de presión (BLPAP) tiene la menor necesidad de sedación porque produce menos asincronía con el respirador.⁷⁻⁸

Los primeros estudios observacionales sobre el posible beneficio del uso de la CPAP en la BA, pusieron de manifiesto que durante las primeras horas de uso de la CPAP se reducía la FR, la FC y la PaCO₂, y el uso precoz de la misma podía llegar a evitar intubaciones.³⁰⁻³¹ Posteriormente el ensayo clínico de Thia et al.³² corroboró el beneficio del uso de la CPAP en BA moderadas-severas en comparación con la terapia de soporte, reduciendo los

niveles de PaCO₂, concluyendo que podría entenderse que el uso precoz de la CPAP enlentecería y contrarrestaría la progresión natural de la enfermedad.

Varios estudios posteriores han demostrado también utilidad en el uso de CPAP en BA. Milesi et al.³³ demostraron que su utilización precoz en BA moderadas mejoraba el esfuerzo respiratorio, la puntuación de la escala clínica de gravedad y la oxigenación, siendo más beneficioso su efecto cuanto antes se iniciara la terapia. El uso de CPAP mejora el trabajo respiratorio de manera rápida tras su instauración gracias a que compensa el esfuerzo respiratorio inspiratorio que tiene que hacer el paciente para vencer la PEEP_i. Essouri et al.³⁴ demostraron que el nivel óptimo de CPAP para conseguir la mejoría más significativa del patrón respiratorio y la mayor descarga de los músculos respiratorios y por consiguiente mejorar el intercambio gaseoso en niños con BA severa hipercápnica era 7 cmH₂O. Ganu et al.³⁵ observaron, en un estudio descriptivo, que el uso de CPAP disminuyó de manera significativa los días de estancia en UCIP de niños ingresados con BA, comparado con aquellos que necesitaron VM desde el inicio. Además, la tasa de éxito de la CPAP fue de un 94% (un 90% si existía algún factor de riesgo de gravedad asociado). También observaron que en aquellos pacientes en los que fracasó la CPAP, tuvieron intubaciones más prolongadas y mayor estancia en UCIP que el grupo de pacientes que desde el ingreso necesitaron VM.

En 2017, Combret et al.³⁶ publicaron una revisión sistemática del uso de la VNI en niños con BA viral. Se incluyeron 14 estudios que cumplían todos los criterios de inclusión, 3 ensayos controlados aleatorizados, 1 estudio cruzado y 10 estudios prospectivos, incluyendo un total de 379 niños. Los modos de VNI utilizados fueron CPAP, CPAP con Heliox, BLPAP y ventilación asistida ajustada neuralmente (NAVA). En los 14 estudios se objetivó una mejoría de los parámetros de valoración del distrés respiratorio en forma de disminución de la FR o FC, de la puntuación de la escala clínica de gravedad o del esfuerzo respiratorio. También se concluyó que el uso de VNI reducía los niveles de CO₂ y que los efectos adversos eran escasos. Sin embargo no se encontró evidencia de que previniera la intubación endotraqueal (estudios sin adecuada calidad), ni del efecto de los distintos modos de VNI o de las interfases utilizadas.

Por el contrario, la revisión de la Cochrane de 2015, que incluía dos trabajos, concluyó que no había evidencia científica disponible para posicionarse en contra o a favor del uso de la CPAP en la BA.³⁷ En 2019 se actualizó la revisión, incluyendo 1 trabajo más, encontrando evidencia científica de bajo grado de que el uso de CPAP nasal en la BA mejora el trabajo respiratorio por disminuir la FR, siendo su eficacia incierta para otros resultados como la duración de ingreso hospitalario, necesidad de VM o cambios en la PaCO₂.³⁸

A falta de estudios más grandes y mejor diseñados, y según las conclusiones de estudios previos que muestran que la CPAP tiene éxito en la mayoría de niños con BA (y que por lo tanto sería difícil de justificar un ensayo aleatorio de soporte no invasivo versus invasivo), los escasos efectos secundarios descritos, y la amplia disponibilidad de la misma, parece bastante razonable su uso en casos de BA moderadas-severas ingresadas en UCIP.³⁵

Algunos estudios han descrito cuáles son los factores de riesgo de fracaso de la CPAP en niños con BA. Entre esos factores encontramos las apneas, una mayor PaCO₂, una puntuación más elevada del PRISM, antecedente de prematuridad o la presencia de una coinfección bacteriana pulmonar.^{8,36}

- **Ventilación no invasiva con dos niveles de presión (BLPAP)**

La BLPAP es una modalidad de VNI por presión producida mediante una turbina que administra dos niveles de presión (IPAP durante la inspiración y EPAP durante la espiración) y que permite la sincronización con la respiración espontánea del paciente

mediante un trigger de flujo así como la compensación de las fugas. Es la modalidad de VNI de uso más generalizado, como alternativa en caso de fracaso de la CPAP, por persistencia de trabajo respiratorio significativo, volumen inspiratorio bajo o hipercapnia progresiva, o como modo de soporte ventilatorio inicial.²⁸

Modos de BLPAP

1.- Presión soporte (PS)

Consiste en la administración de una PS sobre la PEEP, llegando así a la presión pico. A pesar de las fugas, la sincronía del paciente con el respirador mejora con el *trigger* espiratorio o final del ciclo inspiratorio que limita el tiempo inspiratorio (Ti), o con la programación de un Ti máximo.

2.- Presión control (PC)

A diferencia de la PS, se trata de una modalidad con trigger abierto quedando delimitado de forma fija el Ti. Suele utilizarse en caso en los que el paciente es incapaz de activar el trigger inspiratorio, o cuando persiste la asincronía durante la espiración por fuga elevada. La FR debe de programarse 5 rpm por debajo de la del paciente y el Ti similar al de éste.

La BLPAP es una modo de soporte respiratorio de probada efectividad para el manejo de procesos crónicos como la obstrucción de la vía aérea alta con hipoventilación alveolar en niños con síndrome de apnea obstructiva del sueño y estridor crónico por laringomalacia.³⁹ Es también un modo alternativo a la CPAP ampliamente usado en el manejo del distrés respiratorio en prematuros y recién nacidos, y también en niños mayores en casos de fallo respiratorio agudo, como en el SDRA y en el asma. Sin embargo, y a pesar de poder ofrecer un gran beneficio en reducir el trabajo respiratorio y los episodios de apnea, su uso en la BA está escasamente reflejado en la literatura, y los niños que se beneficiarían de uso no están bien identificados, y muchas veces se usa únicamente como paso previo a la intubación y VM.⁴⁰ El impacto fisiológico de añadir una presión inspiratoria y un FR de rescate es, por lo tanto, todavía desconocido en los niños con BA, a pesar de que estos pacientes son pequeños, y su fisiología y anatomía podría ser más parecida a la de los recién nacidos, en donde se ha usado con amplia experiencia.

El uso de la BLPAP está más limitado a niños mayores por la mayor necesidad de una adecuada sincronía con el respirador, siendo los niños con BA un subgrupo en los que la asincronía paciente-ventilador es muy frecuente según Baudin et al.⁴¹

A pesar del amplio uso de la VNI en niños con BA en la práctica diaria, dada la ausencia de consenso al respecto, existe una gran heterogeneidad en el uso de la misma según los distintos grupos, quedando la elección de uno u otro modo a criterio del médico que la prescribe.

En 2008 Javouhey et al.⁴² ya describen el uso de CPAP (5-10 cmH₂O) y BLPAP (EPAP 5-10 cmH₂O; IPAP 12-18 cmH₂O) en un grupo de niños con BA. Pero el objetivo principal del estudio no era comparar los dos modos de VNI, sino comparar el soporte respiratorio no invasivo con la VM que se había utilizado como estrategia habitual de manejo de las BA graves en la temporada previa de VRS. Concluyeron que la VNI para el manejo de niños con BA graves es una alternativa a la ventilación invasiva, con menor tasa de neumonías y menor duración de la oxigenoterapia, sin encontrar diferencias en los días de ventilación o de estancia hospitalaria.

En la revisión sistemática de Combret et al.³⁶, ya descrita en el apartado de la CPAP, sobre el uso de VNI en niños con BA viral, sólo dos de los 14 estudios revisados usaron la BLPAP

como soporte respiratorio, cuando fracasó la CPAP o en niños que presentaron desde el inicio apneas o distrés respiratorio importante.

Clayton et al.⁴³ realizaron en 2018 un estudio de base de datos multicéntricos comparando los resultados entre recibir OAF o VNI (CPAP o BLPAP) como soporte inicial en BA. Y concluyeron que los niños que recibieron como soporte respiratorio inicial VNI tuvieron mayores tasas de intubación y VM, incluso después de ajustarlas a la severidad de la BA y presencia de comorbilidades. Aunque los niños que recibieron OAF (85,6%) fueron mayores, de mayor peso, menor puntuación PIM 2 (Pediatric Index of Mortality; índice de mortalidad pediátrico) y menor FR y FC. Aquellos pacientes en los que recibieron OAF y tuvieron que ser rescatados con VNI, tuvieron peor evolución que los que inicialmente recibieron CPAP o BLPAP, poniendo de manifiesto que el retraso en el inicio de la VNI pudo ser perjudicial. Concluyen que al tratarse de un estudio retrospectivo no se puede establecer una relación causal y que los resultados por lo tanto se deben interpretar con precaución, siendo preciso llevar a cabo ensayos prospectivos y multicéntricos, que en la práctica serían difíciles de realizar.

Habra et al.⁴⁴, en 2019, compararon distintas modalidades de soporte respiratorio (OAF, CPAP y BLPAP) en un grupo de niños con BA moderadas-severas. El criterio de poner un soporte u otro fue del médico que lo indicó siguiendo criterios clínicos. Los niños que recibieron OAF fueron significativamente mayores. Del grupo inicial de 77 niños que recibieron OAF, casi en el 51% la técnica fracasó y recibieron CPAP o BLPAP, finalmente precisando VM 4 niños. Diez recibieron exitosamente CPAP (4-6 cmH₂O), y de los 50 en los que se inició BLPAP (EPAP 4-8 c, H₂O; IPAP 10-14 cmH₂O) también 4 precisaron intubación. Por lo tanto, concluyen que el uso de VNI se asocia a una menor tasa de fracaso de la técnica en comparación con el OAF, sin poder hablar de la superioridad de una de las dos modalidades de VNI, aunque sin diferencias significativas en la estancia hospitalaria o en la estancia en UCIP.

Delacroix et al.⁴⁰ en 2020, publicaron un estudio que comparaba en términos de tasa de intubación y duración de estancia hospitalaria y estancia en UCIP, un grupo de lactantes de < 6 meses con BA que recibieron soporte respiratorio con OAF, CPAP (4-6 cmH₂O) o BLPAP (EPAP 4-6 cmH₂O, PS 6-7 cmH₂O), siendo los pacientes asignados a cada grupo según el criterio clínico del médico que los atendía. Los datos demográficos no variaron según los distintos grupos, igual que los parámetros clínicos, salvo por la FC que fue mayor en el último grupo. Además de los del grupo inicial de BLPAP, un 27% de los que inicialmente recibieron soporte con OAF o CPAP tuvieron que ser rescatados con BLPAP. La presencia de VRS y de apneas al ingreso fueron factores de riesgo para precisar rescate con BLPAP. En relación a la respuesta de los parámetros clínicos a las 4 horas de iniciado el soporte respiratorio, no hubo diferencias significativas en la eficacia clínica en los tres grupos. Aunque no fue estadísticamente significativo, más pacientes en el grupo de BLPAP precisaron intubación. Los pacientes en BLPAP tuvieron más días de soporte respiratorio y más días de estancia en UCIP, aunque la duración de estancia hospitalaria no fue mayor que en los otros dos grupos. Este estudio es el que hasta ahora incluye una serie más amplia de niños con BA ventilados con BLPAP. Concluyeron que, dado que la BLPAP se puede usar como rescate, este tipo de soporte respiratorio puede considerarse como una nueva forma de definir el fracaso de la CPAP y por lo tanto los casos más graves de BA. Dado que en los últimos años ha disminuido de manera dramática la intubación en la BA, ésta no puede ser considerada más como un criterio de gravedad ya que muchos pacientes graves se manejan sólo con VNI.

Podemos resumir que el uso de la BLPAP en niños con BA es una práctica común por muchos grupos, pero que no está bien recogida en la literatura y tampoco bien definidos sus criterios de uso, siendo en muchos casos la decisión de usarla frente a otros tipos de soporte respiratorio un criterio del médico que atiende al niño, soliendo usarse en casos

más graves, niños que hacen apneas y como terapia de rescate previo a la intubación. Quedaría por definir en el futuro su verdadero potencial e indicaciones en las BA.

▪ **Monitorización y vigilancia. Factores relacionados con el fracaso de la VNI**

Mantener la VNI en niños que no responden a ella, y retrasar el paso a otra modalidad o la intubación y VM, aumenta el riesgo de complicaciones y la mortalidad. El mayor número de fracasos se produce en las primeras 24 horas, sobre todo en las primeras 6 horas, lo que pone de manifiesto la necesidad de estar continuamente reevaluando la eficacia de la VNI y no sólo durante las primeras horas.⁴⁵ Por ello es importante definir cual son los factores de fracaso de la misma para evitar prolongar el tratamiento inadecuado.⁴⁶

La monitorización consiste en la vigilancia de diferentes parámetros del paciente (clínicos, analíticos y funcionales) y del respirador, con el fin de constatar los objetivos deseados y detectar precozmente los efectos adversos y complicaciones de la técnica, aportando criterio para continuarla, retirarla o modificarla.

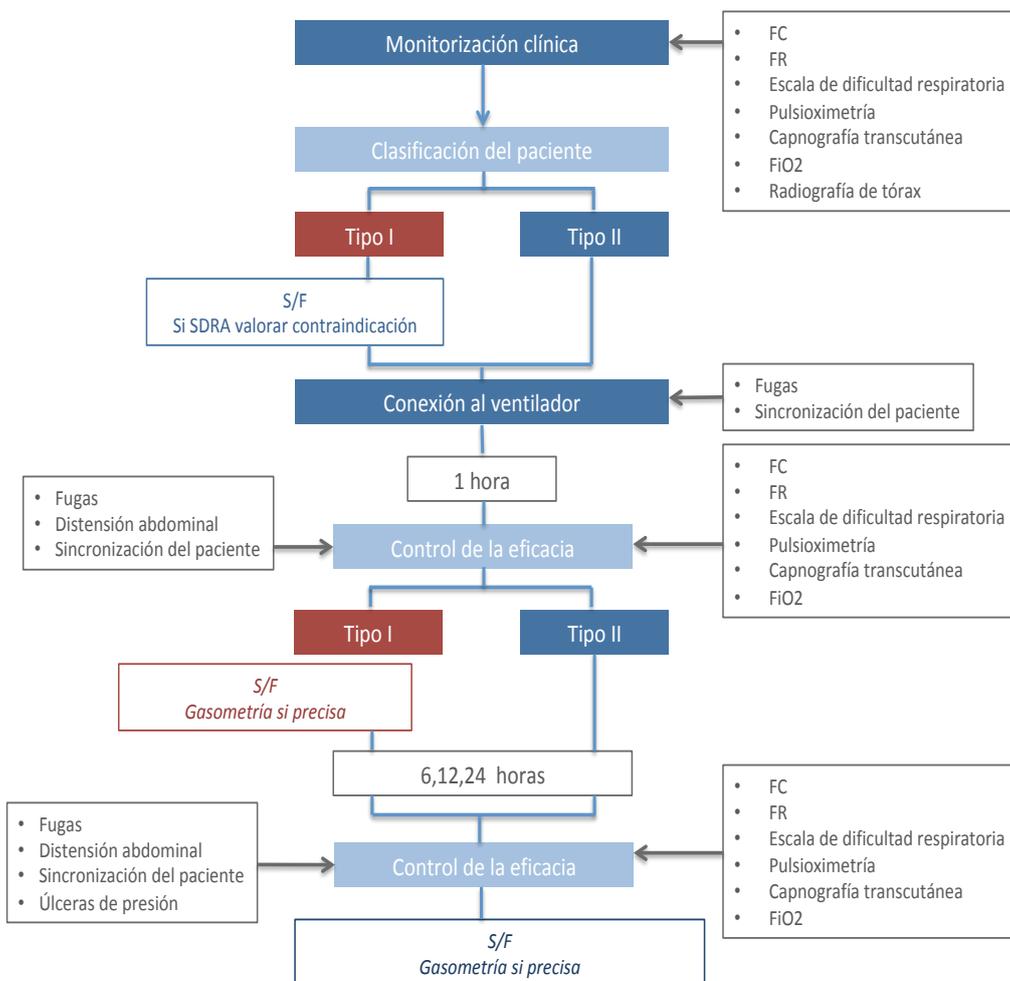


Figura 1. Algoritmo de la monitorización de la VNI.²⁸

FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; FiO2: fracción inspiratoria de oxígeno; S/F: cociente saturación de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno; SDRA: síndrome de distrés respiratorio agudo.

En la Figura 1 se refleja el protocolo de monitorización que se debe aplicar antes y durante la monitorización del paciente sometido a VNI. Este algoritmo está basado en la monitorización clínica y la pulsioximetría.²⁸

Una vez iniciada la VNI, la respuesta clínica suele producirse en la primera hora, reduciéndose la taquipnea o la dificultad respiratoria, o bien en caso contrario precipitándose la intubación por el incremento de trabajo respiratorio inducido por la desadaptación o la progresión de la enfermedad de base. El descenso de la FR parece ser el parámetro que mejor valora el éxito o fracaso de la misma. En pacientes con IRA tipo I, el descenso de la FR ≥ 10 rpm es un factor de buena evolución. Otros parámetros que han demostrado sensibilidad para determinar la eficacia de la VNI son el descenso de la FiO₂, el descenso de la FC, y el aumento del volumen corriente (VC), así como la mejoría del pH y del cociente P/F o S/F. El VC objetivo, es un parámetro difícil de valorar y poco estudiado, por la dificultad de medición por la existencia de fugas. Un VC de 6-10 ml/kg dependiendo de la interfase usada podría ser un buen objetivo a mantener.²⁸

Mayordomo et al.⁴⁸ describieron en 2008 los factores de riesgo y de fracaso de VNI en niños con BA según un estudio prospectivo observacional que incluyó 47 pacientes. Siguió la estrategia de ventilación según el protocolo del Grupo Respiratorio de la SECIP (Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos).⁴⁷ La técnica fue exitosa en el 83% de los casos. Se utilizó CPAP en 17 casos y BLPAP en 30. Los sujetos en los que fracasó la técnica fueron de menor peso, de menor edad y tuvieron una menor FC al inicio, además de presentar con más frecuencia apneas y cuadros clínicos predisponentes. Tras iniciar la VNI los fracasos presentaron una menor disminución de la FC con respecto a la del inicio, a la hora y dos horas. En ambos grupos la FR al inicio de la VNI presentó una disminución significativa en las primeras horas de aplicación, aunque esta disminución tendió a ser mayor en el grupo de éxito. La ausencia de cuadro clínico predisponente y la mayor disminución de la FC en la primera hora de VNI fueron factores relacionados con el éxito de forma independiente.

También Mayordomo et al.⁴⁹ en 2009, llevaron a cabo un estudio prospectivo observacional para definir cuáles eran los factores de fracaso de VNI en niños, no sólo con BA, sino con todo tipo de IRA. Incluyeron episodios de IRA tipo I, con alteración de la ventilación/perfusión, hipoxemia o consolidaciones parenquimatosas en la radiografía de tórax, y episodios de IRA tipo II con hipoventilación, hipercapnia y ausencia de consolidaciones en la radiografía de tórax a excepción de atelectasias. La BA fue la única patología que pudo ser incluida en cualquiera de los dos grupos. Con un porcentaje de éxito global del 84,5% (92,3% en el grupo de IRA II y 68,4% en el grupo de IRA I), en el grupo de fracaso los niños tuvieron menor edad, peso y un menor descenso de la FC, además de una mayor puntuación de PRISM, FC, FR, EPAP, FiO₂ y PaCO₂ en algún momento entre la primera hora y las siguientes 48 horas. Fueron variables que se asociaron a mayor fracaso de manera independiente, la IRA tipo I, la mayor puntuación de PRISM y el menor descenso de FR a la hora y 6 horas de iniciada la VNI.

Pons Òdena et al.⁵⁰, en 2019, analizaron retrospectivamente una cohorte de 282 niños que había recibido VNI en modalidad CPAP (n=71) o BLPAP (n=211) para el soporte respiratorio por IRA, incluyendo niños con BA que supusieron el 47% de la muestra. El porcentaje global de éxito de la muestra fue de 71%. Siguió la estrategia de ventilación según el protocolo del Grupo Respiratorio de la SECIP.⁴⁷ Concluyeron que a las 2 horas del inicio del soporte con VNI, el menor cociente S/F y la mayor FC fueron factores predisponentes independientes de fracaso de VNI, tanto en la cohorte general como en la de BLPAP. En el grupo de BLPAP además se identificó que a mayor IPAP a las 2 horas y la edad < de 6 meses fueron factores de riesgo para necesidad de intubación.

La edad < 6 meses es un importante factor predictor de fracaso de la VNI, que podría explicarse por las particularidades fisiológicas y anatómicas de este grupo de edad que hace que desarrollen cuadros más severos de IRA, porque hacen más apneas, y en especial los prematuros, presentan más asincronía paciente-respirador por lo que puede ser necesario con más frecuencia el uso de sedación. Además de las limitaciones tecnológicas de los ventiladores e interfases en este grupo de edad, por lo que en muchas ocasiones se usa la modalidad de CPAP perdiendo el posible beneficio del uso de la PS.⁴⁷⁻⁴⁸

La puntuación PRISM también se ha identificado en algunos estudios como un factor predictor de fracaso o de éxito de VNI, siendo la posibilidad de fracaso mayor a mayor puntuación del PRISM.^{45,48-49,51-52} En otros estudios no se ha tenido en consideración este parámetro al ser una puntuación que se obtiene pasadas las 24 horas de ingreso en UCIP, y muchos de los fracasos de la VNI se producen antes de las primeras 24 horas, lo que inhabilitaría a esta escala para la predicción del fracaso.⁵⁰

El cociente S/F es un método no invasivo, sencillo y continuo que ha demostrado correlacionarse bien con el cociente P/F. El cociente S/F es un factor predictor de fracaso de VNI, y según la experiencia acumulada podría incluirse como marcador no invasivo de oxigenación estándar en pacientes sin acceso arterial (algo que ocurre frecuentemente en pacientes sometidos a VNI). Mayordomo y Pons⁴⁵, en 2013, publicaron un estudio multicéntrico prospectivo observacional con el objetivo de estudiar si el cociente S/F podía predecir el fracaso de la VNI. Incluyeron 390 episodios de VNI en IRA, siendo la BA la patología más común (42%). Inicialmente se utilizó CPAP en el 31,3%, y BLPAP en el resto de los casos. El porcentaje de éxito de la técnica fue del 81,3%. Teniendo en cuenta el total de la muestra, las únicas variables independientes asociadas al fracaso de la VNI fueron el cociente S/F a la hora, la edad y la puntuación PRISM-III. En el 70% de los casos el fracaso de la VNI se produjo en las primeras 24 horas de iniciada la técnica (la mitad en las primeras 6 horas y la otra mitad en las siguientes 18h), y en el 30% pasadas las primeras 24 horas. En el primer grupo (fracaso dentro de las primeras 6 horas), el S/F a la hora fue la única variable independiente relacionada con el fracaso de la técnica. El valor de corte óptimo sugerido para detectar el fracaso precoz de la VNI fue de 193 (que se correlacionaría con un P/F de 188). En el segundo grupo (fracaso entre las 6 y 24 horas), fueron variables independientes el PRISM-III, el descenso de FR y el S/F a las 6 horas. En el tercer grupo (fracaso pasadas las primeras 24 horas) no se encontró ninguna variable independiente, aunque sí diferencias significativas en el S/F y en la FiO₂ a las 24 horas. Acorde con estos hallazgos están los del estudio de Pons y Medina⁵⁰, en el que concluyen que el S/F a las 2 horas de iniciada la VNI podría usarse como predictor de fracaso de la misma.

La FC es también un factor predictor de fracaso, como se ha descrito en varios estudios.⁴⁵⁻⁴⁷ Según el estudio de Pons-Òdena et al.⁴⁷ a las 2 horas del inicio de la VNI. Según Mayordomo et al.⁴⁵, una bajada de la FC \geq a 11 puntos en la primera hora, predice el resultado de la VNI con una sensibilidad del 64,1% y una especificidad del 87,5%. Estos hallazgos ponen de manifiesto la importancia de una monitorización estrecha de la FC, sobre todo al inicio de la VNI, y si ésta no baja en las primeras 2 horas de su aplicación, habría que valorar la retirada de la misma y/o intubación.

La bajada de la FR (como un marcador de la disminución del trabajo respiratorio) en las primeras horas de aplicación de la VNI, es un marcador clínico de respuesta a la misma que se utiliza en la monitorización habitual y que se ha descrito en varios estudios. En el trabajo de Mayordomo et al.⁴⁸ que incluía sólo episodios de BA, la FR fue menor antes del inicio de la VNI y su reducción también menor en el grupo de fracasos, esto último también descrito en su otro trabajo que incluía otras indicaciones de VNI a parte de la BA (a la hora y a las 6 horas de iniciada la VNI).⁴⁹ En el estudio multicéntrico del cociente S/F, también el menor descenso de la FR a las 6 horas fue un factor de fracaso de VNI.⁴⁵ Una

menor FR antes de iniciar la VNI puede ser el indicativo de una situación clínica más grave debido a la falta del mecanismo compensador de la taquipnea, y una mayor riesgo de apnea por agotamiento muscular. De hecho la apnea se ha descrito como un factor de riesgo de fracaso de la VNI en BA, siendo este grupo de pacientes normalmente sometidos a BLPAP desde el inicio.^{36,49,52}

La pCO₂ antes de iniciar la VNI y su tendencia a las 2 horas, también podría ser un factor predictor de fracaso o éxito de la VNI según los estudios de Campion et al.⁵² y Essouri et al.⁵³ respectivamente. Sin embargo, este valor no siempre está disponible por precisar la extracción de analítica sanguínea o la monitorización de la CO₂ transcutánea.

Algunos trabajos también han encontrado la relación entre la FiO₂ y el fracaso o éxito de la VNI, siendo la necesidad de una FiO₂ > 80% en la primera hora en el trabajo de Bernet et al.⁵⁴, y de 60% en el de Joshi et al.⁵⁵, predictor de fracaso. En el trabajo de Mayordomo et al.⁴⁹, de episodios de IRA tipo I y II en los que se usó VNI, la IRA tipo I o hipoxémica fue de manera independiente un factor de riesgo de fracaso, siendo las necesidades de FiO₂ iniciales en este grupo mayores que las de los pacientes con IRA tipo II o hipercápnica, y también menor su descenso una vez inicia la VNI.

- **Estrategias de soporte respiratorio en la BA.**^{7,28,47,50}

La estrategia de soporte respiratorio en la BA según el protocolo del Grupo Respiratorio de la SECIP podría resumirse así:

- Bronquiolitis aguda leve-moderada: OAF (Planta de Hospitalización)
- Bronquiolitis aguda moderada, por escala clínica o apneas: CPAP (Cuidados Intermedios-UCIP)

CPAP inicial de 4-5 cmH₂O, aumentando a 8 cmH₂O si persiste el trabajo respiratorio o las apneas

- Bronquiolitis aguda moderada-grave, por escala clínica inicial, o por refractariedad a la CPAP (persistencia de trabajo respiratorio, apneas, VC bajo o hipercapnia progresiva): BLPAP (UCIP).

Al empezar la técnica y buscando prioritariamente el confort del paciente, la diferencia inicial de presión debe ser pequeña, buscando posteriormente aumentar los parámetros adecuados para conseguir la mayor efectividad. Se usa una EPAP inicial de 4-6 cmH₂O y una IPAP inicial de 6-8 cmH₂O, con aumentos progresivos de 2 cmH₂O hasta 18-22 cmH₂O de IPAP para conseguir un volumen inspiratorio adecuado, mejorar el trabajo respiratorio o disminuir la hipercapnia, y hasta 10-12 cmH₂O de EPAP para mejorar el reclutamiento alveolar y la oxigenación.

- Bronquiolitis aguda grave, refractaria a BLPAP o parada cardio-respiratoria inminente: VM (UCIP)
- Bronquiolitis aguda grave con SDRA, refractaria a VM o fuga aérea: VAFO (UCIP)
- Bronquiolitis aguda hipoxémica grave, refractaria a VM o VAFO: ECMO (UCIP)

1.2. ECOGRAFÍA CLÍNICA O A PIE DE CAMA

1.2.1. Introducción

La realización de la ecografía por los profesionales directamente encargados del cuidado y manejo de los pacientes ha supuesto un gran avance en la práctica clínica. La ecografía clínica o en el punto de atención (EPC) (POC de sus siglas en inglés Point-of-Care), es

aquella que se realiza y se interpreta a pie de cama del paciente con el objetivo de llegar a un diagnóstico, comprender mejor la fisiopatología, orientar el tratamiento, evaluar el resultado de la intervención terapéutica y guiar procedimientos invasivos.⁵⁶⁻⁵⁷ A diferencia del estudio diagnóstico completo que realiza un especialista, la EPC es un estudio dinámico, que lleva a cabo una evaluación enfocada de un problema para responder a una pregunta específica, y que provee una información anatómica y/o fisiológica que integrar con los datos de laboratorio y clínicos, y así poder tomar decisiones lo más oportunas y precisas posibles.⁵⁸

De la misma manera que el fonendoscopio revolucionó la práctica de la medicina hace 200 años, los avances en EPC están ofreciendo ahora una nueva oportunidad de revolucionar la práctica clínica convencional.

Su disponibilidad a pie de cama, inocuidad, y la posibilidad de repetirse tantas veces como sea necesario, convierte a la EPC en una herramienta imprescindible hoy en día ampliamente implantada en los Servicios de Urgencias y UCI. El abaratamiento, la reducción en el tamaño y la mejora en las prestaciones de los equipos ecográficos en los últimos años, también han resultado cruciales para favorecer un aumento en su implantación fuera de las Unidades de Radiología.⁵⁷

Su uso en el campo de la Pediatría está experimentando un incremento importante en los últimos años, en parte motivado por la preocupación creciente de que son los niños los que tienen un mayor potencial de desarrollar neoplasias inducidas por la radiación, habiendo cada vez más defensores del uso de la EPC como modalidad de imagen inicial preferida en ellos.^{57,59}

La ecografía es ideal para usar en niños porque por su menor tamaño y mayor accesibilidad a los órganos internos, la penetración de las ondas sonoras es mejor, obteniéndose una mejor resolución de imagen.

1.2.2. Aplicaciones clínicas en Pediatría

Las aplicaciones de la EPC en el ámbito de la Pediatría son múltiples y están en constante desarrollo.⁶⁰

1. Ecografía en el punto de cuidado en Atención Primaria (AP)

Pese a su incorporación más tardía, el uso de la EPC en AP está experimentando un gran crecimiento en los últimos años, de tal manera que se ha incorporado a la práctica diaria en el adulto en muchos Centros de Salud en España. Su uso en Pediatría de AP es aún muy escaso. Patologías en las que la EPC ha demostrado mayor eficiencia que la exploración física aislada son, la neumonía adquirida en la comunidad, infecciones de partes blandas, derrame articular o el cribado de la displasia de caderas.

2. Ecografía en el punto de cuidado en hospitalización y Servicios de Urgencias

En las últimas décadas se ha consolidado la incorporación de la EPC en la Pediatría Hospitalaria con especial impacto en los Servicios de Urgencias Pediátricos. Las patologías en las que se sabe hay mayor evidencia para su utilización son, la evaluación mediante ecografía enfocada al trauma (*focused abdominal sonography for trauma* [FAST]), la detección de neumonías, la detección de fracturas, la valoración de tejidos blandos (celulitis vs. absceso) y la realización de técnicas como el acceso vascular, la reducción de fracturas, la punción lumbar y la punción suprapúbica.

3. Ecografía en el punto de cuidado en cuidados intensivos pediátricos

El uso de EPC en la UCIP está creciendo de forma notable en los últimos años también. Las principales aplicaciones de la EPC en UCIP incluyen la ecografía cardiaca dirigida, la ecografía pulmonar, la neuroimagen (estimación y repercusión de la presión intracraneal mediante doppler transcraneal, diámetro de la vaina del nervio óptico y valoración de la desviación de la línea media en caso de lesiones ocupantes de espacio), ecografía del abdomen (fundamentalmente detección de líquido libre en el protocolo FAST, control de la sonda vesical y del estado de la vejiga en caso de anuria), y procedimientos ecoguiados (canalización de vías, paracentesis, pericardiocentesis, toracocentesis o inserción de tubo de tórax).

Los médicos de adultos han sido pioneros en la publicación de guías de práctica clínica y guías de implementación de formación en EPC.⁶¹ Dada la popularidad que ha ganado la EPC en los últimos años entre las distintas disciplinas de la Pediatría, ha sido necesario ir incorporando guías de uso clínico y de formación específica. La ecografía cardiaca dirigida fue la primera aplicación de la EPC en la práctica pediátrica con directrices para la implementación. También existe un programa académico bien establecido desarrollado para formar neonatólogos en el uso de EPC, aunque las aplicaciones se limitan a la evaluación del cerebro y el corazón neonatales. En Estados Unidos se han desarrollado unas guías de consenso educacional para la formación en ecografía en medicina de urgencias pediátricas.⁶² La EPC no cardíaca ofrece más oportunidades de uso. Sin embargo, la falta de directrices concretas sobre sus aplicaciones y formación, son una barrera para la generalización de su uso. Recientemente, la Sociedad Europea de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales (ESPNIC- European Society of Pediatric and Neonatal Intensive Care), ha publicado las guías de recomendación del uso de EPC en niños y neonatos críticos, elaboradas por el grupo de trabajo de la EPC, cuyo objetivo es optimizar el uso creciente de esta técnica y estandarizar la práctica clínica, además de poder servir como base para un programa de formación estructurado y un currículo en EPC.⁵⁸

1.2.3. Ecografía clínica pulmonar

1.2.3.1. Introducción

La ecografía pulmonar es una de las modalidades de EPC que más posibilidades ofrece en adultos y niños, tanto en medicina de urgencias como en cuidados intensivos.

Tradicionalmente el pulmón se había considerado como un órgano no susceptible de ser evaluado ecográficamente, ya que el aire y el hueso atenúan de manera considerable los ultrasonidos, y durante mucho tiempo la ecografía se limitó al estudio de la patología pleural superficial y como guía de procedimientos invasivos. La primera descripción de la evaluación ecográfica del pulmón data de hace 50 años, y los signos básicos en la ecografía pulmonar se describieron sistemáticamente en la década de 1990, pero no ha sido hasta la última década del siglo XX cuando la técnica se ha extendido y se ha sugerido el impacto de uso en el manejo clínico de los pacientes. Hoy sabemos que el análisis dinámico y estático de la combinación de artefactos e imágenes reales que se obtiene con la exploración ecográfica del pulmón permite diagnosticar con precisión muchas patologías pulmonares, sobre todo cuando se aplica en el campo del paciente crítico y en urgencias.⁶³⁻⁶⁴

1.2.3.2. Técnica y semiología

La técnica y sus hallazgos son fáciles de aprender. Un ecógrafo sencillo es suficiente para realizar la exploración, y pueden utilizarse distintas sondas con distintos rangos de frecuencia. La aproximación más completa a la exploración ecográfica del pulmón comprende la exploración de 12 regiones, las zonas superior e inferior de las partes anterior, lateral y posterior de cada uno de los hemitórax.⁶⁴

Dada la gran diferencia de impedancia acústica entre el aire del pulmón y los tejidos superficiales, el haz de ultrasonidos no puede penetrar al pulmón y se generan artefactos en la pleura. Una peculiaridad de los hallazgos ecográficos del pulmón es que son una combinación de artefactos (normales y patológicos) e imágenes reales (siempre patológicas). El espectro de hallazgos ecográficos dependerá del contenido y de la relación aire/líquido en el pulmón examinado. Así, encontraremos desde imágenes negras (presencia de líneas A) cuando el pulmón está aireado (normalmente aireado o en casos de neumotórax o sobredistensión), hasta grises, cuando como consecuencia de una consolidación la pérdida de aireación es completa y aparece el patrón de hepatización tisular. Patrones intermedios de aireación darán lugar a imágenes blancas (líneas B más o menos numerosas y/o confluentes), expresión de afectación intersticial y/o alveolar. Por lo tanto, cualquier patología que altere la normal relación aire/líquido pulmonar será detectada por la ecografía, muchas veces como una simple pérdida de los artefactos que existen en condiciones de normalidad.⁵⁶

Dado que la EP-PC detecta los artefactos generados por la acumulación de líquido, y dado que los artefactos pueden clasificarse de acuerdo con la relación aire/líquido, es posible crear puntuaciones que reflejen inversamente el grado de aireación pulmonar. Distintos scores de puntuación semicuantitativos para valorar el grado de aireación pulmonar se han usado en adultos en cuidados intensivos desde hace varios años. Todas estas puntuaciones se basan en la misma semiología y, curiosamente, parecen ser sólo útiles en trastornos pulmonares restrictivos (SDRA, neumonías, etc.). En un trastorno obstructivo se creará atrapamiento de aire, y esto podría no ser distinguible de un pulmón normalmente aireado, ya que ambos casos se presentarían con líneas A.

1.2.3.3. Utilidad clínica

En adultos, la EP-PC se ha descrito como una técnica que permite evaluar la pared torácica, el diafragma, la pleural y el parénquima pulmonar, por lo tanto con un gran potencial para el manejo de enfermedades respiratorias.

En patología pleural permite el diagnóstico, localización, cuantificación y diferenciación de derrames pleurales, con mayor precisión que la radiografía de tórax y una eficiencia similar a la de la tomografía axial computarizada (TAC); así como el diagnóstico del neumotórax.⁶³⁻⁶⁵ Para éste último, muchos estudios también han descrito una sensibilidad superior de la EP-PC sobre la radiografía de tórax y similar a la de la TAC.⁶⁶⁻⁶⁷ Volpicelli y et al.⁶⁷ describieron además que la EP-PC puede usarse para semicuantificar el volumen de un neumotórax de manera segura, permitiendo sustituir a la radiografía de tórax para predecir el tamaño del mismo.

Dentro del estudio del parénquima pulmonar, la EP-PC permite el diagnóstico de las consolidaciones pulmonares que pueden ser inflamatorias, tumorales, secundarias a una contusión o infarto, o heterogéneas. La caracterización ecográfica de la consolidación, teniendo en cuenta su tamaño, morfología, localización, el broncograma aéreo y su dinamismo, y el estudio de la vascularización mediante el doppler-color, añade un gran valor diagnóstico al contexto clínico para la clasificación etiológica de las mismas.^{64,68} La EP-PC tiene una precisión para el diagnóstico y diagnóstico diferencial de las consolidaciones comparable con la radiografía de tórax, y en algunos casos como en el dolor pleurítico y en pacientes ventilados la EP-PC es más precisa.⁶⁷⁻⁶⁸ La EP-PC también permite el diagnóstico y diferenciación de los patrones intersticiales o alveolo-intersticiales dentro del estudio del parénquima pulmonar.⁶⁹ Los pulmones edematosos se traducen ecográficamente por la presencia de líneas B, cuya distribución y número son expresión del grado de afectación pulmonar. Las líneas B localizadas (síndrome intersticial focal), pueden observarse en condiciones médicas como las neumonías, atelectasias, infartos, contusiones, etc. La detección de líneas B difusas y de manera bilateral son la expresión ecográfica de un síndrome intersticial difuso de origen

cardiogénico o respiratorio.⁶⁶⁻⁶⁷ Son muchos los estudios que han demostrado la estrecha correlación que existe entre el síndrome alveolo-intersticial pulmonar y la presencia de líneas B en ecografía.⁶⁷⁻⁷⁰

La EP-PC permita, además, hacer un seguimiento de la enfermedad pulmonar, ya que cualquier cambio significativo en la aireación pulmonar que resulte de una intervención médica dirigida a mejorar la pérdida de aireación (antibioterapia en una neumonía, maniobras de reclutamiento en el SDRA, diuréticos en la insuficiencia cardíaca congestiva, etc.) puede ser detectada por los correspondientes cambios en los patrones ecográficos pulmonares.^{64,71-72}

En el SDRA se produce una infiltración alveolar difusa y consolidaciones pulmonares, fundamentalmente en zonas dependientes del pulmón, que se manejan desde el punto de vista clínico con una estrategia de pulmón abierto mediante cambios en la posición del paciente (prono) y/o VM y PEEP. Las consolidaciones predominan sobre el síndrome alveolo-intersticial, llegando las primeras a ocupar en casos graves un 70-80% de la superficie del pulmón. La TAC se ha considerado tradicionalmente la prueba de referencia en la evaluación de la eficacia de las maniobras de reclutamiento alveolar, y de los efectos colaterales de la VM. Sin embargo, existen limitaciones a la realización de una TAC por la necesidad de desplazamiento y la preocupación creciente sobre las consecuencias de la irradiación excesiva. En 2009, Gardelli et al.⁷³ describieron por primera vez el uso de la EP-PC para monitorizar el reclutamiento alveolar en un paciente de 16 años afecto de SDRA. Desde entonces son muchos los trabajos publicados sobre la utilidad de la EP-PC para monitorizar la aireación pulmonar en pacientes críticos. Se han publicado trabajos con distinta aproximación a la monitorización de los cambios en la aireación pulmonar en el SDRA. Stefanidis et al.⁷⁴ midieron los cambios en el tamaño de las consolidaciones existentes en regiones dependientes de los pulmones. Bouhemad et al.⁷¹⁻⁷² describieron en su estudio un método basado en un score ecográfico de aireación pulmonar (previamente descrito por ellos en otro estudio para monitorizar ecográficamente la resolución de las neumonías asociadas a VM), basado en cuatro patrones ecográficos de seis regiones exploradas en cada pulmón, y lo compararon con el método de la curva de presión-volumen (PV) para monitorización del reclutamiento alveolar. El score ecográfico de aireación pulmonar fue preciso para detectar aumentos significativos de la aireación pulmonar, correlacionándose con el método de la curva PV. También observaron que la mejora en el score ecográfico de aireación pulmonar era fundamentalmente por la desaparición de las líneas B en las zonas anteriores y laterales del pulmón, mientras que las consolidaciones presentes en las zonas posteriores se modificaban menos por el efecto de la PEEP.⁷² En el estudio de las neumonías asociadas a VM, Bouhemad et al.⁷⁴ también describieron que el score ecográfico de aireación pulmonar fue más efectivo para demostrar cambios importantes en la aireación pulmonar y no tanto en el caso de pequeños cambios. Otros autores han descrito el control ecográfico de la maniobra de reclutamiento alveolar, detectando mediante EP-PC las presiones de apertura y cierre alveolar, permitiendo hacer la estrategia de pulmón abierto más segura y fácil.^{73,75}

El número de líneas B detectadas ecográficamente tiene una correlación lineal con la extensión del edema pulmonar, la cantidad de agua extravascular (medida por el método de termodilución transpulmonar o la presión de enclavamiento de la arteria pulmonar) y la pérdida de aireación pulmonar. También se ha relacionado la presencia de líneas B con marcadores fisiológicos de fallo cardíaco como el péptido natriurético atrial. La aparición de líneas B ecográficas es más precoz y precede a los signos radiográficos de aumento del agua extravascular, antes de que se produzca el “*alveolar flooding*” (inundación alveolar). En el edema agudo de pulmón de origen cardiogénico predomina el edema alveolo-intersticial de distribución homogénea, habiéndose descrito para la monitorización de la aireación pulmonar métodos basados en la cuantificación de todas las líneas B del pulmón, u otros métodos más sencillos basados en la cuantificación de áreas de exploración

positivas.^{71,76-77}

Un empeoramiento del score de aireación pulmonar, con aparición de líneas B, y por lo tanto un aumento de agua extravascular pulmonar, es un signo precoz del efecto deletéreo de la resucitación con fluidos en casos de sepsis, permitiendo guiar la administración de líquidos.⁷⁸ También es de utilidad como predictor de fracaso de extubación.⁷⁹

Hasta ahora no hay ningún hallazgo ecográfico que permita monitorizar la sobredistensión pulmonar tras maniobras de reclutamiento alveolar. Los pacientes con una pérdida focal de aireación en el score tienen más propensión a sufrir sobredistensión pulmonar que aquellos que muestran una pérdida de aireación generalizada.⁵⁶

La EP-PC tiene también otras utilidades como son la identificación de la vía aérea difícil, la comprobación de la intubación endotraqueal, la detección de parálisis/paresia de cuerdas vocales, y la predicción del estridor post-extubación.⁵⁶ En cuanto a las posibilidades de la EP-PC para valorar la función del diafragma, permite explorar la amplitud del movimiento de cada hemidiafragma para el diagnóstico y seguimiento de paresias o parálisis, midiendo la excursión diafragmática durante las inspiración, y además permite valorar la capacidad contráctil del diafragma mediante la medición de la fracción de engrosamiento muscular durante la inspiración, que sirve como predictor de fracaso o éxito de extubación, además de para poder diferenciar el movimiento diafragmático activo del pasivo debido a uso de musculatura accesoria.^{63,80-81}

La EP-PC es además una herramienta fundamental en la práctica clínica respiratoria como guía en procedimientos invasivos, como la toracocentesis, la inserción de tubos de tórax y las biopsias pleurales o pulmonares transcutáneas.⁶⁸

El resumen de las aplicaciones de la EP-PC se recogen en la Tabla 3.⁵⁶

Tabla 3. Aplicaciones de la ecografía pulmonar clínica.

Identificación, cuantificación y diferenciación de derrames pleurales
Identificación y semicuantificación de neumotórax
Identificación de patrones de consolidación (neumonía, atelectasias)
Identificación de patrones alveolo-intersticiales
Evaluación del reclutamiento alveolar (PEEP y/o posición en prono)
Evaluación de las interacciones cardiopulmonares de la ventilación mecánica
Guía para la realización de toracocentesis y/o inserción de tubo torácico
Comprobación de la motilidad diafragmática
Identificación de la vía aérea difícil
Control de la intubación endotraqueal
Predicción del estridor post-extubación
Detección de la paresia/parálisis de las cuerdas vocales

PEEP: presión positiva al final de la espiración.

1.2.3.4. Limitaciones

La presencia de un enfisema es una limitación absoluta a la realización de una EP-PC, dada la imposibilidad de que los ultrasonidos lleguen a la superficie del pulmón por la presencia de aire subcutáneo. Otras limitaciones relativas serán la presencia de hematomas en la pared torácica, apósitos grandes o pacientes muy obsesos.⁵⁶

Como cualquier otra técnica de ecografía, la EP-PC es operador dependiente y la adquisición e interpretación de las imágenes requiere un entrenamiento. De tal manera

que la experiencia del operador puede influenciar en la calidad del examen. Errores en la interpretación de los hallazgos ecográficos puede conllevar a fallos diagnósticos, test innecesarios e intervenciones erróneas que pongan en riesgo la seguridad del paciente.

En relación a la adquisición de imágenes para la valoración de la aireación pulmonar, existen estudios que han valorado la correlación inter-observador en la adquisición de imágenes y la correlación inter-operador en la interpretación de imágenes, siendo casi perfecta en ambos casos.⁸² En neonatos también se ha demostrado una buena correlación inter-observador en patología pulmonar entre operadores con distintos niveles de experiencia.⁸⁴ En niños afectos de neumonía se ha visto una buena correlación inter-observador entre operadores expertos y operadores noveles a los que se les dio un curso de formación teórico-práctico en EP-PC,⁸³ algo también descrito en los estudios de utilidad de la EP-PC en las BA, como veremos más adelante. Algún estudio más reciente describe de manera novedosa que el tipo de sonda utilizada en la exploración por operadores menos expertos es un factor a tener en cuenta a la hora de hablar de fiabilidad y concordancia inter-observador. De tal manera que los operadores menos expertos deben usar sondas lineales de alta frecuencia para reducir las posibles discordancias en las interpretaciones de imágenes ecográficas pulmonares.⁸⁴

1.2.4. Ecografía clínica pulmonar en Pediatría

1.2.4.1. Introducción

Los hallazgos ecográficos del pulmón en adultos son completamente superponibles a los de los niños y neonatos, de tal manera que en la edad pediátrica las aplicaciones que tiene el uso de ultrasonidos en el pulmón son las mismas que en adultos.

La radiografía de tórax es la prueba de imagen más utilizada para la evaluación del pulmón en el paciente pediátrico. Está ampliamente disponible y es barata. Sin embargo sus limitaciones son evidentes, tanto por la valoración bidimensional que ofrece de una estructura compleja tridimensional como es el tórax, como por el tiempo necesario hasta su obtención. Además del problema que supone la exposición repetida a la radiación ionizante en niños, especialmente importante en neonatos grandes prematuros que precisan de largas estancias hospitalarias. La TAC torácica, que sería la prueba de referencia en patología pulmonar, a la limitaciones propias de la técnica que son la falta de disponibilidad y accesibilidad según el tipo de paciente, se añade en la edad pediátrica el problema de la exposición a grandes cantidades de radiación, teniendo en cuenta que los niños son cuatro veces más sensibles al cáncer inducido por radiación que los adultos.

Por todo ello, en la última década, ha aparecido un creciente interés por parte de pediatras y neonatólogos en el uso de la EP-PC. Se ha corroborado la utilidad de la ecografía pulmonar en muchas de las patologías respiratorias descritas ya en adultos, y se han descrito nuevas aplicaciones en relación con las enfermedades respiratorias propias de la edad pediátrica, como las BA o la patología respiratoria neonatal (síndrome del distrés respiratorio, taquipnea transitoria del recién nacido, etc.).

Las patologías respiratorias son una causa frecuente de consulta e ingreso en neonatos y niños, y la primera causa de muerte en el mundo de niños < de 5 años. En los niños el tórax es una buena ventana acústica, ya que tienen una capa grasa subcutánea fina y el esternón y los cartílagos no están osificados. Por su disponibilidad, rapidez, facilidad de uso, inocuidad, fiabilidad, falta de invasividad y reproducibilidad, la EP-PC se perfila como una herramienta diagnóstica ideal en patología pulmonar del niño.

1.2.4.2. Utilidad clínica

La EP-PC es una herramienta útil para el diagnóstico de neumonías y sus complicaciones en niños. Ha demostrado tener una mayor especificidad que sensibilidad comparada con la radiografía de tórax y es más precisa que la clínica o la auscultación, siendo un complemento ideal de ambas.⁸⁵⁻⁸⁶ Incluso rivaliza con la TAC, no sólo para el diagnóstico de la neumonía, sino también para el de las complicaciones asociadas como la necrosis, el absceso o el derrame pleural paraneumónico.⁸⁷ En un estudio reciente comparando la EP-PC con la radiografía de tórax en el diagnóstico de neumonía, hubo casi un 40 % de reducción del número de radiografías realizadas, sin pérdida diagnósticas, eventos adversos o posteriores visitas de atención médica no programadas.⁸⁸ En neonatos, la combinación de hallazgos típicos ecográficos y clínicos permite el diagnóstico de las neumonías, disminuyendo el número de pruebas radiológicas complementarias.⁸⁹

En complicaciones pulmonares en cirugía cardiaca infantil como atelectasias y otras (derrame pleural y alteraciones de la motilidad diafragmática), es una herramienta fiable y precisa para diagnosticarlas, permitiendo la reclasificación de los hallazgos de la radiografía de tórax.⁹⁰ En niños sometidos a cirugía cardiaca, la EP-PC se ha utilizado perioperatoriamente para examinar el pulmón y guiar el reclutamiento alveolar en casos de atelectasia, encontrando que es una buena herramienta para mejorar los cuidados respiratorios perquirúrgicos, puesto que disminuye los episodios de desaturación, la horas de VM y de estancia en UCIP.⁹¹

La EP-PC es también una herramienta precisa para el diagnóstico de neumotórax en neonatos, mejorando el rendimiento de la valoración clínica y precisando menos tiempo hasta llegar al diagnóstico que la radiografía de tórax.⁹²

En niños, de igual manera que en adultos, la EP-PC tiene su utilidad en el manejo del SDRA. Se ha descrito el caso de un bebé de 3 meses con un SDRA grave, en el que se utilizó la EP-PC antes, durante y después de la maniobra de reclutamiento alveolar utilizando la exploración ecográfica de 12 regiones pulmonares y clasificando cada región en 4 categorías según el patrón ecográfico de aireación pulmonar descrito por Lichtenstein et al. y posteriormente Bouhemad et al.⁹³ Se consiguió titular el nivel óptimo de PEEP, y se correlacionó bien con la mejoría de la distensibilidad pulmonar, los patrones ecográficos y los de la TAC.

En el caso de la monitorización de la aireación pulmonar como respuesta a intervenciones terapéuticas, además de la utilidad en la maniobra de reclutamiento alveolar, se ha descrito en una pequeña serie de niños que la EP-PC tiene mayor utilidad a la hora de valorar la respuesta al tratamiento antibiótico en las neumonías adquiridas en la comunidad, que la evolución clínica o los datos de laboratorio, fijándose en hallazgos ecográficos como el tamaño de la consolidación y la distribución del broncograma aéreo.⁹⁴

De la misma manera que en adultos, en niños y neonatos se ha descrito la correlación existente entre el agua pulmonar extravascular y las líneas B evaluadas mediante EP-PC. En niños sometidos a cirugía cardiaca de corrección de cardiopatías congénitas, Kaskinen et al.⁹⁵ describieron la utilidad de un score ecográfico de líneas B en la evaluación del agua pulmonar extravascular, correlacionándose bien con el score radiográfico de edema pulmonar y siendo su interpretación menos ambigua. En neonatos afectados de cardiopatía congénita con hiperaflujo pulmonar, Rodríguez-Fanjul et al.⁹⁶ describieron un incremento de líneas B como expresión del hiperaflujo pulmonar antes de que se detectara en la radiografía de tórax, por clínica e incluso por ecocardiografía.

En la patología respiratoria propia del neonato, la EP-PC está ganando un papel incuestionable en los últimos años. No sólo para el diagnóstico de las distintas entidades clínicas, sino para el seguimiento de las mismas y monitorización de la respuesta al tratamiento. Además se ha descrito su utilidad para predecir la necesidad de soporte

respiratorio tras el nacimiento y la eventual necesidad de ingresar en una Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN), según los patrones ecográficos característicos de aclaramiento del líquido alveolar postnatal, y sus consecuentes cambios de la distensibilidad pulmonar.⁹⁷ Además también se ha descrito su utilidad en predecir el fracaso de la VNI, usando scores de aireación pulmonar de igual manera que en adultos. Raimondi et al.⁹⁸ describieron en su estudio que la EP-PC es un predictor útil (y mejor que la radiografía de tórax) de la necesidad de intubación en prematuros con síndrome de distrés respiratorio (SDR) moderado tras 2 horas de CPAP nasal según un patrón ecográfico simplificado de aireación encontrado.

El SDR, la taquipnea transitoria del neonato (TTN), el síndrome de aspiración meconial (SAM), y la displasia broncopulmonar (DBP) son entidades clínicas en las que se produce dificultad respiratoria más o menos severa. Pueden compartir hallazgos ecográficos, pero que interpretados en el contexto clínico, con la edad gestacional del paciente, e integrando los datos de laboratorio, permiten su diagnóstico diferencial de manera precisa y fiable, disminuyendo o incluso sustituyendo el uso de las radiografías de tórax.

En el curso de la evolución del SDR, la EP-PC permite el seguimiento de los cambios que se producen como consecuencia de la instauración del tratamiento con administración de surfactante y/o soporte respiratorio. Se ha utilizado el método semicuantitativo de evaluación de la aireación pulmonar descrito previamente en adultos⁷¹, y se ha descrito que se correlaciona bien con el score de Silvermann, los índices de oxigenación y con la mejoría clínica o la progresión de la enfermedad. Brat et al.⁹⁹ describieron en su estudio que un score de aireación pulmonar simplificado (6 áreas en vez de 12), se correlacionó bien con el índice de oxigenación ($IO = 100 \times FiO_2 \times \text{presión media de la vía aérea [PMA]} / PaO_2$) en neonatos a término y prematuros, y fue fiable para predecir la necesidad de administración de surfactante en pretérminos < 34 semanas de gestación en CPAP nasal. Este mismo grupo de autores describieron posteriormente el mismo resultado para predecir la necesidad de administración de surfactante en grandes pretérminos < 30 semanas de gestación con SDR y en CPAP usando el mismo score simplificado.¹⁰⁰

Tabla 4. Aplicaciones de la ecografía pulmonar clínica según la Sociedad Europea de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales.

Recomendación	Nivel de evidencia
Distinción entre síndrome de dificultad respiratoria y la taquipnea transitoria del neonato	B
Detección de neumonía en neonatos y niños	B
Evaluación semicuantitativa de la aireación pulmonar y del manejo de las intervenciones en el SDRA del neonato y del niño	B
Detección de neumotórax en neonatos y niños	B
Inserción de tubo torácico, aspiración con aguja o toracocentesis guiada en neonatos y niños	B
Detección de derrame pleural en neonatos y niños	B
Detección del síndrome de aspiración meconial del neonato	C
Utilidad descriptiva en bronquiolitis	C
Evaluación del edema pulmonar en neonatos y niños	C
Detección de las atelectasias secundarias a la anestesia en neonatos y niños	C
SDRA: síndrome de dificultad respiratoria aguda. Nivel de recomendación: B: limitaciones menores en los estudios diagnósticos o ensayos controlados aleatorios o evidencia muy clara y consistente de estudios observacionales; C: estudios observacionales (cohorte o control de casos).	

Recientemente se ha descrito una aplicación más del score de aireación pulmonar semicuantitativo en neonatos, cuando se calcula a la semana o dos semanas de vida, para predecir el riesgo de desarrollar DPB en pretérminos < 30 semanas de gestación, aunque con variaciones en la sensibilidad y especificidad según la edad gestacional. El score se correlaciona también con los días totales de VM o soporte respiratorio.¹⁰¹

El uso de los scores ecográficos de aireación semicuantitativos son útiles en Pediatría y Neonatología, no sólo para el fracaso respiratorio en patologías propiamente pulmonares, si no también para casos de edema pulmonar en el contexto de cardiopatías.¹⁰²⁻¹⁰³

Como resumen de las aplicaciones de la EP-PC en niños y neonatos, las recientemente publicadas recomendaciones de la guía de la ESPNIC, que se recogen en la Tabla 4.⁵⁸

1.2.4.3. Papel que desempeña actualmente la ecografía clínica pulmonar en Pediatría y retos para el futuro

La EP-PC no debe considerarse como un reemplazo de la radiografía de tórax convencional, sino que ambas deberían considerarse como técnicas complementarias que se pueden elegir en función del cuadro clínico, y así reducir la exposición a la radiación ionizante. Debería realizarse a diario como un extensión de la exploración física habitual, y reservar la radiografía de tórax para casos en los que la EP-PC no sea concluyente o suficiente. De esta manera se abaratarán costes y se reducirá irradiación en la población pediátrica.⁹⁰

Para poder implementar el uso apropiado de la EP-PC en distintos escenarios en niños, es necesario hacer una importante difusión y entrenamiento en ecografía entre la comunidad médica, empezando en la Universidad durante la formación en Medicina. Se necesita el desarrollo de programas oficiales y validados. La posibilidad de desarrollar a nivel mundial y de manera estructurada una formación con módulos a nivel básico y avanzado, aceleraría la difusión e implementación de esta técnica de imagen, que no debe limitarse sólo a ser empleada por unos cuantos expertos, sino que debería formar parte del currículo de educación médica de cualquier médico.⁹⁰

1.3. ECOGRAFÍA CLÍNICA PULMONAR EN LA BRONQUIOLITIS AGUDA

En base a las guías más recientes de manejo de la BA, el diagnóstico de la misma se basa en la historia clínica y exploración física, sin que haya pruebas complementarias que se incluyan de manera rutinaria en la aproximación diagnóstica de esta entidad clínica. El uso de la radiología convencional se debería limitar a casos de presentación atípica (aspecto séptico, sobreinfección bacteriana o sospecha de neumotórax).¹⁶ A pesar de que en un niño con claros síntomas de infección viral como es una BA el riesgo de una infección bacteriana severa sería < 1%, y por lo tanto, no estaría justificado su búsqueda rutinaria, la realidad es que hasta en un 50% de los casos se acaban realizando radiografías de tórax con el objetivo, principalmente, de descartar una neumonía (la prevalencia de neumonía en casos severos de BA ingresados en UCIP aumenta hasta un 10-42%).¹⁰⁴⁻¹⁰⁵ De la misma manera que en las últimas décadas se ha ido proponiendo el uso de la EP-PC como una herramienta diagnóstica en otras patologías respiratorias de la edad pediátrica, como hemos visto detalladamente en el apartado anterior, también y más recientemente en la BA se está haciendo un hueco para su manejo clínico. No sólo como prueba complementaria para llegar al diagnóstico, sino también para monitorizar la evolución, detectar complicaciones, y hasta predecir la necesidad de soporte respiratorio, duración de hospitalización o ingreso en UCIP. Varios estudios han descrito la correlación existente entre la puntuación clínica de gravedad y el score ecográfico de aireación pulmonar. Así como la asociación entre los hallazgos ecográficos y la necesidad y duración de hospitalización o soporte respiratorio, fundamentalmente de oxígeno suplementario, en

pacientes con BA leves o moderadas. Especulándose que la EP-PC en las BA podría predecir el curso clínico de los niños, serviría como una herramienta de ayuda a la hora de tomar decisiones como qué pacientes podrían ser dados de alta a domicilio de manera segura y cuales ser hospitalizados para un tratamiento más intensivo.¹⁰⁶

Los hallazgos ecográficos en las BA se han descrito con más frecuencia en las partes posteriores y paraespinales, probablemente secundario a la gravedad y a la obligada posición en supino de los lactantes, sobre todo en los encamados.^{109-112,118} El hallazgo de síndrome intersticial o alveolo-intersticial y/o consolidaciones en las partes anteriores del tórax, hipotéticamente podrían significar entonces un indicador de mayor gravedad. Estos hallazgos ecográficos no son específicos, y por lo tanto no pueden usarse como prueba independiente para el diagnóstico de BA.^{107,112,114}

Existe un primer grupo de estudios que describen los hallazgos ecográficos en la BA y la correlación entre estos hallazgos y la gravedad del cuadro.¹⁰⁷⁻¹⁰⁸

El primer estudio que se publicó sobre la utilidad de la EP-PC en la BA es del año 2011. Caiulo et al.¹⁰⁷ describieron en su estudio prospectivo observacional los hallazgos ecográficos en las BA, correlacionaron los hallazgos ecográficos con la clínica, y estudiaron la utilidad de la ecografía en comparación con la radiografía de tórax convencional. Incluyeron 52 niños entre 1 y 16 meses, con una mediana de edad de 2,1 meses, en su mayoría con BA moderadas (n=21) o graves (n=27) según la puntuación de WDFm. Utilizaron la técnica de exploración ecográfica de 6 áreas por pulmón descrita ya por Copetti et al.¹⁰⁸ (exploración longitudinal y transversal de 6 áreas: parte superior e inferior de la zona anterior, lateral y posterior del tórax). Describieron los hallazgos ecográficos, y los correlacionaron con los hallazgos radiológicos y los clínicos. No realizaron ningún score de aireación pulmonar, pero los niños con cuadros clínicos más severos tuvieron hallazgos ecográficos correspondientes a patrones de mayor pérdida de aireación pulmonar. Los hallazgos ecográficos en las formas más leves fueron líneas B aisladas, en las formas moderadas encontraron mayor frecuencia de una consolidación subpleural y zonas de pulmón blanco, y en las formas más severas, mayor frecuencia de múltiples consolidaciones, anomalías de la línea pleural y derrame pleural. Las consolidaciones las encontraron con más frecuencia en las partes anteriores y laterales. La ecografía además permitió visualizar hallazgos patológicos que no habían sido detectados con la radiografía simple de tórax, haciéndola por lo tanto una herramienta más fiable para el diagnóstico y seguimiento de las BA, y más rápida en su interpretación.¹⁰⁷

Otro estudio que, retrospectivamente, compara los hallazgos de la radiografía de tórax convencional con la EP-PC en las BA, es el de Jaszczolt et al.¹⁰⁹, publicado en 2018. Incluyeron 26 pacientes < de 2 años, con una mediana de edad de 7 meses, con BA por VRS en los que se llevó a cabo radiografía convencional de tórax y EP-PC. Los hallazgos ecográficos los clasificaron según los descritos por Basile et al.¹¹⁰ en 2015 en, consolidaciones pequeñas subpleurales (< 10 mm), consolidaciones con broncograma aéreo (>10mm), síndrome intersticial (líneas B separadas al menos 7 mm entre ellas), síndrome alveolo-intersticial (líneas B separadas unos 3 mm) y derrame pleural. Y la técnica de exploración realizada fue la descrita por Copetti et al.¹⁰⁸ Sólo en 4 pacientes hubo alteraciones radiográficas consistentes en lesiones inflamatorias, mientras que alteraciones ecográficas se describieron en 18 pacientes (por frecuencia síndrome alveolo-intersticial >> consolidaciones > 10 mm >> pequeñas consolidaciones < 10 mm >> síndrome intersticial >> derrame pleural). Las consolidaciones fueron más frecuentes en zonas inferiores y posteriores (a diferencia de lo descrito por Caiulo et al.¹⁰⁷), y el síndrome intersticial y alveolo-intersticial en zonas inferiores y posteriores también, y en las parte paraespinal. Concluyen también que la EP-PC es una herramienta diagnóstica útil, segura, altamente sensibilidad y rápida para el manejo de las BA.

En ambos estudios se observó una disminución hasta la desaparición de los hallazgos ecográficos en relación con la mejoría hasta la curación de la enfermedad. Además en ninguno de los dos se estudió la concordancia inter-operador ya que la EP-PC fue realizada por un único operador.^{107,109}

Otro grupo de estudios han demostrado la posibilidad de predecir la progresión clínica de la BA utilizando distintos scores ecográficos, y predecir la necesidad de soporte respiratorio u hospitalización.^{110-113,115-116}

Basile et al.¹¹⁰ publicaron en 2015 un estudio observacional de cohortes incluyendo 106 niños con BA, con una mediana de edad de 71 días. Según escala clínica, la mayoría de los pacientes tuvieron una BA leve (n=76), 27 moderada y 3 severa, siendo un 73% VRS +. La exploración ecográfica se llevó a cabo según la técnica descrita por Copetti y cols¹⁰⁸. Se propuso un score ecográfico según hallazgos que se habían descrito previamente en las BA, según la zona explorada (antero-lateral o posterior/paravertebral) y según extensión del síndrome intersticial y presencia de consolidaciones en cada una de esas áreas. Según este score ecográfico de gravedad, 68 niños tuvieron una BA leve, 26 moderada, 3 severa y 9 tuvieron un patrón ecográfico normal. Por lo tanto demostraron una buena correlación para clasificar la severidad de la BA entre los hallazgos clínicos y los ecográficos (concordancia del 90,6%). Además, la EP-PC permitió identificar a los niños con necesidad de oxígeno suplementario con una buena especificidad, sensibilidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN), permitiendo por lo tanto identificar a los niños en necesidad de ser hospitalizados. Especialmente, la mayor afectación de las partes posteriores (consolidaciones > 1cm y severidad del síndrome intersticial) se correlacionó bien con la mayor necesidad de oxigenoterapia y la mayor gravedad de la BA. La áreas ecográficas más afectadas fueron las posteriores (68%), y la mejoría clínica conllevó la desaparición de las alteraciones ecográficas en concordancia con los descrito en estudios anteriores.^{107,109} Además observaron un > porcentaje de áreas anteriores y posteriores afectadas en los niños VRS + en comparación con los VRS-, aunque sin ningún hallazgo específico. La EP-PC fue realizada por dos operadores expertos, y la concordancia inter-operador fue excelente.

Posteriormente, en el año 2018, Zoido Garrote et al.¹¹¹ confirmaron la posibilidad de usar la EP-PC para predecir la progresión clínica de la BA usando un score ecográfico distinto al usado por Basile et al.¹¹⁰, en un estudio observacional prospectivo que incluyó 59 paciente con BA leve-moderadas < de 12 meses, con una mediana de edad de 90 días. También estudiaron la correlación entre la EP-PC precoz (en las primeras 24 horas de la atención hospitalaria) y la escalad de gravedad clínica (WDFm y BROSJOD). El score ecográfico de gravedad, se diseñó para el estudio teniendo en cuenta 10 zonas pulmonares, valorando en cada zona anomalías de la línea pleural, extensión del síndrome intersticial y presencia de consolidaciones subpleurales. Los hallazgos patológicos fueron también más frecuentes en la parte posterior paravertebral y subescapular. Encontraron una correlación lineal moderada entre los hallazgos ecográficos con la severidad de la BA según escala clínica, y una cierta relación en cuenta a su progresión clínica en relación a la necesidad de UCIP, la duración de la hospitalización y de la oxigenoterapia. La puntuación del score ecográfico fue mayor en los pacientes que requirieron ingreso en UCIP que en los que ingresaron en planta, y la de éstos mayor que la de los niños que fueron dados de alta a domicilio, poniendo de manifiesto que es plausible que detectar precozmente un pulmón con aireación comprometida puede tener valor para anticipar la evolución clínica. No encontraron diferencia de gravedad entre los < y > de 3 meses, pero sí describieron que en los < 3 meses, a igualdad de gravedad según escala clínica, la puntuación del score ecográfico fue mayor, pudiendo estar relacionado con la peor evolución de este grupo de edad, en el que domina una mayor afectación alveolo-intersticial en contraposición con la obstrucción y el atrapamiento aéreo de lactantes mayores. La EP-PC fue realizada por operadores con poca experiencia, aunque posteriormente se evaluaron las imágenes por

un operador experto, encontrándose una concordancia inter-observador buena para consolidaciones, y muy buena para las anomalías de la línea pleural y el SI, aunque sólo se cogieron 30 vídeos al azar para llevar a cabo esta valoración, lo cual supone una limitación a tener en cuenta.

Otro estudio que analiza la utilidad de la EP-PC en la progresión de la BA es el de Bueno Campana y cols,¹¹² publicado también en 2019. Se trata del único estudio multicéntrico hasta la fecha, prospectivo, que incluyó 145 lactantes < 6 meses (mediana de edad de 1,7 meses) con BA moderadas según escala de gravedad WDFm, y que fue el primero en estudiar la utilidad de la EP-PC como una herramienta predictiva de necesidad de soporte respiratorio distinto a la oxigenoterapia convencional (OAF, CPAP, BLPAP-VNI, VM). Las áreas de exploración fueron las descritas por Copetti et al.¹⁰⁸ y entre los hallazgos ecográficos recogidos se incluyeron el deslizamiento pleural, 3 o más líneas B por espacio intercostal, líneas B confluentes y consolidaciones subpleurales > 1 cm. Se realizó un score pulmonar ecográfico predictivo que mostró una capacidad predictiva moderada para la necesidad de soporte respiratorio, aunque la correlación sí fue significativa con la duración de la hospitalización y de la oxigenoterapia. Encontraron que la variable individual con mayor sensibilidad para predecir la necesidad de soporte respiratorio fue la presencia de consolidaciones posteriores sobre todo las > de 1 cm, algo que ya había descrito Basile et al.¹¹⁰ en su estudio, en el que los niños con consolidaciones >1 cm y mayor afectación alveolo-intersticial en zonas posteriores, tuvieron BA más severas y mayor necesidad de soporte respiratorio (oxigenoterapia). La presencia de hallazgos ecográficos de síndrome intersticio-alveolar en zonas anteriores también se correlacionó con la necesidad de VNI o VM. La combinación del score ecográfico con predictores clínicos (< 1mes, puntuación escala WDFm ≥ 6) aumentó la sensibilidad de éste en comparación con los predictores usados por separados, que lo podría convertir en un score de screening de niños con más riesgo de necesitar VNI. El score combinado, al igual que el score ecográfico, mostró correlación positiva moderada con la duración de la hospitalización y de oxígeno suplementario. También describieron con una frecuencia mayor los hallazgos de líneas B más o menos confluentes y la presencia de consolidaciones en los campos posteriores. Una de las posibles grandes limitaciones de este estudio pudo ser que al tratarse de un estudio multicéntrico, fueron 9 operadores con distintos niveles de formación en EP-PC los que llevaron a cabo la adquisición e interpretación de imágenes, y la concordancia inter-observador no fue estudiada.

En línea con el trabajo anterior, el estudio de Supino et al.¹¹³, publicado en 2019, también estudia la utilidad de la EP-PC como una herramienta predictiva de necesidad de soporte respiratorio distinto a la oxigenoterapia convencional (OAF o CPAP), además de la correlación entre la gravedad clínica y ecográfica. Evaluaron 76 niños < 12 meses (mediana de edad de 90 días) con BA en un estudio prospectivo llevado a cabo en el Servicio de Urgencias, casi todos con cuadros leve-moderados (excepto 7 pacientes con BA grave). La exploración ecográfica se llevó a cabo según las áreas de Copetti et al.¹⁰⁸ y el score ecográfico que se usó fue el descrito por Taveira et al.¹¹⁴ Describieron una diferencia significativa en el score de puntuación ecográfica entre el grupo que precisó soporte respiratorio con el que no, y dentro de ellos mayor en los que necesitaron CPAP en vez de OAF, y aunque no tuvo relación con la SpO₂ en Urgencias, sí con la duración de oxigenoterapia durante el ingreso. Los niños con mayor puntuación en la escala de gravedad tuvieron más probabilidad de necesitar soporte respiratorio, y además se vio una relación significativa entre la SpO₂ a la llegada a Urgencias y la duración de oxigenoterapia durante el ingreso. A diferencia del score ecográfico, la gravedad clínica no tuvo capacidad predictiva de necesidad de OAF o CPAP. Describieron también una mayor necesidad de soporte respiratorio en los niños VRS + aunque no fue significativa. La EP-PC fue realizada por dos operadores expertos y la concordancia entre ellos fue buena.

Di Mauro et al.¹¹⁵ publicaron su estudio en 2020, un estudio observacional prospectivo

llevado a cabo en niños con BA < 24 meses que precisaron ingreso hospitalario, queriendo también estudiar la correlación entre el score ecográfico y la progresión clínica de la enfermedad, en forma de necesidad de oxígeno suplementario, duración de la misma y duración de la hospitalización. Se incluyeron 83 pacientes con una mediana de edad de 90 días, la mayoría con BA leves. La exploración ecográfica se llevó a cabo en 6 áreas de exploración, y el score ecográfico de aireación utilizado fue el de Basile et al.¹¹⁰ Tanto al ingreso como al alta, la correlación entre la gravedad clínica y el score ecográfico fue débil, de tal manera que no pudieron demostrar la relación entre la gravedad clínica y la gravedad de la pérdida de aireación pulmonar como lo habían hecho estudios precedentes.^{107,110-111} El score ecográfico al ingreso fue significativamente mayor en los niños que precisaron oxígeno que en los que no, y tuvo relación con la duración de la hospitalización, aunque no con la duración de la oxigenoterapia. De tal manera que consiguieron confirmar los resultados previos de la utilidad de la EP-PC para predecir la necesidad de oxigenoterapia y por lo tanto de hospitalización en niños con BA leves-moderadas.⁶²⁻⁶⁵ Al alta, la curación clínica de los pacientes supuso una desaparición completa de las alteraciones ecográficas en el 100% de los casos, como ya previamente se había descrito.^{107,109-110} Un solo operador experto realizó la EP-PC y por lo tanto no se realizó ningún estudio de concordancia.

Özkaya et al.¹¹⁶, en 2020, también demostraron la utilidad de un score ecográfico para predecir la necesidad de ingreso hospitalario. Su estudio, prospectivo observacional, incluyó 76 pacientes en el Servicio de Urgencias, la mayoría de ellos con BA leves. Se usaron las áreas de exploración descritas por Copetti et al.¹⁰⁸ y el score ecográfico descrito por Basile et al.¹¹⁰ Encontraron una correlación significativa entre la escala de gravedad clínica y el score ecográfico, además de que ambos fueron predictores significativos de ingreso hospitalario. De entre todas las variables estudiadas, el score ecográfico fue el parámetro más efectivo en determinar el ingreso hospitalario.

San Sebastián Ruiz et al.¹¹⁷ también quisieron estudiar la correlación entre un score ecográfico llevado a cabo en la Urgencia de Pediatría y la necesidad de soporte respiratorio en niños con BA. Su estudio incluyó 200 pacientes con BA leves o moderadas. Observaron cierto grado de asociación entre los hallazgos ecográficos y la gravedad clínica, así como con la tasa de hospitalización y la necesidad de soporte respiratorio. Al igual que en el estudio de Zoido et al.¹¹⁰, un patrón ecográfico alterado fue significativamente más frecuente en los niños < 6 semanas, poniendo de manifiesto una mayor severidad de síntomas en este grupo de edad, en posible relación con una mayor prevalencia del componente alveolo-intersticial sobre el obstructivo. Al igual que en el estudio de Caiulo et al.¹⁰⁷ observaron que los niños con mayor gravedad clínica manifestaban con mayor regularidad patrones ecográficos alterados (BA moderadas vs leves). Al igual que Özkaya et al.¹¹⁶ observaron que la mayor parte de los niños que requirieron ingreso en Planta, UCIN o UCIP tenían un patrón ecográfico anormal, lo que suponía una mayor afectación intersticial y menor ventilación pulmonar. Relacionado con esto, el patrón ecográfico tuvo cierta relación con la necesidad de soporte respiratorio como describieron Bueno Campana et al.¹¹² y Supino et al.¹¹³, ya que un 87% de los niños que necesitaron algún tipo de soporte respiratorio (oxígeno suplementario o VNI) tenían un patrón ecográfico alterado a su llegada a Urgencias. La presencia de un patrón intersticial acompañado de una consolidación fue el mayor predictor de mala evolución. Por lo tanto, los resultados de este estudio volvieron a apoyar la utilidad de la EP-PC para confirmar la impresión clínica, y para ayudar a identificar a los pacientes que tienen mayor riesgo de mala evolución y de necesidad soporte respiratorio.

El estudio de La Regina et al.¹¹⁸, publicado en 2020 y llevado a cabo en niños con BA en el Servicio de Urgencias, encontró relación entre el score ecográfico descrito por Basile et al.¹¹⁰ y la gravedad clínica, los días de hospitalización y la necesidad de oxigenoterapia, en concordancia con otros estudios previos^{107,110-117}, remarcando la utilidad del uso de la EP-

PC en el Servicio de Urgencias para el manejo de niños con BA, ayudando a la toma de decisiones clínicas e identificando a los pacientes que pudieran necesitar un tratamiento más intensivo. El patrón intersticial fue descrito fundamentalmente en las áreas posteriores, como en otros estudios^{107,110-112}, apoyando la idea del mayor efecto de la gravedad en esas zonas por la posición preferentemente supina de los niños pequeños. En cuanto a la correlación entre la EP-PC y la radiografía de tórax convencional, describieron por primera vez una correlación significativa entre la presencia de anomalías de la línea pleural vista por ecografía y la presencia de atrapamiento aéreo visto en radiografía de tórax, dando explicación de este hallazgo a que la irregularidad de la línea pleural reflejaría el exceso de aire acumulado debido a la presencia de tapones de moco que ocluirían los bronquiolos.

Finalmente existen un grupo de publicaciones sobre la EP-PC cuyo objetivo es hacer diagnóstico diferencial y estudiar las complicaciones de las BA.^{104,119-120}

Ya en 2011, Yilmaz et al.¹¹⁹ describieron la frecuencia de derrame pleural en niños con BA. Un 49% de los pacientes estudiados tuvieron derrame pleural > de 5mm de grosor, siendo el proceso de recuperación en ellos más largo y significativamente mayor la proporción de niños con factores de riesgo (prematuridad, DBP, cardiopatía congénita o inmunosupresión).

Varshney et al.¹²⁰ publicaron en 2016 su estudio prospectivo transversal para describir como la EP-PC podía representar una herramienta útil en el Servicio de Urgencias Pediátricas para valorar a los pacientes ≤ 2 años con insuficiencia respiratoria aguda, signos de infección del tracto respiratorio (rinorrea y/o tos) y sibilancias concomitantes. Incluyeron 94 pacientes y el protocolo de exploración fue el descrito por Copetti et al.¹⁰⁸ La contribución de este estudio a la literatura radica en la posibilidad de excluir el diagnóstico de asma en casos en los que existan alteraciones ecográficas (0% de los pacientes con diagnóstico clínico final de asma tuvieron hallazgos ecográficos) y la identificación de la mayoría de los pacientes con neumonía que se presentan con sibilancias (100% de los pacientes con diagnóstico final de neumonía tuvieron hallazgos ecográficos). Por lo tanto, la EP-PC podría servir como una herramienta de ayuda al clínico para el manejo de pacientes con sibilancias de etiología indiferenciada. Además describieron como en el grupo de niños con BA que ingresaron, la proporción de alteraciones ecográficas fue mayor que en los que no ingresaron, lo que iría en concordancia con lo descrito en otros estudios anteriores en los que se describe mayor afectación ecográfica en niños con BA más graves^{107,109} En concordancia con este estudio está el de Cohen et al.¹²¹ que se realizó en 29 pacientes < 2 años que llegaron al Servicio de Urgencias con sibilancias. Sólo estudiaron la presencia de líneas B, y observaron que la presencia de líneas B compactas estaba fuertemente asociada a la ausencia de atopia. Sugiriendo que, si se corroboraban estos resultados en futuros estudios, la EP-PC podría ser utilizada como una herramienta de manejo terapéutico en niños con sibilancias, ya que la presencia de líneas B iría a favor de un origen viral de las mismas en vez de un origen atópico. A diferencia de otros estudios anteriormente descritos, y de igual manera que Di Muaro et al.¹¹⁵ no encontraron relación con la gravedad clínica.

Biagi et al.¹⁰⁴ publicaron en 2018 los resultados de su estudio cuyo objetivo fue estudiar la precisión diagnóstica y la fiabilidad de la EP-PC para el diagnóstico de neumonía en niños hospitalizados por BA, y la concordancia entre ecografía y radiografía de tórax convencional para el diagnóstico de ésta. Incluyeron 87 niños, la mayoría con BA moderadas-severas, en los que se realizó una radiografía de tórax por sospecha de neumonía concomitante. La sensibilidad de la EP-PC para el diagnóstico de neumonía fue mayor que la de la radiografía de tórax convencional, y al tener sólo en cuenta las consolidaciones de > 1cm, su especificidad también fue mayor, concluyendo que podría evitarse la realización de radiografías de tórax en estos casos. Describieron la presencia de

neumonía en un 29% de los niños. Estos resultados, sin embargo, han sido rebatidos por Buosenso et al.¹⁰⁵, quienes alertan de un potencial riesgo de uso indiscriminado de antibióticos en niños con BA secundario al creciente uso de la EP-PC, de la misma manera que está demostrado que la realización rutinaria de radiografías de tórax convencionales sin justificación (casos graves que requieren ingreso en UCIP o cuando existe la sospecha de una complicación respiratoria como el neumotórax), aumenta el uso de antibióticos sin mejoría en los resultados. Remarcan la necesidad de usar los hallazgos clínicos y de laboratorio para poder interpretar los hallazgos ecográficos correctamente, y de manera contraria a lo que describen Biagi et al.¹⁰⁴, usan la EP-PC para descartar neumonías cuando existen dudas diagnósticas por los hallazgos encontrados en la radiografía de tórax convencional. Los criterios ecográficos de neumonía de adultos y niños mayores tienen que usarse con cautela en este grupo de niños por la especial fisiología que tiene la vía aérea periférica pequeña del pulmón pediátrico, especialmente en neonatos y lactantes pequeños. Poder distinguir una atelectasia de una neumonía en bases a criterios de tamaño y broncograma aéreo puede no ser extrapolable a este subgrupo de edad. Remarcan que, si décadas de estudio han concluido que el riesgo de neumonía en niños con BA es bajo, deberíamos ser cautos a la hora de interpretar los hallazgos de una técnica novedosa y prometedora como es la EP-PC.¹⁰⁵

Llama la atención, al revisar detenidamente los estudios publicados hasta ahora sobre la utilidad de la EP-PC en las BA, que sólo dos fueron realizados en el ámbito de la UCIP^{114,122}, y que incluyeron pocos enfermos graves, bien porque específicamente los estudios fueron diseñados para excluir a estos pacientes, o bien porque el número de ellos incluidos fue anecdótico, lo que supone una limitación a la aplicabilidad de los resultados hasta ahora obtenidos en el ámbito de los pacientes críticos. El estudio de Taveira et al.¹¹⁴, no pudo demostrar la relación entre los hallazgos ecográficos y la escala clínica de gravedad, ni la duración de VNI ni de oxigenoterapia, ni la duración de estancia hospitalaria. Ingelse et al.¹²² describieron un patrón ecográfico moderadamente alterado en niños con BA graves sometidos a VM, y demostraron la relación entre el patrón ecográfico y la alteración de la oxigenación sólo en la fase aguda de la enfermedad (primeras 24 horas), pero tampoco pudieron demostrar la relación con la duración de la ventilación mecánica.

El estudio de Taveira et al.¹¹⁴, publicado en 2018, es un estudio observacional prospectivo cuyo objetivo fue evaluar la correlación entre una score ecográfico semicuantitativo de aireación pulmonar y la duración de la VNI en 47 niños < 6 meses afectados de BA severa. Para el cálculo del score ecográfico usaron la aproximación de 6 zonas por hemitórax, para las cuales dieron una puntuación de 0-2 según el hallazgo, un score ecográfico validado para el SDRA en adultos. Los resultados del estudio no confirmaron el objetivo principal de predecir la duración de la VNI (OAF o CPAP) según el score ecográfico al ingreso, ni la asociación con la duración de la hospitalización, la duración de oxigenoterapia o la asociación con la puntuación clínica de gravedad. Sólo hubo una correlación significativa entre el número de espacios intercostales afectados y la duración de oxigenoterapia. Sobre la mayor gravedad de los niños con hallazgos ecográficos patológicos en las partes anteriores que pudieran poner de manifiesto una mayor predominio de compromiso alveolo-intersticial sobre el atrapamiento aéreo, ya hablan otros estudios comentados anteriormente.^{107,112} La mayor necesidad de oxigenoterapia se suele asociar habitualmente a la existencia de un cortocircuito intrapulmonar y, por lo tanto, una anomalía de la relación ventilación/perfusión propio de las patologías restrictivas (neumonía, SDRA) en donde existe un desreclutamiento alveolar. Para Taveira et al.¹¹⁴ la explicación de la falta de correlación entre la escala de puntuación clínica y el score ecográfico de aireación al ingreso pudo ser debida a que las BA más graves suelen comportarse más como una patología esencialmente obstructiva que genera sobredistensión y atrapamiento, que puede verse por radiología convencional pero no ecográficamente, concluyendo que la técnica de la EP-PC tendría un futuro más prometedor en patologías restrictivas del adulto (SDRA, neumonías asociadas a VM) o del neonato (TTRN, SDR).

El estudio prospectivo observacional de Ingelse et al.¹²² tuvo como objetivo describir los hallazgos ecográficos en un grupo de 17 niños sometidos a VM por BA graves como un indicador de medida semicuantitativa de la aireación pulmonar, y estudiar la correlación entre los scores ecográficos seriados con la alteración de la oxigenación, como un marcador de severidad. La alteración de la oxigenación se midió con el ISO (índice de Saturación de O₂ = $[PMA \times FiO_2] / SPO_2 \times 100$). Se midieron dos scores ecográficos distintos, uno de conteo de línea B y otro de aireación pulmonar, teniendo en cuenta los distintos patrones de aireación pulmonar, en los dos casos explorando ocho áreas torácicas totales, cuatro anteriores y cuatro laterales, según la aproximación recomendada en la Conferencia de Consenso Internacional de Ultrasonidos en el Pulmón.⁶⁴ La aireación pulmonar se encontró moderadamente alterada con un patrón antero-lateral homogéneo, empeorando en las primeras 24 horas de VM, para posteriormente mejorar. En esas primeras 24 horas, la falta de aireación pulmonar si se correlacionó de manera moderada con la alteración de la oxigenación, pero no posteriormente, sugiriendo que otros factores distintos a la progresión natural de la enfermedad podrían influenciar en el patrón ecográfico de este grupo tan específico de pacientes. Aunque ellos tampoco pudieron demostrar que los scores ecográficos se relacionaron con el balance hídrico positivo acumulado, ni con la presencia de coinfección bacteriana. Tampoco pudieron correlacionarlos con la duración de la VM.

A la vista de estos dos últimos estudios analizados, podríamos entender, que los hallazgos ecográficos en niños con BA graves sometidos a OAF, VNI o VM en UCIP pueden ser más difíciles de ser interpretados, debido a la presencia de potenciales factores de confusión distintos de la progresión natural de la enfermedad, como son la propia ventilación con presión positiva, la sobrecarga hídrica o la presencia de coinfección bacteriana, que pueden afectar a los patrones ecográficos de estos pacientes superponiéndose a aquellos encontrados en las BA.^{114,122} Además, la BA es una entidad de comportamiento heterogéneo, mezcla de un componente obstructivo y de sobredistensión (IRA tipo II), con un componente restrictivo y de desrecrutamiento alveolar (IRA tipo I), probablemente más acusado cuanto mayor gravedad clínica, haciendo difícil tanto su manejo clínico como su evaluación ecográfica. La presencia de zonas de sobredistensión parcheadas que pudieran ocultar zonas de afectación alveolo-intersticial, infraestimaría los scores ecográficos y por lo tanto la gravedad, ya que las zonas de hiperinsuflación pulmonar no pueden ser diferenciadas de las de un pulmón normalmente aireado mediante EP-PC.

El uso de la EP-PC como una herramienta con potencial de uso para el diagnóstico y manejo de las BA fue descrito por primera vez por Caiulo et al.¹⁰⁷ en 2011, concluyendo que podría ser utilizada como la modalidad de imagen rutinaria en este grupo de pacientes. Estos resultados han sido posteriormente confirmados en estudios sucesivos anteriormente descritos, evaluando la relación entre hallazgos clínicos y ecográficos a través del uso de distintos scores de puntuación, y evaluando la concordancia entre la EP-PC y la radiografía de tórax convencional. También a lo largo de estos últimos 10 años se ha demostrado la utilidad de la EP-PC, fundamentalmente en el Servicio de Urgencias y en casos de BA leves-moderadas, para predecir la necesidad de ingreso o soporte respiratorio, o la duración de estancia hospitalaria u oxigenoterapia. Se ha puesto de manifiesto, por lo tanto, que la EP-PC es una técnica muy fiable, habiendo una buena correlación entre hallazgos ecográficos y clínicos, segura, rápida, y con una gran sensibilidad para encontrar derrame pleural, consolidaciones pequeñas y signos de síndrome intersticial.^{104-107,109-112}

Una de las potenciales limitaciones de la EP-PC en este escenario sería la posibilidad de una importante variabilidad inter-operador en la técnica de exploración del tórax y consecuente adquisición de las imágenes, y de la interpretación de las mismas, ligado a la experiencia y a una curva de aprendizaje, que podría limitar la validez de los resultados

obtenidos en los distintos estudios. Este problema ha sido objeto de estudio como objetivo primario o secundario en muchos de los estudios descritos anteriormente.^{104,110-111,113,116,118,120} La demostración de una gran concordancia inter-observador en la interpretación de imágenes, incluso entre operadores expertos (que practican rutinariamente la técnica) y noveles (que reciben un curso de entrenamiento específico para la participación en el estudio), pone de manifiesto que la EP-PC es una técnica sencilla de hacer y de interpretar con una formación adecuada.

A la vista de estos resultados podemos considerar que la EP-PC se ha abierto ya su propio camino como una herramienta de ayuda diagnóstica y de manejo clínico en las BA, siendo segura, no invasiva, rápida, reproducible, barata y en tiempo real, y que suma la ventaja de poder reducir el número de radiografías convencionales realizadas, y consecuentemente la exposición a radiación ionizante. Sin embargo es necesario seguir llevando a cabo estudios que permitan reproducir los hallazgos hasta ahora encontrados, incluyendo muestras más grandes, estudios multicéntricos, y también más estudios que incluyan pacientes graves y en el ámbito de los cuidados intensivos.

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

La BA puede cursar en algunos niños con apneas y/o fracaso respiratorio hipoxémico, hipercápnico o mixto. En estas situaciones, el soporte respiratorio no invasivo (oxigenoterapia de alto flujo y PEEP no invasiva) puede resultar eficaz, evitando la fatiga muscular y disminuyendo el trabajo respiratorio que supone una menor demanda de energía y una mejor función cardiorrespiratoria. Está claro que el soporte respiratorio no invasivo permite la administración de oxígeno caliente y humidificado. En teoría, además, facilita la mecánica respiratoria y el intercambio de gases al mejorar los flujos inspiratorios y espiratorios del paciente. En definitiva, la mejoría de la función pulmonar debería ser ocasionada por la mejoría de la aireación pulmonar. Sin embargo, no está comprobado esta asociación de la mejoría clínica con la mejoría de los patrones de aireación pulmonar. Tampoco están bien definidos los pacientes que con BA grave se beneficiarían del soporte respiratorio no invasivo.

HIPÓTESIS CONCEPTUAL Y OPERATIVA

En los niños con BA moderadas y graves que ingresan en la UCIP, el soporte respiratorio no invasivo mejora la función pulmonar al mejorar la aireación pulmonar, existiendo una correlación entre la gravedad clínica y el grado de pérdida de la aireación pulmonar. La cuantificación de la aireación pulmonar permitiría establecer factores de éxito o fracaso de la terapia respiratoria no invasiva, así como una monitorización de la misma.

HIPÓTESIS NULA

La mejoría clínica asociada al soporte respiratorio no invasivo no depende del grado de aireación pulmonar conseguido.

OBJETIVOS

El **objetivo principal** de nuestro estudio es cuantificar la evolución de la aireación pulmonar mediante ecografía pulmonar en las BA moderadas y graves tras el inicio de soporte respiratorio no invasivo.

Los **objetivos secundarios** son:

- Analizar la asociación entre el score ecográfico de aireación pulmonar y la escala de gravedad clínica, al ingreso en UCIP y en las primeras horas de soporte respiratorio no invasivo.
- Analizar la asociación entre el score ecográfico de aireación pulmonar con la evolución clínica de las BA.
- Analizar si la aireación pulmonar está más comprometida en los niños más pequeños (< 3 meses) y en los casos de infección por VRS.
- Valorar la capacidad predictiva del score ecográfico de aireación pulmonar al inicio del soporte respiratorio no invasivo con la necesidad de VM.
- Identificar los marcadores clínicos de fracaso de la VNI para detectar precozmente a los pacientes que precisen intubación y VM.
- Describir el patrón ecográfico pulmonar al ingreso en UCIP de las BA moderadas y graves que necesitan soporte respiratorio no invasivo.
- Estudiar la concordancia inter-observador entre los dos investigadores que participan en el estudio en cuanto a los hallazgos ecográficos.

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño del estudio

Este estudio prospectivo observacional se llevó a cabo en la UCIP del Hospital Universitario Ramón y Cajal, en tres periodos epidémicos de BA por VRS: entre noviembre de 2017 y enero de 2018, entre octubre de 2018 y febrero de 2019, y entre noviembre de 2019 y febrero de 2020. La UCIP del Hospital Universitario Ramón y Cajal es una UCIP de tercer nivel, con 550 ingresos anuales, atendiendo todo tipo de pacientes médico-quirúrgicos desde los primeros días de vida hasta los 18 años de edad. Las principales patologías que se atienden son cardiopatías congénitas, patología respiratoria, infecciosa y neurológica.

El estudio recibió la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital. La familia fue siempre previamente informada del estudio y se solicitó el consentimiento informado por escrito firmado por uno de los dos padres (Anexos 1 y 2).

El estudio no supuso ningún cambio en la práctica clínica habitual, ni tampoco supuso ninguna interrupción del manejo clínico del paciente. La EP-PC es una exploración rutinaria en nuestra Unidad por el interés de nuestros pacientes, que se lleva a cabo como una parte más de la evaluación clínica diaria. Las decisiones terapéuticas en cuanto al soporte respiratorio fueron tomadas por el médico responsable del paciente en base a la exploración física y pruebas complementarias.

3.2. Pacientes

El estudio incluyó niños < 2 años que ingresaron en la UCIP con diagnóstico de BA (de acuerdo a la definición de McConnochie, como el primer episodio agudo de dificultad respiratoria con sibilancias y/o crepitantes, precedido por un cuadro catarral de vías altas)¹ y en los que fue necesario iniciar soporte respiratorio no invasivo con OAF o VNI.

La participación en el estudio se les ofreció consecutivamente a todos los niños que ingresaron en UCIP que cumplían criterios, cuando los investigadores estaban disponibles para realizar la exploración ecográfica, sin un proceso randomizado de selección. No se excluyeron pacientes con factores de riesgo de BA complicada como cardiopatía congénita, hipertensión pulmonar, prematuridad, displasia broncopulmonar, neumopatía crónica, fibrosis quística, inmunodeficiencia, anomalías congénitas severas, enfermedad neurológico o metabólica, o edad < 6 semanas de vida.

3.2.1. Criterios de inclusión

- Niños < 2 años con diagnóstico clínico de BA según definición de McConnochie.¹
- BA moderada o grave según puntuación de la escala BROSJOD.
- Ingreso en UCIP para soporte respiratorio avanzado con OAF o VNI.
- Disponibilidad de uno de los dos investigadores para realizar las dos exploraciones ecográficas.

3.2.2. Criterios de exclusión

- Falta de disponibilidad de uno de los dos investigadores para realizar alguna de las dos exploración ecográficas.

3.3. Procedimiento y seguimiento. Variables analizadas.

Los niños fueron examinados una vez ingresados en la UCIP, en el momento de iniciar el soporte respiratorio con OAF o VNI, por uno de los dos investigadores encargados del estudio (primera valoración). El diagnóstico de BA se confirmó según la historia clínica y la exploración física. La escala clínica de gravedad utilizada fue la del Hospital Sant Joan de Deu para la BA (BROSJOD) teniendo en cuenta los siguientes parámetros: sibilancias, tiraje, entrada de airea, SpO₂, FR y FC (Tabla 2), con puntuaciones entre 6 y 10 para las BA moderadas y entre 11 y 16 para las graves. Después de la exploración física se llevo a cabo la exploración ecográfica. La exploración ecográfico englobó la exploración de las regiones antero-laterales y posteriores de cada hemitórax (ver apartado 3.5).

Además de la puntuación de la escala de gravedad se recogieron los siguientes datos de la exploración física: peso, temperatura, FC, FR, SpO₂ y cociente S/F cuando éste se pudo calcular (SatO₂ 90-97%). Y los siguientes datos de la historia clínica del paciente: edad (meses), sexo, días de hospitalización previo al ingreso en UCIP, factores de riesgo para BA complicada, soporte respiratorio previo al ingreso en UCIP con OAF y/o CPAP, motivo principal del ingreso en UCIP (fallo hipercápnico, fallo hipoxémico, pausas de apnea o empeoramiento clínico). Tras el inicio del soporte respiratorio, una vez transcurridos 120-180 minutos, se realizó una segunda valoración clínica y ecográfica, recogiendo en ese momento los siguientes datos de la exploración física: temperatura, FC, FR, SpO₂ e cociente S/F cuando éste se pudo calcular (SatO₂ 90-97%). En ese momento también se recogieron datos del soporte respiratorio usado. Si el soporte respiratorio fue OAF, se recogieron datos de los l/m/kg de flujo usado, FiO₂ y tamaño de la gafas nasales utilizadas. Si el soporte respiratorio fue VNI, se recogieron datos de la interfase utilizada (nasal o *total-face*), el modo de VNI (PC o PS) y los parámetros del respirador (FiO₂, PEEP, PS/PC sobre PEEP y FR si se estaba usando la modalidad de PC).

Se consideró fracaso de la VNI la necesidad de intubación y VM en cualquier momento después de haberse iniciado el soporte respiratorio con VNI.

Además se recogieron datos microbiológicos, como el resultado de la PCR para 16 virus respiratorios en frotis nasofaríngeo (VRS, metaneumovirus, virus parainfluenza 1-4, virus influenza A y B, bocavirus, adenovirus, enterovirus, rinovirus y coronavirus 229E, OC43, NL63 y HKU12), que se realizó en todos los pacientes al ingreso, y la presencia de coinfección bacteriana en hemocultivo y/o aspirado bronquial en los casos que se llevó a cabo la toma de estas muestras, en los pacientes que requirieron intubación y VM.

Los pacientes fueron seguidos durante todo su ingreso en UCIP y hasta el alta a domicilio, y se recogieron datos de horas de VNI, horas de VM, días de ingreso en UCIP y días totales de hospitalización en Planta hasta el alta definitiva.

Las variables analizadas incluyeron:

- Edad
- Peso
- Sexo
- Factores de riesgo para BA grave (edad < 6 semanas y antecedente de prematuridad)
- Infección por VRS
- Infección por VRS en coinfección con otro/s virus
- Días de hospitalización previos al ingreso en UCIP
- Soporte respiratorio previo al ingreso en UCIP
- Motivo de ingreso en UCIP
- Soporte respiratorio al ingreso en UCIP

- Puntuación de la escala clínica de gravedad (BROSJOD) en la primera y segunda valoración
- Variables clínicas (FR, FC, SpO2) en la primera y segunda valoración
- Puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar (total, antero-lateral y posterior) en la primera y segunda valoración
- Patrones ecográficos
- Modalidad de VNI
- Tipo de interfase
- FiO2 en la primera y segunda valoración
- PEEP y PC/PS tras iniciar soporte respiratorio
- Duración de VNI
- Necesidad de VM
- Duración de VM
- Días de hospitalización total
- Días de ingreso en UCIP

3.4. Estrategia ventilatoria

En los pacientes en los que usó soporte respiratorio con OAF, se usó el sistema Vapotherm Precision Flow (Vapotherm, Exeter, EE.UU), con circuito desechable *high flow* que permite un flujo de 5 a 40 l/m. Según el tamaño del niño se usó las distintas interfases nasales:

- Tamaño lactante intermedio: 1-8 l/m.
- Tamaño pediátrico pequeño: 1-20 l/m.
- Tamaño adulto pequeño/pediátrico: 5-40 l/m.

En < 1 año se administró flujo a 2 l/m/kg, y en > 1 año a 1 l/m/kg (Anexo 3).

En los pacientes en los que se inició VNI, se utilizó el respirador Servo i (Maquet®) con módulo específico de ventilación no invasiva pediátrica, usando por lo tanto un sistema de doble tubuladura. Se emplearon dos tipos de interfases, las mascarillas nasales Miniflow® (Medin®) y las mascarillas *total-face* PerforMax® (Respironics®), en este último caso utilizando el codo estándar para el sistema de doble tubuladura. Durante la primera fase del estudio se utilizó preferentemente la interfase nasal, y durante la segunda y la tercera parte la *total-face*, al contar la Unidad con el material y la experiencia necesaria para ello (Anexo 4).

El soporte respiratorio con VNI se inició siguiendo el protocolo de la Unidad, acorde con las recomendaciones del Grupo de Respiratorio de la Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos.^{28,29} Se usó la modalidad de VNI en función del criterio médico del médico responsable del paciente en cada momento de la exploración, pudiendo ser un intensivista diferente a los dos investigadores implicados en el estudio. La PEEP osciló entre 5-8 cmH20, aumentándose para mejorar el reclutamiento alveolar y la oxigenación, la PS/PC sobre la PEEP osciló entre 2-12 cmH20, aumentándose con el objetivo de conseguir un VC entre 7-10 ml/kg, mejorar el trabajo respiratorio o disminuir la hipercapnia, y la FiO2 osciló entre 40-90%. En todos los pacientes se usó VNI tipo BLPAP por la gravedad clínica y/o fracaso previo de otras terapias de soporte respiratorio con OAF y/o CPAP, motivo del traslado de estos pacientes a nuestra Unidad, desde la Planta de Hospitalización o desde el Servicio de Urgencias de nuestro propio Hospital o de Hospitales periféricos.

3.5. Exploración ecográfica pulmonar clínica

Una vez en la UCIP, inmediatamente tras el inicio del soporte respiratorio, y sólo estando el paciente tranquilo y acoplado al respirador (en algunos casos fue necesario la administración de un bolo de sedación con midazolam 0.1 mg/kg o dexmedetomidina 1 µ/kg), se llevó a cabo la primera exploración clínica y ecográfica.

En ningún caso la exploración ecográfica supuso una interrupción del manejo clínico del los pacientes.

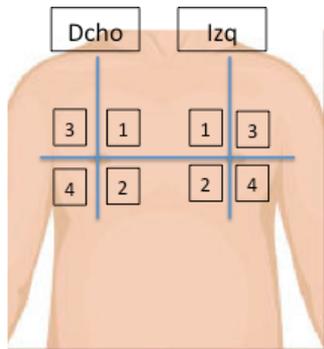
Dos investigadores distintos fueron los encargados de llevar a cabo la exploración ecográfica, grabación de las imágenes y posterior interpretación de las mismas. Ambos eran intensivistas pediátricos con una amplia experiencia en EP-PC (> 10 años), certificados internacionalmente en Ecografía Pulmonar (LUS BL 1P) por WINFOCUS (World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound), utilizando esta herramienta diagnóstica en su práctica clínica diaria y habiéndose formado juntos en esta disciplina. Para que la interpretación de las imágenes fuera lo más homogénea posible, en varias ocasiones a lo largo del estudio se reunieron para repasar los criterios diagnósticos de cada patrón ecográfico.

Se utilizó un ecógrafo portátil SonoSite® Edge II total (FUJIFILM SonoSite, Inc) equipado con una sonda de exploración lineal de alta frecuencia SonoSite L25x/13-6 Mhz (Anexo 5). La exploración se llevó a cabo en modo bidimensional, obteniendo imágenes en modo longitudinal, colocando la sonda transversalmente sobre las costillas en los 10 cuadrantes de exploración de cada hemitórax, moviendo la sonda cráneo-caudalmente y medio-lateralmente para explorar toda la zona englobada en cada cuadrante de exploración. La exploración ecográfica se llevó a cabo en el modo de examen pulmonar disponible con el software del equipo, con una profundidad entre 4-6 cm, grabándose vídeos en modo retrospectivo de 6 segundos de duración. Todas las imágenes se archivaron en soporte digital para su posterior análisis.

La exploración ecográfica se llevó a cabo con el paciente en decúbito supino para la exploración de las zonas anteriores y laterales, y en decúbito lateral derecho o izquierdo para la exploración de las partes posteriores.

En todos los casos fue factible llevar a cabo de forma segura la exploración ecográfica independientemente de la situación clínica, pudiendo realizarse la exploración completa de los 20 cuadrantes en menos de 5 minutos.

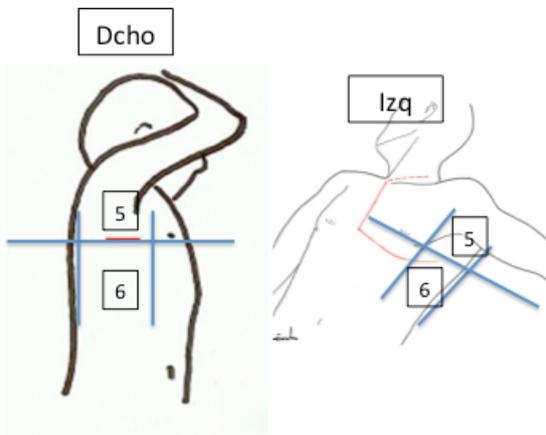
El protocolo de adquisición de imágenes incluyó la evaluación de diez cuadrantes en cada hemitórax (número total de videos por pacientes: 20). Cuatro cuadrantes en la región anterior, delimitada por el esternón, la línea medio-clavicular, la línea axilar anterior y la mamila; dos cuadrantes en la región lateral, delimitada por las líneas axilares anterior y posterior y la mamila; y cuatro cuadrantes en la región posterior, delimitada por la línea axilar posterior, la columna vertebral, la línea medial de la escápula y el borde inferior de la escápula.



Líneas de división del hemitórax anterior:

- Esternón
- Línea medio-clavicular
- Línea axilar anterior
- Mamila

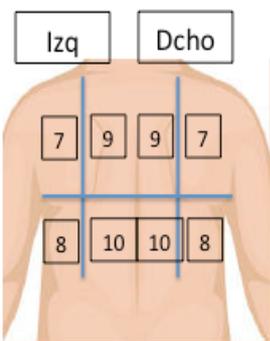
Figura 2. Cuadrantes de exploración ecográfica en el hemitórax anterior.



Líneas de división del hemitórax lateral:

- Línea axilar anterior
- Línea axilar posterior
- Mamila

Figura 3. Cuadrantes de exploración ecográfica en el hemitórax lateral.



Líneas de división del hemitórax posterior:

- Columna vertebral
- Línea medial de la escápula
- Línea axilar posterior
- Borde inferior de la escápula

Figura 4. Cuadrantes de exploración ecográfica en el hemitórax posterior.

Se decidió adoptar para el estudio este protocolo de evaluación de la aireación pulmonar dividiendo cada hemitórax en 10 cuadrantes porque es el que se utiliza en la Unidad en la exploración ecográfica rutinaria del pulmón, considerando que una mayor subdivisión de zonas de cada hemitórax permite una exploración más detallada.

Los hallazgos ecográficos que se valoraron fueron el deslizamiento pleural, las características de la línea pleural, la presencia de líneas A, la presencia de líneas B y su confluencia, la presencia de consolidaciones y de derrame pleural.

El deslizamiento pleural se observa ecográficamente como la línea pleural moviéndose en su propio eje, e indica que ambas pleuras, parietal y visceral, están adheridas entre sí, descartando la existencia de líquido o aire entre ellas.

Las líneas A son los artefactos de reflexión y reverberación que se obtienen por la imposibilidad total de que el haz de ultrasonidos atraviese la pleural dada la alta impedancia acústica existente entre los tejidos del tórax y el pulmón aireado. Son líneas horizontales, hiperecogénicas, similares a la línea pleural, que se repiten de forma paralela y múltiple de la distancia con la línea pleural verdadera hasta el final de la pantalla, atenuándose su hiperecogenicidad a medida que son más profundas y carecen de movimiento.

Las líneas B son líneas perpendiculares a la pleura, que se originan en ella, hiperecogénicas, bien definidas, que alcanzan el final de la pantalla y borran las líneas A y se mueven con el deslizamiento del pulmón. Las líneas B proyectan las alteraciones de la pleural y primeras capas parenquimatosas del pulmón que alteran la eco-reflexión característica de la interfase acústica pleural. Se producen, por lo tanto, en caso de ocupación del intersticio por edema o fibrosis.

A medida que la ocupación del intersticio se va haciendo mayor, el número de líneas B se va incremento (síndrome intersticial leve), llegando un momento en el que no pueden contarse de manera individual y se compactan, dando la apariencia ecográfica de pulmón blanco, expresión de una afectación intersticial moderada-grave.

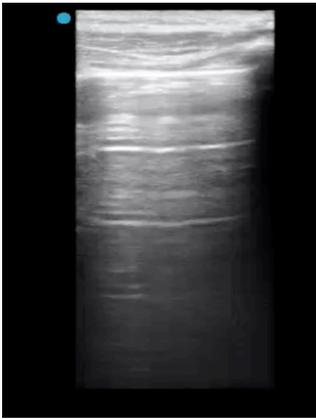
Cuando el alveolo pierde por completo su aireación por ocupación líquida, semi-sólida o sólida, la caída en la diferencia acústica de las interfases permite el paso del haz de ultrasonidos, formándose entonces una imagen real de consolidación o hepatización pulmonar (síndrome alveolar).

Los patrones ecográficos en los que se dividió el score ecográfico de aireación pulmonar con sus puntuaciones correspondientes se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5. Patrones ecográficos: descripción de los hallazgos y puntuación asignada para el cálculo del score ecográfico de aireación pulmonar.

	Hallazgo ecográfico	Puntuación
A1	Sólo líneas A	0
A2	Líneas A y ≤ 3 líneas B por espacio intercostal +/- irregularidad de la línea pleural	0
B1	> 3 líneas B por espacio intercostal bien definidas, sin consolidación	1
B2	Pequeña consolidación subpleural con línea B subyacente más o menos gruesa	2
B3	Líneas B coalescentes que no pueden contarse: pulmón blanco	3
C1	Pulmón blanco y consolidación	4
C2	Consolidación	5
NV	No valorable	0

Las imágenes ecográficas de cada hallazgo valorado en el estudio son:



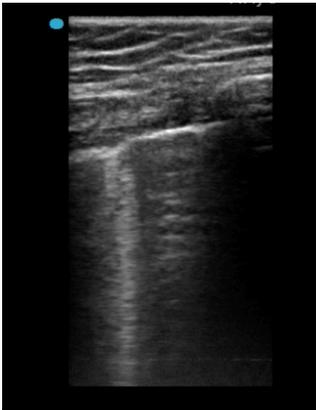
Figuras 5A y 5B. **A:** ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón A1. Sólo líneas A. **B:** esquema de patrón ecográfico A1.



Figuras 6A y 6B. **A:** ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón A2. Líneas A y ≤ 3 líneas B por espacio intercostal +/- irregularidad de la línea pleural. **B:** esquema de patrón ecográfico B2.



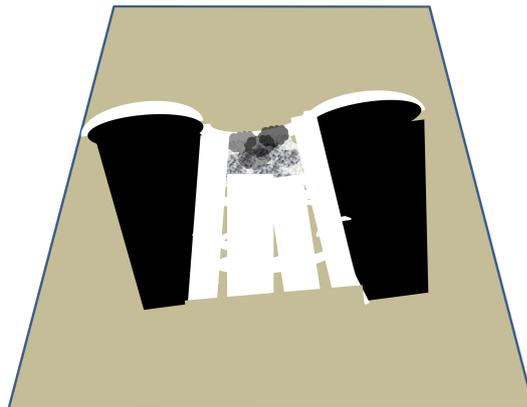
Figuras 7A y 7B. **A:** ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón B1. > 3 líneas B por espacio intercostal bien definidas, sin consolidación. **B:** esquema de patrón ecográfico B1.



Figuras 8A y 8B. A: ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón B2. Pequeña consolidación subpleural con línea B subyacente más o menos ancha. B: esquema de patrón ecográfico B2.



Figuras 9A y 9B. A: ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón B3. Líneas B coalescentes que no pueden contarse: pulmón blanco. B: esquema de patrón ecográfico B3.



Figuras 10A y 10B. A: ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón C1. Pulmón blanco y consolidación. B: esquema de patrón ecográfico C1.



Figuras 11A y 11B. A: Ecografía pulmonar en modo bidimensional con una patrón C2. Consolidación. B: esquema de patrón ecográfico C2.

Para cada cuadrante de interés se asignó el patrón ecográfico de peor aireación pulmonar cuando se encontraron distintos hallazgos coexistiendo. El score ecográfico de aireación pulmonar global se calculó con la suma de las puntuaciones de cada cuadrante individual. Así la puntuación máxima posible fue 100 (rango 0-100).

Además, para facilitar la comparación entre grupos de algunas de las variables que se analizaron, se llevó a cabo un categorización de los pacientes en cuatro grupos, asignándoles un patrón de gravedad ecográfica y el rango de puntuación del score ecográfico global correspondiente (Tabla 6).

Tabla 6. Patrones ecográficos de los pacientes según puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar.

Patrón ecográfico	Puntuación del score de aireación pulmonar
Normal	0-9
Síndrome intersticial leve	10-19
Síndrome intersticial moderado	20-30
Síndrome intersticial severo/alveolar	≥ 31

El patrón normal incluyó a los pacientes con:

- 1 solo cuadrante afectado, independientemente del patrón ecográfico.

El patrón de síndrome intersticial leve incluyó a los pacientes con:

2. 1-3 cuadrantes afectados con patrón B3-C1 +/- C2 (independientemente del número de los otros cuadrantes afectados).

El patrón de síndrome intersticial moderado incluyó a los pacientes con:

3. 4-6 cuadrantes con patrón B3/C1 +/- C2 (independientemente del número de los otros cuadrantes afectados).
4. 7 cuadrantes con patrón B3/C1 y además < 2 cuadrantes con patrón B2.

El patrón de síndrome intersticial severo/alveolar incluyó pacientes con:

- ≥ 7 cuadrantes con patrón B3/C1+/- C2 (siempre habiendo al menos 1 cuadrante C2).
- ≥ 7 cuadrantes con patrón B3/C1 y además ≥ 2 cuadrantes con patrón B2.
- ≥ 10 cuadrantes con patrón B3/C1 (independientemente del número de los otros cuadrantes afectados).

El investigador que obtuvo por primera vez las imágenes fue también el encargado de obtener la puntuación de la escala de gravedad en el momento de la exploración. Con el objetivo de investigar la concordancia inter-observador, los dos investigadores participantes, una vez acabado el estudio, revisaron de forma independiente todas las imágenes adquiridas, sin conocer en el momento de la revisión la historia o situación clínica del paciente.

3.7. Análisis estadístico

El tamaño de la muestra de este estudio se basó en el número de pacientes elegibles que ingresaron en la UCIP durante los distintos periodos de estudio.

Se realizó un análisis descriptivo de todas las variables recogidas. Las variables cuantitativas se describieron como media (+/- desviación estándar, DS) y/o mediana (y rango intercuartílico, RIQ) si los datos no estaban normalmente distribuidos. Las variables cualitativas se presentaron en frecuencias absolutas y porcentajes.

Se utilizó el coeficiente de Spearman para el análisis de correlación entre variables. Para la interpretación de los resultados, se consideró la fuerza de la correlación como: mínima entre 0,0-0,2, baja entre 0,2-0,4, moderada entre 0,4-0,6, buena entre 0,6-0,8 y muy buena entre 0,8-1,0.

Se utilizó la prueba de t de Student para comparar las variables cuantitativas entre grupos, y el test de X2 para comparar las variables cualitativas.

Un análisis de regresión lineal múltiple por pasos hacia atrás se llevó a cabo para determinar el efecto en los días de ingreso en UCIP, los días de hospitalización total y las horas de VNI (variables dependientes) de variables con significación estadística ($p < 0.120$). Los resultados se expresaron como odds ratio con IC 95%.

Un análisis de regresión logística múltiple se llevó a cabo para determinar el efecto en la necesidad de VM (variable dependiente) de variables que resultaron en el análisis univariante significativamente distintas entre los grupos de fracaso y éxito de la VNI ($p < 0.120$). Los resultados se expresaron como odds ratio con IC 95%.

Para valorar la concordancia de las medias de la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar entre los dos investigadores participantes en el estudio, se utilizó el coeficiente de correlación intraclase. La fiabilidad de la concordancia se consideró como fiabilidad baja $< 0,4$, fiabilidad entre regular y buena entre 0,4 y 0,75 y excelente $> 0,75$.

Para valorar el grado de concordancia de las mediciones de la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar entre los dos investigadores participantes en el estudio, se utilizó el coeficiente Tau b de Kendall. La fiabilidad de la concordancia se consideró como poco fiable $< 0,50$, moderada entre 0,5 y 0,75, buena entre 0,75 y 0,9 y excelente $> 0,9$.

Para valorar el grado de concordancia de los distintos patrones ecográficos entre los dos investigadores participantes en el estudio, se utilizó el coeficiente kappa de Cohen. La fiabilidad de la concordancia se consideró como poco fiable $< 0,40$, moderada entre 0,4 y 0,6, buena entre 0,6 y 0,8, y muy buena $> 0,8$, según los límites propuestos por Landis y

Koch para el grado de acuerdo.

Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0,05$.

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS (IBM SPSS Statistics V21 MacOSX).

RESULTADOS

Descripción general de la muestra:

Se incluyeron un total de 36 pacientes con BA moderadas-graves según escala de BROSJOD, con una mediana de edad de 2,50 meses (2-7,50) y un peso medio de 6,47 kg (+/- 2,25). Diecinueve pacientes (52,8%) fueron de sexo masculino y 17 de sexo femenino.

Diez pacientes (27,7%) tuvieron algún factor de riesgo de BA complicada. Cuatro (11,2%) tenían antecedente personal de prematuridad (entre 32 SEG y 36+6 SEG) y los otros 6 (16,7%) eran lactantes menores de 6 semanas al ingreso en UCIP.

En 28 pacientes (77,8%) se detectó VRS en la PCR de muestra nasofaríngea que se tomó al ingreso, en 8 de ellos en coinfección con otra agente viral y/o bacteria atípica; en 6 (16,6%), otro agente viral distinto al VRS, y en 2 pacientes (5,5%) el resultado de la PCR fue negativo. En 8 pacientes (22,2%), todos ellos pacientes que precisaron intubación y VM, se identificó una coinfección bacteriana aislándose al menos una bacteria en el cultivo de aspirado traqueal (Tabla 8).

Por escala de gravedad, al ingreso en UCIP 25 pacientes (69,4%) tuvieron una BA moderada (mediana 8, RIQ 7-10) y 11 (30,6%) una BA grave (mediana 11, RIQ 11-12). La mediana de puntuación de la escala de gravedad BROSJOD para todos los pacientes fue de 10 (RIQ 7-11). En el subgrupo de pacientes < 3 meses (18 pacientes), hubo 13 BA moderadas, 5 BA graves y la mediana de puntuación de la escala de gravedad para el total fue de 7.

El motivo de ingreso en UCIP mayoritario fue empeoramiento clínico (61,1%), seguido de hipercapnia (22,22%), pausas de pnea (11,11%) y fallo hipoxémico (5,6%).

En cuanto al soporte respiratorio recibido previo a su ingreso en UCIP (en el Servicio de Urgencias o en Planta de Hospitalización), 8 pacientes (22,2%) habían recibido oxigenoterapia convencional, 17 (47,25%) OAF, 10 (27,8%) OAF y CPAP, y sólo CPAP 1 paciente (2,8%).

En 4 pacientes (11,1%) el soporte respiratorio tras ingresar en UCIP fue con OAF, 3 de ellos pacientes en los que no se había probado previamente ningún soporte respiratorio distinto de la oxigenoterapia convencional, y 1 que había recibido previamente OAF. Dos de ellos finalmente necesitaron escalada del soporte respiratorio. En los restantes 32 pacientes (88,8%) el soporte respiratorio al ingreso en UCIP fue con VNI modo BLPAP, bien por la situación clínica de gravedad, o porque había fracasado previamente el soporte respiratorio con OAF y/o CPAP. Los pacientes en los que había fracasado el OAF y/o CPAP provenían todos del Servicio de Urgencias o de la Planta de Hospitalización de otros Hospitales de la Red Asistencial de Madrid carentes de UCIP. La media de días de hospitalización previos al ingreso en UCIP fue de 1,25 (+/-1,131).

En cuanto a la necesidad de soporte respiratorio, 2 pacientes (5,6%) recibieron sólo OAF, 34 (94,4%) recibieron VNI y de éstos 11 (30,5%) precisaron intubación y VM. La duración en mediana del soporte respiratorio fue: para OAF 45 horas (28-63), para VNI 52,50 horas (34,50-87) y para VM 216 horas (180-380).

En cuanto a la duración de la hospitalización, la mediana de estancia en UCIP fue de 6 días (5-11,75) y la de hospitalización total (antes, durante y después de la UCIP) de 10 días (7-18).

Tabla 7. Características generales, clínicas, del soporte respiratorio y de la evolución de los pacientes incluidos en el estudio.

Características generales		
Edad (meses), media (DS)		4,53 (+/-4,21)
Edad (meses), mediana (RIQ)		2,50 (2-7,50)
Peso (kg), media (DS)		6,47 (+/-2,25)
Peso (kg.), mediana (RIQ)		6 (5-8)
Sexo, masculino		19 (52,8%)
Sexo, femenino		17 (47,2%)
Edad < 6 semanas		6 (16,7%)
Historia de prematuridad		4 (11,2%)
VRS en PCR		28 (77,8%)
Día hospitalización previos a UCIP, media (DS)		1,25 (+/-1,131)
Puntuación de la de escala de gravedad-BROSJOD al ingreso en UCIP		
Total casos, mediana (RIQ)		10 (7-11)
Moderada	Total pacientes	25 (69,4%)
	Puntuación (mediana)	8 (7-10)
Grave	Total pacientes	11 (30,6%)
	Puntuación (mediana)	11 (11-12)
Motivo de ingreso en UCIP		
Empeoramiento clínico		22 (61,1%)
Hipercapnia		8 (22,22%)
Pausas de apnea		4 (11,11%)
Hipoxemia		2 (5,6%)
Soporte respiratorio previo al ingreso en UCIP		
Oxigenoterapia convencional		8 (22,2%)
OAF		17 (47,25%)
OAF y CPAP		10 (27,8%)
CPAP		1 (2,8%)
Soporte respiratorio al ingreso en UCIP		
OAF		4 (11,1%)
VNI (BLPAP)		32 (88,9%)
Puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar al ingreso en UCIP		
Mediana (RIQ)		23,50 (14,25-32)
Evolución		
Necesidad de VM		11 (30,5%)
Duración total de soporte respiratorio		
VNI (n= 34) (horas)	Media (DS)	62,18 (+/- 44,39)
	Mediana (RIQ)	52,50 (34,50-87)
VM (n=10) (horas)	Media (DS)	251, 27 (+/- 104,98)
	Mediana (RIQ)	216 (180-380)
Duración total de hospitalización		
UCIP (días)	Media (DS)	9,28 (+/- 6,12)
	Mediana (RIQ)	6 (5-11,75)
Hospitalización (días)	Media (DS)	13,53 (+/- 8,21)
	Mediana (RIQ)	10 (7-18)

Las variables están expresadas en frecuencia (porcentaje), media (+/- desviación estándar, SD) o mediana (RIQ-rango intercuartílico). VRS: virus respiratorio sincitial; PCR: reacción en cadena de polimerasa; UCIP: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos; OAF: oxígeno de alto flujo; CPAP: presión positiva continua sobre la vía aérea; VNI: ventilación no invasiva; BLPAP: presión positiva de dos niveles sobre la vía aérea ; VM: ventilación mecánica.

Tabla 8. Características microbiológicas de los pacientes incluidos en el estudio según resultado de la reacción en cadena de polimerasa tomada en muestra nasofaríngea, y coinfección bacteriana detectada en aspirado traqueal de pacientes sometidos a ventilación mecánica.

Microbiología	Muestra
Sólo VRS	20 (74,1%)
VRS en coinfección	8 (22,4%)
• Adenovirus	1 (2,8%)
• Rinovirus	3 (8,4%)
• Bocavirus	1 (2,8%)
• Coronavirus 229E	1 (2,8%)
• <i>Clamidia pneumoniae</i>	1 (2,8%)
• Influenza A	1 (2,8%)
Otros virus (Rinovirus, bocavirus, coronavirus NL63, virus influenza B, parainfluenza B)	6 (16,6%)
PCR negativa	2 (5,5%)
Coinfección bacteriana (aspirado traqueal)	8 (22,2%)

VRS: virus respiratorio sincitial; PCR: reacción en cadena de polimerasa.

Relación entre el score ecográfico de aireación pulmonar y la escala de gravedad clínica:

En la primera evaluación ecográfica, al ingreso en UCIP, la mediana de la puntuación global del score de aireación pulmonar fue de 23,50 (14,25-32). Teniendo en cuenta sólo las regiones antero-laterales (cuadrantes 1-6), la mediana de puntuación fue 9 (5-12) y de las regiones posteriores (cuadrantes 7-10) la mediana fue 13,50 (8,25-20,75). En la segunda evaluación ecográfica, tras el inicio del soporte respiratorio, la mediana de la puntuación global del score de aireación pulmonar fue de 28 (20-37,5). Teniendo en cuenta sólo las regiones antero-laterales (cuadrantes 1-6), la mediana de puntuación fue 10,5 (4,25-13,75) y de las regiones posteriores (cuadrantes 7-10) la mediana fue 16 (11-22,25) (Tabla 9). Encontramos un aumento significativo en la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total y posterior ($p=0,019$ y $0,010$ respectivamente) a pesar del inicio del soporte respiratorio (Tabla 10).

Clasificando a los pacientes en grupos según la gravedad del patrón ecográfico, 3 (8,3%) se asignaron al grupo de patrón normal (puntuación total del score ecográfico de aireación pulmonar entre 0 y 9), 12 (33,3%) al grupo de patrón de síndrome intersticial leve (puntuación total del score ecográfico de aireación pulmonar entre 10 y 19), 11 (30,5%) al patrón de síndrome intersticial moderado (puntuación total del score ecográfico de aireación pulmonar entre 20 y 30) y 10 (27,7%) al patrón de síndrome intersticial severo/alveolar (puntuación total del score ecográfico de aireación pulmonar > 30 puntos) (Tabla 11).

Tabla 9. Puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar global y por regiones al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y tras haberse instaurado soporte respiratorio.

	Puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar			
	Mediana (RIQ)		Media (+/-DS)	
	Total		Total	
	Antero-lateral	Posterior	Antero-lateral	Posterior
Primera valoración	23,50 (14,25-32) 9 (5-12)	13,5 (8,25-20,75)	24,14 (+/-12,52) 8,83 (+/- 5,06)	14,83 (+/- 9,30)
Segunda valoración	28 (20-37,5) 10,5 (4,25-13,75)	16 (11-22,25)	27,11 (+/- 12) 9,69 (+/- 6,45)	16,72 (+/-8)

Las variables están expresada en mediana (RIQ-rango intercuartílico) y media (+/-desviación estándar, SD).

Tabla 10. Prueba t de Student para muestras relacionadas entre la puntuación del score de aireación pulmonar al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y tras el inicio del soporte respiratorio.

	Diferencias relacionadas					T	gl	Sig. (bilat)
	Media	DS	Error típico de la media	95% IC para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Score ecográfico total 1 ^a val. - score ecográfico total 2 ^a val.	-2,972	7,256	1,209	-5,427	-,517	-2,458	35	,019
Score ecográfico ant-lat 1 ^a val. - score ecográfico ant-lat 2 ^a val.	-,861	5,061	,843	-2,573	,851	-1,021	35	,314
Score ecográfico post 1 ^a val. - score ecográfico post 2 ^a val.	-1,889	4,153	,692	-3,294	-,484	-2,729	35	0,10

Tabla 11. Clasificación de los pacientes según patrón de gravedad ecográfica, y rango de puntuación del score ecográfico global asignado a cada grupo (0-100).

Patrón ecográfico	Número de pacientes (n=36)	Puntuación score de aireación pulmonar
Normal	3 (8,3%)	0-9
Síndrome intersticial leve	12 (33,3%)	10-19
Síndrome intersticial moderado	11 (30,5%)	20-30
Síndrome intersticial severo/alveolar	10 (27,7%)	≥ 31

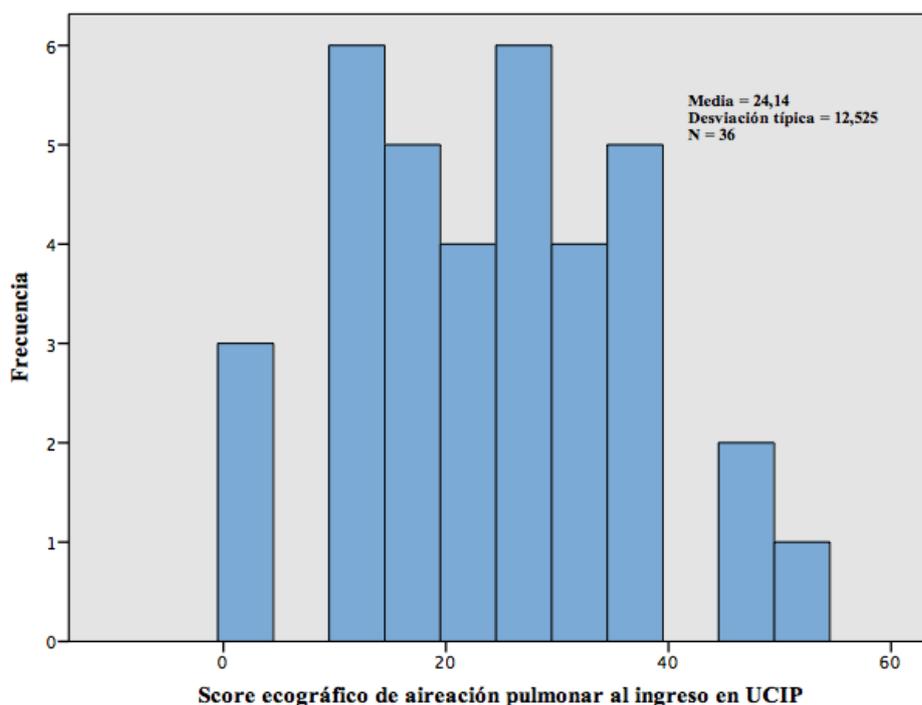


Figura 12. Histograma de las frecuencias de la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

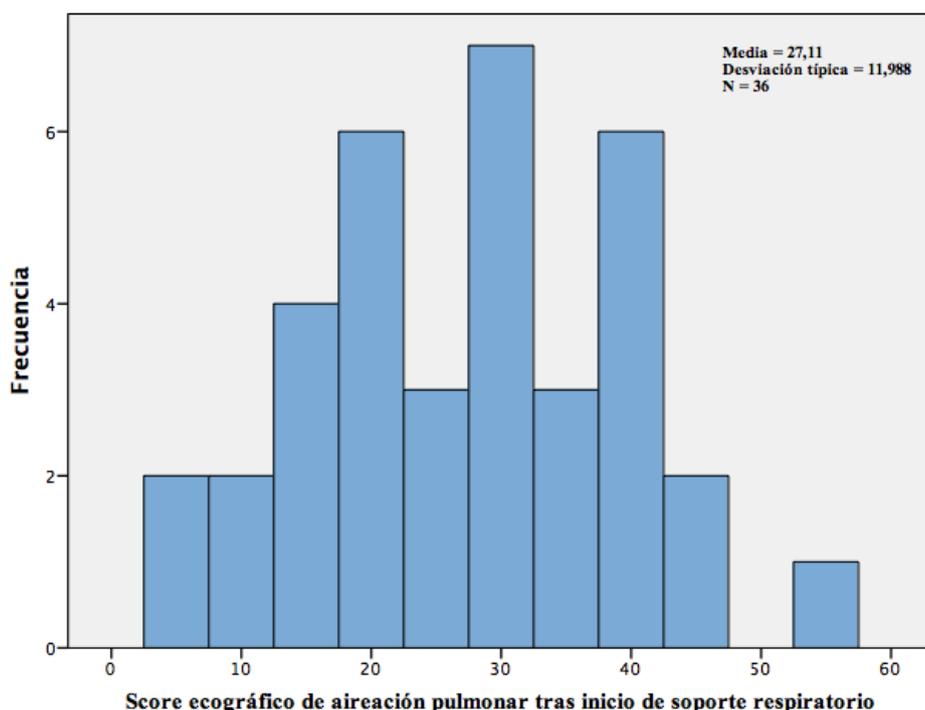


Figura 13. Histograma de las frecuencias de la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar a los 120-180 min. de iniciado el soporte respiratorio.

No encontramos ninguna correlación entre la puntuación de la escala de gravedad y la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar (total, antero-lateral y posterior), ni en la primera valoración al ingreso en UCIP, ni en la segunda valoración tras el inicio del soporte respiratorio (Tablas 12 y 13, y Figuras 14 y 15).

Tabla 12. Coeficientes de correlación de Spearman entre la puntuación de la escala de gravedad y la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

			Puntuación score pulmonar total	Puntuación score pulmonar antero-lateral	Puntuación score pulmonar posterior
Rho Spearman	Puntuación escala gravedad (1ª val.)	Coeficiente correlación	-,219	-,312	-,190
		Sig. (bilateral)	,200	,064	,267

Tabla 13. Coeficientes de correlación de Spearman entre la puntuación de la escala de gravedad y la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar tras el inicio del soporte respiratorio.

			Puntuación score pulmonar total	Puntuación score pulmonar antero-lateral	Puntuación score pulmonar posterior
Rho Spearman	Puntuación escala gravedad (2ª val.)	Coeficiente correlación	-,042	-,045	-,086
		Sig. (bilateral)	,809	,795	,618

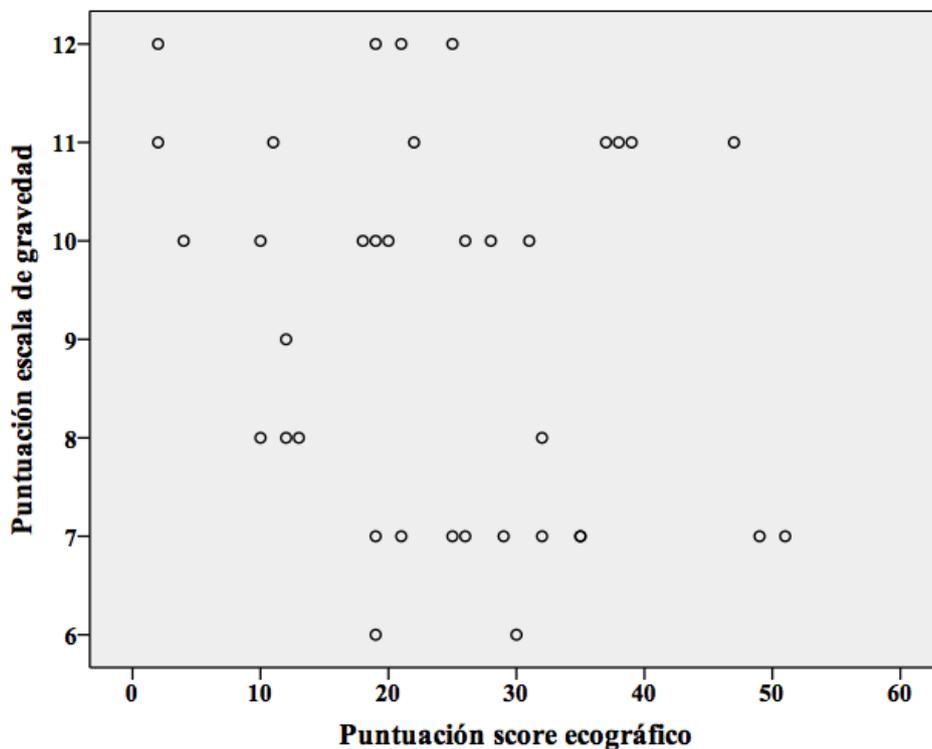


Figura 14. Diagrama de dispersión de las variables puntuación de la escala de gravedad y puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

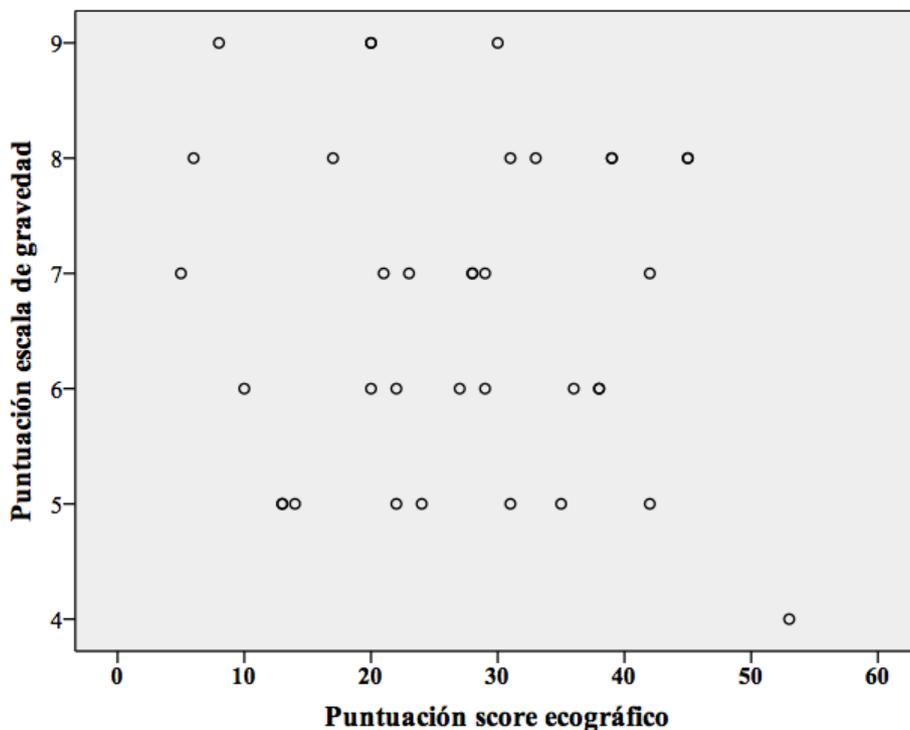


Figura 15. Diagrama de dispersión de las variables puntuación de la escala de gravedad y puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar tras el inicio del soporte respiratorio.

Correlacionando las variables clínicas (FC, FR, SpO2) con la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar (total, antero-lateral y posterior) al ingreso en UCIP y tras el inicio de soporte respiratorio, sólo encontramos una fuerza de correlación baja (0,21) entre la FC y la

puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total y antero-lateral en la segunda valoración (Tablas 14 y 15).

Tabla 14. Coeficientes de correlación de Spearman entre las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar y las variables clínicas al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

			FC	FR	SpO2
Rho Spearman	Puntuación score pulmonar total (1ª val.)	Coefficiente correlación	-,241	-,108	-,085
		Sig. (bilateral)	,156	,530	,621
Rho Spearman	Puntuación score pulmonar antero-lateral (1ª val.)	Coefficiente correlación	-,217	-,248	-,180
		Sig. (bilateral)	,203	,145	,294
Rho Spearman	Puntuación score pulmonar posterior (1ª val.)	Coefficiente correlación	-,249	-,070	-,080
		Sig. (bilateral)	,143	,687	,644

FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; SpO2; saturación de oxígeno en sangre.

Tabla 15. Coeficientes de correlación de Spearman entre las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar y las variables clínicas tras el inicio del soporte respiratorio.

			FC	FR	SpO2
Rho Spearman	Puntuación score pulmonar total (2ª val.)	Coefficiente correlación	,210	,112	-,071
		Sig. (bilateral)	,218	,514	,682
Rho Spearman	Puntuación score pulmonar antero-lateral (2ª val.)	Coefficiente correlación	,210	,060	-,206
		Sig. (bilateral)	,220	,728	,227
Rho Spearman	Puntuación score pulmonar posterior (2ª val.)	Coefficiente correlación	,107	,022	,020
		Sig. (bilateral)	,536	,899	,908

FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; SpO2; saturación de oxígeno en sangre.

Comparando el score de aireación pulmonar clasificado según patrones de gravedad (normal, SI leve, SI moderado-severo y consolidación) con la puntuación de la escala de gravedad clínica y las variables clínicas de FC, FR, SpO2 al ingreso en UCIP, no encontramos diferencias significativas entre los distintos grupos ($p=0,284$; $p=0,296$; $p=0,870$ y $p=0,795$ respectivamente).

El grado de correlación entre la puntuación del score ecográfico de aireación total y posterior, y los días de hospitalización previos al ingreso en UCIP fue moderado (0,44 y 0,41 respectivamente) (Tabla 16).

Tabla 16. Coeficientes de correlación de Spearman entre las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar total y posterior y los días de hospitalización previos al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

			Puntuación score pulmonar total	Puntuación score pulmonar posterior
Rho Spearman	Días de hospitalización previos	Coefficiente correlación	0,444	0,412
		Sig. (bilateral)	0,007	0,013

Relación del score ecográfico de aireación pulmonar con la evolución clínica:

En el análisis univariante, la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar al ingreso

en UCIP no tuvo relación con los días de ingreso en UCIP, días de hospitalización total ni horas de VNI ($p=0,830$, odds ratio [OR]=-0,317; IC del 95%, -3,300-2,667; $p=0,576$, odds ratio [OR]=0,617; IC del 95%, 1,612-2,847; y $p=0,468$, odds ratio [OR]=0,038; IC del 95%, -0,067-0,143). Tampoco la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar tras el inicio del soporte respiratorio ($p=0,808$, odds ratio [OR]=0,0338; IC del 95%, -2,476-3,152; $p=0,841$ odds ratio [OR]=0,209; IC del 95%, -1,894-2,312; y $p=0,328$, odds ratio [OR]=0,048; IC del 95%, -0,051-0,147).

En el análisis multivariante, para estudiar el efecto de distintas variables en la estancia en UCIP (variable dependiente “días de ingreso en UCIP”), incluyendo edad, sexo, peso, motivo de ingreso, factores de riesgo, uso de CPAP previa, puntuación de la escala de gravedad y puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total, posterior y antero-lateral de la primera valoración, al ingreso en UCIP, sólo quedó con significación estadística el score ecográfico de aireación pulmonar total ($p=0,038$) y al límite de la significación estadística el peso ($p=0,065$) y el score ecográfico de aireación pulmonar posterior ($p=0,058$).

Para “días de hospitalización total”, incluyendo las mismas variables independientes, encontramos correlación significativa con los score ecográficos de aireación pulmonar total ($p=0,012$), posterior ($p=0,028$) y antero-lateral ($p=0,019$), y con el peso ($p=0,041$).

Para “horas de VNI”, sólo encontramos correlación significativa con la existencia de factores de riesgo para BA grave ($p=0,01$).

Tabla 17. Variables con significación estadística o al límite de la significación estadística en el análisis de regresión múltiple para las variables dependientes de días de ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, días de hospitalización total y horas de ventilación no invasiva.

	Días UCIP	Días hospitalización	Horas VNI
Peso	p 0,065	p 0,041	-
Puntuación score ecográfico total 1ª val.	p 0,038	p 0,012	-
Puntuación score ecográfico antero-lateral 1ª val.	-	p 0,019	-
Puntuación score ecográfico posterior 1ª val.	p 0,058	p 0,028	-
Existencia factores riesgo	-	-	p 0,01

UCIP: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos; VNI: ventilación no invasiva.

Llevamos a cabo un segundo análisis de regresión múltiple con las mismas variables dependientes (días de estancia en UCIP, días de hospitalización total y horas de VNI) y las mismas variables independientes, salvo que la puntuación de la escala de gravedad y la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total, posterior y antero-lateral fueron de la segunda valoración, tras el inicio del soporte respiratorio. Para “días de ingreso en UCIP”, encontramos correlación significativa con la edad ($p=0,023$), con la puntuación de la escala de gravedad ($p=0,01$) y con la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total ($p=0,028$).

Para “días de hospitalización total” encontramos correlación significativa con la puntuación de la escala de gravedad ($p=0,014$), con la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total ($p=0,013$) y el posterior ($p=0,017$), y con la edad ($p=0,07$).

Para “horas de VNI”, encontramos correlación significativa con la existencia de factores de riesgo para BA grave ($p=0,02$) y al límite de la significación estadística con la puntuación de la escala de gravedad ($p=0,075$).

Tabla 18. Variables con significación estadística o al límite de la significación estadística en el análisis de regresión múltiple para las variables dependientes de días de ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos, días de hospitalización total y horas de ventilación no invasiva.

	Días UCIP	Días hospitalización	Horas VNI
Edad	p 0,023	p 0,07	-
Puntuación escala gravedad 2ª val.	p 0,01	p 0,014	p 0,075
Puntuación score ecográfico total 2ª val.	p 0,028	p 0,013	-
Puntuación score ecográfico posterior 2ª val.	-	p 0,017	-
Existencia factores riesgo	-	-	p 0,02

UCIP: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos; VNI: ventilación no invasiva.

Comparación del score ecográfico de aireación pulmonar y de la escala clínica de gravedad según subgrupos de riesgo:

▪ **Menores de 3 meses vs. \geq 3 meses**

Comparando el grupo de < 3 meses con ≥ 3 meses, no encontramos diferencias significativas en la gravedad de la BA según la escala BROSJOD al ingreso en UCIP ($p=0,500$).

Tabla 19. Número total y porcentaje de los pacientes incluidos en cada grupo de gravedad de la escala clínica según edad < 6 ó ≥ 3 meses.

			Menores de 3 meses		Total
			Sí	No	
Gravedad según escala BROSJOD	Leve	Recuento % del total	0 0%	0 8,33%	0 8,33%
	Moderada	Recuento % del total	13 36,1%	12 33,3%	25 69,4%
	Severa	Recuento % del total	5 13,9%	6 16,7	11 30,6%
Total			18	18	36

BROSJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda.

Comparando el grupo de < 3 meses con ≥ 3 meses, si encontramos significativa la diferencia entre grupos comparando la gravedad de la BA según los cuatro grupos de severidad del patrón ecográfico ($p=0,046$). En el grupo de patrón ecográfico de afectación severa hubo más niños < 3 meses (8 vs. 2) y en el grupo del patrón ecográfico de afectación leve hubo más niños ≥ 3 meses (8 vs. 4).

Tabla 20. Número total y porcentaje de los pacientes incluidos en cada grupo de gravedad de la afectación ecográfica según edad < 6 ó ≥ 3 meses.

			Menores de 3 meses		Total
			Sí	No	
Gravedad del patrón ecográfico	Normal	Recuento % del total	0 0%	3 8,3%	3 8,3%
	Leve	Recuento % del total	4 11,1%	8 22,2%	12 33,3%
	Moderado	Recuento % del total	6 16,7%	5 13,9%	11 30,6%
	Severo	Recuento % del total	8 22,2%	2 5,5%	10 27,8%
Total			18	18	36

- **VRS+ vs. VRS -**

Comparando el grupo de pacientes VRS+ con el grupo de pacientes VRS – en la muestra de PCR nasofaríngea tomada al ingreso, hubo más porcentaje de pacientes VRS + en el grupo de BA severas que en las moderadas según la escala BROSJOD al ingreso en UCIP (90,9% vs 68%), pero no tuvo significación estadística ($p= 0,223$). Comparando los pacientes VRS + con los VRS – en los distintos grupos según gravedad de la afectación ecográfica no encontramos diferencias significativas ($p=0,965$).

Tabla 21. Número total y porcentaje de los pacientes incluidos en cada grupo de gravedad de la escala clínica según se detectó o no virus respiratorio sincitial en la muestra nasofaríngea.

			VRS +		Total
			No	Sí	
Gravedad según escala BROSJOD	Leve	Recuento % del total	0 0%	0 8,33%	0 8,33%
	Moderada	Recuento % del total	8 22,2%	17 47,2%	25 69,4%
	Severa	Recuento % del total	1 2,8%	10 27,8%	11 30,6%
Total			9	27	36

BROSJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda; VRS: virus respiratorio sincitial.

Tabla 22. Número total y porcentaje de los pacientes incluidos en cada grupo de gravedad de la afectación ecográfica según se detectó o no virus respiratorio sincitial en la muestra nasofaríngea.

			VRS +		Total
			No	Sí	
Gravedad del patrón ecográfico	Normal	Recuento % del total	1 2,7%	2 5,5%	3 8,3%
	Leve	Recuento % del total	3 8,3%	9 25%	12 33,3%
	Moderado	Recuento % del total	3 8,3%	8 22,2%	11 30,6%
	Severo	Recuento % del total	2 5,5%	8 22,2%	10 27,8%
Total			9	27	36

VRS: virus respiratorio sincitial.

- **VRS+ en infección aislada vs. VRS+ en coinfección vírica**

Comparando el grupo de pacientes con infección aislada por VRS y el grupo de pacientes con coinfección vírica (VRS + otro/s virus), hubo más porcentaje de pacientes con coinfección vírica en el grupo de BA severas que en las moderadas según la escala BROSJOD al ingreso en UCIP (36,6% vs 16%), pero no tuvo significación estadística ($p= 0,214$). Comparando los pacientes con VRS en coinfección con otros virus con los VRS + sólo en los distintos grupos según gravedad de la afectación ecográfica no encontramos diferencias significativas ($p=0,340$).

Tabla 23. Número total y porcentaje de los pacientes incluidos en cada grupo de gravedad de la escala clínica según se detectó o no virus respiratorio sincitial en coinfección con otros virus en la muestra nasofaríngea.

			Coinfección		Total
			No	Sí	
Gravedad según escala BROJOD	Leve	Recuento % del total	0 0%	0 8,33%	0 8,33%
	Moderada	Recuento % del total	21 58,3%	4 11,1%	25 69,4%
	Severa	Recuento % del total	7 19,4%	4 11,1%	11 30,6%
Total			28	8	36

BROJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda.

Tabla 24. Número total y porcentaje de los pacientes incluidos en cada grupo de gravedad de la afectación ecográfica según se detectó o no virus respiratorio sincitial en coinfección con otros virus en la muestra nasofaríngea.

			Coinfección		Total
			No	Sí	
Gravedad del patrón ecográfico	Normal	Recuento % del total	2 5,5%	1 2,7%	3 8,3%
	Leve	Recuento % del total	10 27,7%	2 5,5%	12 33,3%
	Moderado	Recuento % del total	10 27,7%	1 2,7%	11 30,6%
	Severo	Recuento % del total	6 16,6%	4 11,1%	10 27,8%
Total			28	8	36

Descripción de las características generales del soporte respiratorio no invasivo, fracaso de la VNI y necesidad de VM:

De los 36 pacientes incluidos en el estudio, 32 (88,8%) recibieron soporte respiratorio con VNI tras su ingreso en UCIP. En el curso de la evolución, 2 pacientes precisaron escalada de soporte respiratorio de OAF a VNI, de tal manera que finalmente el 94,4% de la muestra total recibió VNI.

En cuanto a la interfase utilizada, en el 31,25% de los casos (n=10) se usó mascarilla nasal y en el 68,75% (n=22) mascarilla *total-face*. En todos los casos se utilizó ventilación BLPAP, siendo el modo más usado PC (23 pacientes, 71,87%) frente a PS (9 pacientes, 28,12%). En el momento de la segunda valoración, tras 120-180 minutos de haberse iniciado el soporte respiratorio, los parámetros ventilatorios medios fueron FiO₂ de 46,72% (+/-10,82%), PEEP de 6,25 (+/-0,92) y PC/PS de 7,75 (+/-2,78). Las variables clínicas al ingreso en UCIP fueron una mediana de escala clínica de gravedad de 10 (6-12), FC media de 164,82(+/-18,4), FR media de 65,22 (+/-11,83) y una SpO₂ media de 98,22 (+/-2,76). En el momento de la segunda valoración, tras el inicio del soporte respiratorio, las variables clínicas fueron una mediana de escala clínica de gravedad de 7 (4-9), FC media de 137,44 (+/-17,77), FR media de 51,14 (+/-9,26) y una SpO₂ media de 98,72 (+/-1,77).

Encontramos diferencias significativas entre la puntuación de la escala de gravedad al ingreso en UCIP y tras el inicio del soporte respiratorio (mediana de 10 RIQ 6-12 vs 7 RIQ 4-9, p=0,000) (Tabla 26).

Tabla 25. Descripción de las variables clínicas, parámetros del respirador y tipo de interfase usada en los pacientes que recibieron ventilación no invasiva al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos.

Variables clínicas al ingreso en UCIP	
BROSJOD, mediana (RIQ)	10 (6-12)
FC latidos/minuto, media (DS)	164,82 (+/- 18,4)
FR respiraciones/minuto, media (DS)	65,22 (+/-11,83)
SpO2 %, media (DS)	98,22 (+/-2,76)
Parámetros ventilatorios	
FiO2%, media (DS)	46,72% (+/-10,82)
PEEP cmH20, media (DS)	6,25 (+/-0,92)
PC/PS cm H20, media (DS)	7,75 (+/- 2,78)
Interfase	
Mascarilla nasal	10 (31,25%)
Mascarilla facial total	22 (68,75%)
Variables clínicas a los 120-180 minutos de la VNI	
BROSJOD, mediana (RIQ)	7 (4-9)
FC latidos/minuto, media (DS)	137,44 (+/-17,77)
FR respiraciones/minuto, media (DS)	51,14 (+/- 9,26)
SpO2 %, media (DS)	98,72 (+/-1,77)

Las variables están expresada en frecuencia (porcentaje), media (+/-desviación estándar, SD) y mediana (RIQ-rango intercuartílico). UCIP: Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos; BROSJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda; FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; SpO2: saturación de oxígeno en sangre; FiO2: fracción inspiratoria de oxígeno; PEEP: presión positiva al final de la espiración; PC: presión control; PS: presión soporte; cmH20: centímetro de agua; VNI: ventilación no invasiva.

Tabla 26. Prueba t de Student para muestras relacionadas entre la puntuación de la escala de gravedad al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y tras el inicio del soporte respiratorio.

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilat)
	Media	DS	Error típ. de la media	95% IC para la diferencia					
				Inferior	Superior				
BROSJOD 1ªVal. – BROSJOD 2ªVal.	2,417	1,811	,302	1,804	3,029	8,008	35	,000	

BROSJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda.

Se consideró fracaso de la VNI la necesidad de intubación y conexión a VM en cualquier momento desde el inicio del soporte respiratorio con VNI. Precisaron VM 11 pacientes (33,2%). El momento del fracaso de la VNI fue en las primeras 6 horas en 1 paciente (9,1%); entre la 6 y 24 horas en 8 pacientes (72,72%); y pasadas las primeras 24 horas en 2 pacientes (18,2%). El motivo de fracaso de la VNI fue: empeoramiento clínico (n=2), empeoramiento clínico con hipercapnia progresiva (n=5), hipoxemia (n=2), hipercapnia (n=1) y apneas (n=1).

Tabla 27. Características basales de la muestra completa y de cada grupo según el éxito o el fracaso de la ventilación no invasiva.

	Muestra completa	Grupo de éxito (n=25)	Grupo de fracaso (n=11)	p
Edad (meses)	4,53 (+/-4,21)	5,4 (+/-4,77)	2,54 (+/-1,13)	0,09
Peso (kg.)	6,47 (+/-2,25)	6,87 (+/-2,30)	5,31 (+/-1,55)	0,047
Sexo (masculino)	19 (52,8%)	13 (52,8%)	6 (54,54%)	0,588
Factores de riesgo	10 (27,8%)	6 (24%)	4 (36,36%)	0,109
Presencia de apneas	4 (11,11%)	3 (12%)	1 (9%)	0,644
CPAP previa	11 (30,55%)	6 (24%)	5 (45,45%)	0,185
Infección por VRS	28 (77,8%)	17 (68%)	10 (91%)	0,223
BROSJOD	9,11 (+/-1,95)	8,84 (+/- 1,93)	9,73 (+/- 1,95)	0,214
LUS total 1ª val.	21,14(+/-12,52)	22,88 (+/-12,46)	27 (+/-12,78)	0,371
LUS total 2ª val.	27,11 (+/- 12)	26,04 (+/-11)	29,55 (+/-14,26)	0,427
FC latidos/min	164,82(+/-18,4)	166,40 (+/- 18,86)	162,18 (+/- 17,08)	0,530
FR resp./min	65,22(+/-11,83)	63,64 (+/- 11,46)	68,81 (+/- 12,43)	0,232
SpO2 %	98,22(+/-2,76)	97,64 (+/- 3,12)	99,54 (+/- 0,82)	0,008
FiO2 %	51,09(+/-13,95)	52,76 (+/-15,70)	47,27 (+/-8,17)	0,284

Las variables está expresadas en frecuencia (porcentaje) y media (+/- desviación estándar, SD). La p se refiere a la significación estadística al comparar los grupos de éxito y fracaso de la VNI. CPAP: presión positiva continua sobre la vía aérea; VRS: virus respiratorio sincitial; BROSJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda; LUS: score ecográfico de aireación pulmonar; FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; SpO2: saturación de oxígeno en sangre; FiO2: fracción inspiratoria de oxígeno.

Tabla 28. Descripción del modo de ventilación no invasiva, parámetros del respirador y tipo de interfase de la muestra y de cada grupo de éxito o fracaso en el momento de la segunda valoración.

	Muestra completa	Grupo de éxito (n=21)	Grupo de fracaso (n=11)	p
Modo VNI				0,240
PC	23(71,87%)	14 (66,67%)	9 (81,82%)	
PS	9 (28,12%)	7 (33,33%)	2 (18,18%)	
Interfase				0,395
Nasal	10 (31,25%)	6 (28,57%)	4 (36,36%)	
Facial total	22 (68,75%)	15 (71,43%)	7 (63,64%)	
FiO2%	46,72(+/-10,82)	49,05 (+/-12,51)	42,27 (+/-4,10)	0,032
PS/PC cmH20	7,75 (+/-2,78)	7,09 (+/-2,66)	9 (+/-2,65)	0,064
PEEP cmH20	6,25 (+/-0,92)	6,19 (+/-0,81)	6,36 (+/- 1,12)	0,619

Las variables están expresadas en frecuencia (porcentaje) y media (+/- desviación estándar, SD). La p se refiere a la significación estadística al comparar los grupos de éxito y fracaso de la VNI. VNI: ventilación no invasiva; FiO2: fracción inspiratoria de oxígeno; PC: presión control; PS: presión soporte; PEEP: presión positiva al final de la espiración; cmH20: centímetro de agua.

Tabla 29. Diferencias en las variables clínicas y en la fracción inspiratoria de oxígeno de la muestra y de cada grupo de éxito o fracaso entre la primera valoración (al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos) y segunda valoración (tras el inicio del soporte respiratorio).

	Muestra completa	Grupo de éxito (n=21)	Grupo de fracaso (n=11)	p
ΔFR (respiraciones/min)	-14,08(+/-12,83)	-13,32 (+/-13,39)	-15,81 (+/-11,88)	0,598
ΔFC (latidos/min)	-27,67(+/-21,91)	-28,64 (+/-21,55)	-25,46 (+/-23,63)	0,694
ΔSpO2 (%)	+0,5(+/-2,53)	- 1,16(+/-2,57)	+1 (+/-1,73)	0,016
ΔFiO2 (%)	-4,97(+/-11,79)	-4,95(+/-13,80)	-5(+/-7,07)	0,992

Las variables están expresadas en media (+/- desviación típica, DS). La p se refiere a la significación estadística al comparar los grupos de éxito y fracaso de la VNI. Δ: diferencia; FR: frecuencia respiratoria; FC: frecuencia cardiaca; SpO2: saturación de oxígeno; FiO2: fracción inspiratoria de oxígeno.

En el grupo de pacientes que necesitaron VM por fracaso de la VNI (n=11), la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar no presentó diferencias significativas en comparación con el grupo de pacientes en los que sí tuvo éxito la VNI (n=23), ni en la primera valoración, al ingreso en UCIP, ni en la segunda valoración, tras el inicio del soporte respiratorio. Tampoco hubo diferencias significativas entre los dos grupos en relación a la puntuación de la escala de gravedad, ni al ingreso ni en la segunda valoración (Tablas 30 y 31).

Tabla 30. Regresión logística binaria para puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar y la necesidad de ventilación mecánica.

	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp (B)
Score ecográfico 1ª Val.	,027	,030	,832	1	,362	1,028
Score ecográfico 2ª Val.	,125	,128	,962	1	,327	1,134

Tabla 31. Regresión logística binaria para puntuación de la escala de gravedad y la necesidad de ventilación mecánica.

	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp (B)
BROSJOD 1ª Val.	,127	,221	,333	1	,564	1,136
BROSJOD 2ª Val.	,374	,313	1,423	1	,233	1,453

BROSJOD: escala clínica de gravedad del Hospital Sant Joan de Deu para la bronquiolitis aguda.

Tampoco hubo diferencias significativas entre el grupo de éxito y de fracaso de VNI comparando los pacientes clasificados según la gravedad de la afectación ecográfica pulmonar (p=0,082).

En el análisis univariante, los pacientes en los que fracasó la VNI fueron más pequeños (2,54+/-1,13 meses frente a 5,4+/-4,77 meses, p=0,09), pesaron menos (5,31+/-1,55 kg frente a 6,87+/-2,30 kg, p=0,047) y presentaron una SpO2 al ingreso en UCIP mayor (99,54+/-0,82% frente a 97,64+/-3,12%, p=0,008) a pesar de recibir una FiO2 menor, aunque ésta variable no tuvo significación estadística (47,27+/-8,17% frente a 52,76 +/-15,70, p=0,284). Además, en el momento de la segunda valoración, tras 2-3 horas de VNI, necesitaron una menor FiO2, en este caso alcanzando significación estadística (42,27+/-4,10 frente a 49,05+/-12,5, p=0,032) y una mayor PS/PC mayor al límite de la significación estadística (9+/-2,65 frente 7,09 +/-2,66, p=0,064) (Tablas 27 y 28).

Comparando las variables diferencia de FR, diferencia de FC, diferencia de SpO2 y diferencia de FiO2, sólo encontramos con significación estadística la diferencia de SpO2, siendo mayor en el grupo de fracaso de la VNI (-1,16+/-2,57 frente a +1/+/-1,73, p=0,016) (Tabla 29).

En el análisis multivariante para determinar qué factores fueron los que influyeron en “necesidad de VM” (variable dependiente), incluyendo las variables independiente de edad, peso, existencia de factores de riesgo, SpO2 al ingreso y FiO2 y PS/PC en el momento de la segunda valoración, se identificaron al límite de la significación estadística el peso (p=0,073) y la PS/PC (p=0,073) como factores relacionados de forma independiente con el éxito de la VNI (odds ratio [OR]=-0,07; IC del 95%, -0,148-0,07; odds ratio [OR]=0,054; IC del 95%, -0,05-0,113).

La diferencia entre ambos grupos en cuanto a la bajada de FR y FC tras el inicio del soporte respiratorio no fue significativa. Si bien la disminución de la FR con respecto a la inicial a las 2-3 horas de haber iniciado la VNI (Figura 16) mostró tener una tendencia a ser ligeramente mayor en el grupo de fracaso (15,81+/-11,88 frente a 13,32+/-13,39; p=0,598), lo contrario que con la disminución de la FC (Figura 17), que mostró tener una tendencia a ser ligeramente mayor en el grupo de éxito (28,64+/-21,55 frente a 25,46+/-23,62; p=0,694).

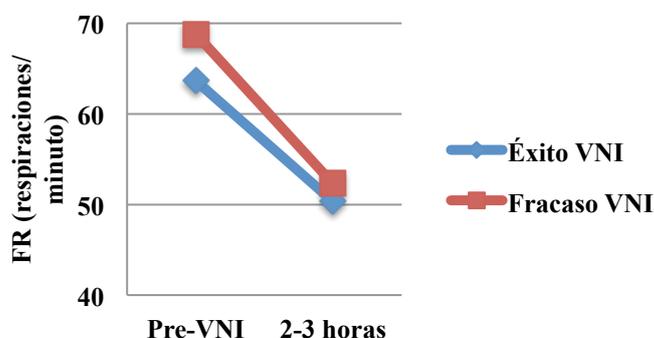


Figura 16. Frecuencia respiratoria media en los grupos de éxito (azul) y de fracaso (rojo) antes del inicio de la ventilación no invasiva y a las 2-3 horas de iniciada. FR: frecuencia respiratoria; VNI: ventilación no invasiva.

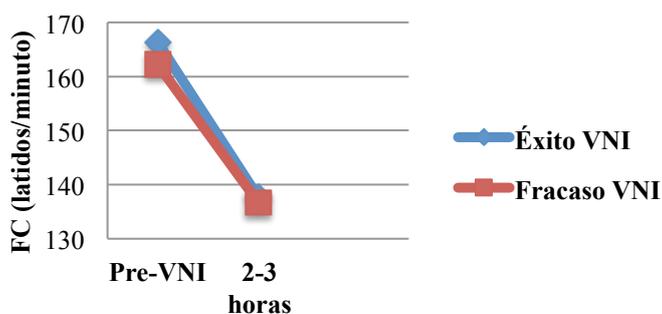


Figura 17. Frecuencia cardiaca media en los grupos de éxito (azul) y de fracaso (rojo) antes del inicio de la ventilación no invasiva y a las 2-3 horas de iniciada. FC: frecuencia cardiaca; VNI: ventilación no invasiva.

La modificación de la SpO₂ entre ambos grupos tras el inicio del soporte respiratorio fue significativa ($p=0,016$), bajando con respecto a la inicial en el grupo de éxito de la VNI ($1,16 \pm 2,57$) y subiendo con respecto a la inicial en el grupo de fracaso ($1 \pm 1,73$) (Figura 18).

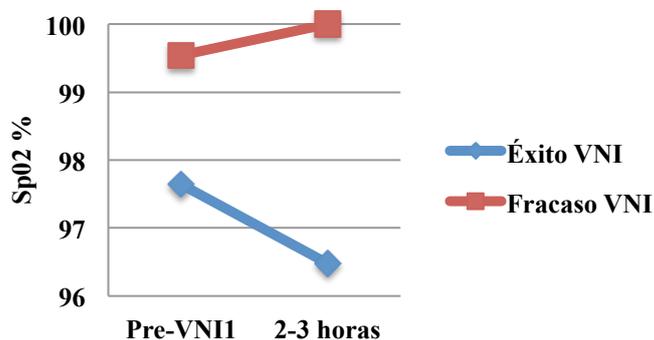


Figura 18. Saturación de oxígeno en sangre media en los grupos de éxito (azul) y de fracaso (rojo) antes del inicio de la ventilación no invasiva y a las 2-3 horas de iniciada. SpO₂: saturación de oxígeno en sangre; VNI: ventilación no invasiva.

En ambos grupos disminuyó la necesidad de FiO₂ con respecto a la inicial a las 2-3 horas de haber iniciado la VNI (Figura 19), disminución que fue similar en ambos grupos ($- 5 \pm 7,07$ en el grupo de fracaso frente a $- 4,95 \pm 13,80$ en el grupo de éxito; $p=0,092$).

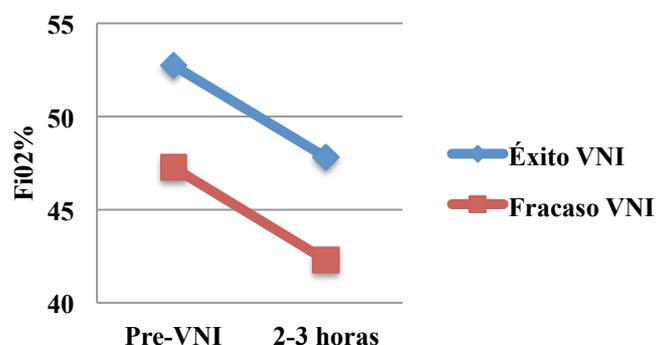


Figura 19. Fracción inspiratoria de oxígeno media en los grupos de éxito (azul) y de fracaso (rojo) antes del inicio de la ventilación no invasiva y a las 2-3 horas de iniciada. FiO₂: fracción inspiratoria de oxígeno; VNI: ventilación no invasiva.

Descripción del patrón ecográfico pulmonar:

Se realizaron un total de 36x20 vídeos en cada una de las exploraciones, al ingreso en UCIP y tras iniciar soporte respiratorio. Del total de 1440 cuadrantes explorados (720 cuadrantes en cada exploración), pudieron valorarse de manera correcta 1393. 7 cuadrantes no pudieron ser valorados por problemas con la grabación del vídeo o por mala calidad de las imágenes. En la Tabla 32 se recoge el número total de cuadrantes que presentaron cada patrón ecográfico definido con el propósito de este estudio, para puntuar en el score ecográfico de aireación pulmonar total.

Tabla 32. Número total y porcentaje de cuadrantes con los distintos patrones ecográficos.

Patrón	Nº de cuadrantes	Porcentaje
A1+A2	844	58,6%
B1	28	1,9%
B2	140	9,7%
B3	172	11,9%
C1	147	10,2%
C2	62	4,3%
No valorable	7	0,5%

A efectos de la descripción de los hallazgos ecográficos encontrados en porcentaje de pacientes y porcentaje de regiones afectadas, para simplificar la descripción y ulterior análisis, el patrón normal incluyó los hallazgos descritos como patrón A1 y A2. El patrón de síndrome intersticial (SI) leve, los hallazgos descritos como patrón B1 y B2. El patrón de síndrome intersticial moderado-severo, los hallazgos descritos como patrón B3 y C1. Y el patrón de consolidación, los hallazgos descritos como patrón C2.

En todos los pacientes incluidos en el estudio se encontró algún hallazgo ecográfico patológico. En 2 pacientes sólo patrón de SI leve, en 1 paciente sólo patrón de consolidación, y en los demás una combinación de SI leve y/o SI moderado-severo y/o consolidación. Dos pacientes presentaron derrame pleural leve.

Los hallazgos ecográficos más frecuentemente encontrados al ingreso en UCIP teniendo en cuenta el porcentaje de pacientes que lo presentaron fueron: SI moderado-severo en las regiones posteriores (80,5%), seguido de SI leve en las regiones antero-laterales (77,7%), SI moderado-severo en las regiones antero-laterales (63,8%), SI leve en las regiones posteriores (44,4%), consolidación en las regiones posteriores (36,1%) y consolidación en las regiones antero-laterales (11,1%). Tres pacientes presentaron unas áreas posteriores sin hallazgos patológicos (8,3%) y sólo 1 paciente unas áreas anteriores normales (2,8%) (Tabla 33).

Teniendo en cuenta las regiones ecográficas exploradas (un total de 72 regiones, las regiones antero-laterales y posteriores de los 36 pacientes incluidos en el estudio), los hallazgos encontrados según patrones ecográficos coincidieron en orden de frecuencia con los hallazgos descritos para el porcentaje de pacientes: SI moderado-severo en regiones posteriores (70,8%), seguido de SI leve en regiones antero-laterales (56,9%), SI moderado-severo en regiones antero-laterales (43%), SI leve en regiones posteriores (27,8%) consolidación en regiones posteriores (20,8%) y consolidación en regiones antero-laterales (6,9%). 17 regiones antero-laterales y 10 posteriores presentaron un patrón normal completo (23,6% y 13,8% respectivamente) (Tabla 34).

Tabla 33. Número de pacientes con afectación en la ecografía pulmonar según regiones pulmonares y patrón ecográfico.

	Patrón normal	SI leve	SI moderado-severo	Consolidación
Regiones antero-laterales	1/36 (2,8%)	28/36 (77,7%)	23/36 (63,8%)	4/36 (11,1%)
Regiones posteriores	3/36 (8,3%)	16/36 (44,4%)	29/36 (80,5%)	13/36 (36,1%)

SI: síndrome intersticial. Nótese que cada región, a su vez, engloba varios cuadrantes (la región antero-lateral engloba los cuadrantes 1-6 de ambos hemitórax y la región posterior los cuadrantes 7-10 de ambos hemitórax), motivo por el que un paciente puede presentar varios patrones a la vez en las dos regiones exploradas de cada hemitórax.

Tabla 34. Número de áreas con afectación en la ecografía pulmonar según regiones pulmonares y patrón ecográfico.

	Patrón normal	SI leve	SI moderado-severo	Consolidación
Regiones antero-laterales	17/72 (23,6%)	41/72 (56,9%)	31/72 (43%)	5/72 (6,9%)
Regiones posteriores	10/72 (13,8%)	20/72 (27,8%)	51/72 (70,8%)	15/72 (20,8%)

SI: síndrome intersticial. Nótese que cada región, a su vez, engloba varios cuadrantes (la región antero-lateral engloba los cuadrantes 1-6 de ambos hemitórax y la región posterior los cuadrantes 7-10 de ambos hemitórax), motivo por el que una región puede presentar varios patrones a la vez.

Concordancia inter-observador entre los dos investigadores:

Usando la prueba t de Student para muestras relacionadas, las medias de las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar de los dos investigadores participantes en el estudio fueron comparables, tanto en la primera valoración al ingreso en UCIP como en la segunda valoración tras iniciar el soporte respiratorio. Sólo tubo significación estadística la diferencia de la media en la puntuación en el score posterior de la primera valoración (Tabla 36).

Teniendo en cuenta las mediciones individuales de cada paciente, el grado de concordancia inter-observador de los dos investigadores, según la prueba Tau-b de Kendall, fue moderado para la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar antero-lateral, y buena para la puntuación total y posterior de las dos valoraciones, tras el ingreso en UCIP y tras el inicio de soporte respiratorio (Tabla 38).

Según el coeficiente de correlación intraclase, la fuerza de la fiabilidad entre los dos investigadores fue excelente para las medias de las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar (antero-lateral, posterior y total) de las dos valoraciones, al ingreso en UCIP (0,764; 0,96 y 0,932 respectivamente) y tras iniciar soporte respiratorio (0,858; 0,933 y 0,922 respectivamente) (Tabla 37).

Tabla 35. Puntuaciones de los dos investigadores participantes en el estudio del score ecográfico de aireación pulmonar total y por regiones en los dos momentos de valoración, al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y tras iniciar el soporte respiratorio.

		Media	Desviación típica	Error típico de la media
Par 1	Antero-lateral 1ª Val. Rev.1	8,719	4,6367	,8197
	Antero-lateral 1ª Val. Rev.2	8,563	5,7132	1,0100
Par 2	Posterior 1ªVal. Rev.1	14,531	9,4834	1,6764
	Posterior 1ªVal. Rev.2	15,844	10,2772	1,8168
Par 3	Total 1ª Val. Rev.1	23,35	12,376	2,223
	Total 1ª Val. Rev.2	24,58	13,326	2,393
Par 4	Antero-lateral 2ª Val. Rev.1	10,063	6,6183	1,1700
	Antero-lateral 2ª Val. Rev.2	10,406	6,6955	1,1836
Par 5	Posterior 2ªVal. Rev.1	16,563	8,1831	1,4466
	Posterior 2ªVal. Rev.2	17,063	9,1544	1,6183
Par 6	Total 2ª Val. Rev.1	26,52	12,339	2,216
	Total 2ª Val. Rev.2	27,16	12,969	2,329

Tabla 36. Prueba t de Student para datos relacionados de todas las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar (total, antero-lateral y posterior) de las dos valoraciones (al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y tras iniciar soporte respiratorio) de los dos investigadores participantes en el estudio.

	Diferencias relacionadas						T	gl	Sig. (bilat)
	Media	DS	Error típico de la media	95% IC para la diferencia		T			
				Inferior	Superior				
Ant-lat 1ªVal. Rev.1 - Ant-lat 1ªVal. Rev.2	,1563	3,6993	,6539	-1,1775	1,4900	,239	31	,813	
Posterior 1ªVal. Rev.1- Posterior 1ªVal. Rev 2	-1,3125	2,8898	,5108	-2,3544	-,2706	-2,569	31	,015	
Total 1ªVal. Rev.1- Total 1ªVal. Rev 2	-1,226	4,835	,868	-2,999	,548	-1,411	30	,168	
Ant-lat 2ªVal. Rev.1 - Ant-lat 2ªVal. Rev.2	-,3438	3,5525	,6280	-1,6245	,9370	-,547	31	,588	
Posterior 2ªVal. Rev.1- Posterior 2ªVal. Rev 2	-,5000	3,3215	,5872	-1,6975	,6975	-,852	31	,401	
Total 2ªVal. Rev.1- Total 2ªVal. Rev 2	-,645	5,030	,903	-2,490	1,200	-,714	30	,481	

Tabla 37. Coeficiente de correlación intraclase de todas las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar (total, antero-lateral y posterior) de las dos valoraciones (al ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y tras iniciar soporte respiratorio) de los dos investigadores participantes en el estudio.

	Correlación	Significación
Ant-lat 1ªVal. Rev.1-Ant-lat 1ªVal. Rev.2	,764	,000
Posterior 1ªVal. Rev.1-Posterior 1ªVal. Rev 2	,960	,000
Total 1ªVal. Rev.1-Total 1ªVal. Rev 2	,932	,000
Ant-lat 2ªVal. Rev.1 -Ant-lat 2ªVal. Rev.2	,858	,000
Posterior 2ªVal. Rev.1-Posterior 2ªVal. Rev 2	,933	,000
Total 2ªVal. Rev.1-Total 2ªVal. Rev 2	,922	,000

Tabla 38. Prueba Tau-b de Kendall para valorar la concordancia entre las puntuaciones individuales del score ecográfico de aireación pulmonar entre los dos investigadores participantes en el estudio.

Tau-b de Kendall	1ª valoración			2ª valoración		
	Total	Antero-lateral	Posterior	Total	Antero-lateral	Posterior
	0,778	0,595	0,825	0,773	0,737	0,839

Teniendo en cuenta los distintos hallazgos ecográficos definidos con el objetivo de este estudio (A,B1,B2,B3,C1,C2), el grado de concordancia inter-observador de los dos investigadores, según la prueba kappa de Cohen, fue muy buena tanto para los patrones ecográficos por separados (Tabla 39), como agrupando patrones en normal (A), patrón intersticial leve (B1-B2), patrón intersticial moderado-severo (B3-C1) y patrón de consolidación (C2) (Tabla 40).

Tabla 39. Prueba kappa de Cohen para valorar la concordancia en los patrones ecográficos por separado entre los dos investigadores participantes en el estudio.

Investigador 1	Investigador 2							Coeficiente Kappa de Cohen
	A	B1	B2	B3	C1	C2	Total	
A	666	38	29	2	2	4	741	0,8553 (Error típ. 0,0283)
B1	3	18	4	1	0	1	27	
B2	16	18	67	9	5	0	115	
B3	8	3	57	75	16	13	172	
C1	3	1	31	4	17	95	151	
C2	4	0	0	0	3	27	34	
Total	700	78	188	91	43	140	1240	

Tabla 40. Prueba kappa de Cohen para valorar la concordancia en los patrones ecográficos agrupados entre los dos investigadores participantes en el estudio.

Investigador 1	Investigador 2					Coeficiente Kappa de Cohen
	A	B1-B2	B3-C1	C2	Total	
A	666	67	4	4	741	0,8191 (Error típ. 0,0282)
B1-B2	19	107	15	1	142	
B3-C1	11	92	112	108	323	
C2	4	0	3	27	134	
Total	700	266	134	140	1240	

DISCUSIÓN

Las características demográficas de los pacientes incluidos en nuestro estudio son similares a las de otros trabajos publicados sobre la utilidad de la EP-PC en las BA. La mediana de edad de nuestros pacientes fue de 2,5 meses, siendo ésta alrededor de 3 meses en los demás trabajos, salvo en el de Taveira et al.¹¹⁴ en el que la mediana de edad fue de 1 mes (sólo incluyó < 6 meses), y el de Yilmaz et al.¹¹⁹ que fue de 11 meses (sólo incluyó < 24 meses). En nuestra muestra, los < 3 meses supusieron el 50% de ella, motivo por el que a pesar de incluir hasta los 2 años de edad, la mediana se asemeja a la de los otros estudios. El peso medio fue de 6,47 kg, en concordancia con los pocos estudios que especifican este dato (entre 4,8 kg y 6,1 kg). El porcentaje de varones fue ligeramente mayor que el de mujeres, algo que se repite de forma constante en los distintos trabajos. Y el porcentaje de pacientes con infección por VRS supuso el 77,8% del total, que coincide con los resultados de otros estudios en los que los pacientes VRS+ fueron entre un 73% y un 83% del total.^{106,110,112,114,122} El segundo virus más frecuentemente aislado fue el rinovirus, en un 11,1% de los pacientes, lo que coincide con lo descrito en otras series.¹²³ La coinfección vírica de VRS y otro/s virus se dio en el 22,4% de los pacientes, lo que concuerda con otros trabajos, que la describen en el 20-40% de los casos.¹²³⁻¹²⁷ Nuestra mediana de días de ingreso hospitalario previo al ingreso en UCIP fue de 1,25, coincidiendo con la de uno de los dos únicos estudios que se realizaron en UCIP, el de Ingelse et al.¹²², con una mediana de ingreso-pre UCIP de 1 día. En los demás estudios, salvo el de Taveira et al.¹¹⁴ que también se llevó a cabo en cuidados intensivos, se incluyeron pacientes en el Servicio de Urgencias o Planta de Hospitalización en las primeras 24 horas de ingreso. La mediana de días de ingreso en UCIP en nuestro estudio fue de 6, consistente con estudios previos que describen las características de los niños ingresados en UCIP por BA.^{123,128-129}

Sin embargo, los datos relacionados con la severidad clínica de nuestra muestra no son comparables. Aunque según los trabajos la escala de gravedad clínica utilizada fue distinta (WDFm, BROJOD, escala del Hospital Pediátrico de Seattle, escala de severidad de la bronquiolitis-BSS), la mayoría de los estudios incluyeron pacientes con BA de carácter leve o moderado, siendo en algunos de ellos criterio de exclusión los pacientes con BA graves, o el grupo de éstos pequeño. Lógicamente esta diferencia radica en el diseño de los distintos estudios, habiendo hasta la fecha sólo tres realizados en el ámbito de la UCIP, el nuestro, y los de Taveira et al.¹¹⁴ e Ingelse et al.¹²², en el que se incluyeron sólo pacientes con gravedad clínica moderada o severa. Según nuestra escala de gravedad clínica, la escala BROJOD¹¹, en la que la gravedad moderada incluye las puntuaciones entre 6 y 10, y la severa entre 11 y 16, el 69,4% de nuestros pacientes tuvieron una BA moderada (mediana de puntuación de 8) y el 30,6% tuvieron una BA severa (mediana de puntuación de 11), pero teniendo en cuenta la mediana de puntuación de todos los niños incluidos, que fue de 10, estaríamos hablando en general de un grupo con gravedad clínica moderada-severa.

Una limitación a la aplicabilidad de los resultados que se habían obtenido hasta ahora sobre la utilidad de la EP-PC en el manejo de las BA, era la falta de estudios realizados en el ámbito de cuidados intensivos, y por lo tanto en pacientes con grados más severos de la enfermedad, y con necesidad de soporte respiratorio avanzado. Nuestro estudio es uno de los tres llevados a cabo en la UCIP, con niños con BA moderadas y graves, y que precisaron VNI en modo BLPAP por fracaso de otros soportes respiratorios. El de Taveira et al.¹¹⁴, incluyó sólo niños con BA moderadas pero que precisaron soporte respiratorio mayoritariamente con VNI tipo CPAP, y el de Ingelse et al.¹²², que incluyó un pequeño número de pacientes con BA graves en VM.

Cuantificar la evolución de la aireación pulmonar mediante ecografía pulmonar en las BA moderadas y graves tras el inicio de soporte respiratorio no invasivo.

Los resultados de nuestro estudio no avalan nuestra hipótesis de que el soporte respiratorio no invasivo mejora la función pulmonar al mejorar la aireación pulmonar.

Hicimos una comparación de la evolución de la gravedad clínica y de la afectación pulmonar entre el inicio de la VNI y las siguientes 2-3 horas. Escogimos este punto de corte para la segunda valoración teniendo en cuenta que, como está descrito en la literatura, la respuesta clínica a la VNI y la mejoría de parámetros clínicos, suele producirse en las primeras 2 horas de iniciada, y que estas primeras horas de VNI son determinantes para saber qué pacientes responden a la técnica, o por el contrario se beneficiarían de escalada del soporte respiratorio.⁴⁵⁻⁵⁰ La puntuación de la escala clínica de gravedad descendió de manera significativa tras el inicio del soporte respiratorio (mediana de 10 vs. 7), poniendo de manifiesto la existencia de una mejoría clínica en la mayoría de los pacientes. De manera contraria, la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar aumentó de manera significativa, tanto el total (mediana de 23,50 vs. 28), como el posterior (mediana de 13,5 vs. 16), y también lo hizo el antero-lateral, pero éste sin llegar a la significación estadística (mediana de 9 vs. 10,5).

Así pues, la mejoría clínica que experimentaron nuestros pacientes tras el inicio del soporte respiratorio no pudo ser secundaria a una mejoría de la aireación pulmonar, probablemente debido a las particularidades de las BA, en las que frecuentemente se observa un patrón mixto restrictivo con áreas de pérdida de aireación pulmonar y cortocircuito intrapulmonar (IRA tipo I), y un patrón obstructivo con áreas de sobredistensión y atrapamiento aéreo (IRA tipo II), siendo éste último el patrón que pueda predominar en los casos más graves²⁸, haciendo de las BA una patología de difícil manejo clínico. La hiperinsuflación pulmonar no puede valorarse ecográficamente, dando un patrón de líneas A indistinguible del patrón de aireación normal, de tal forma que en los pacientes con un predominio de cuadro obstructivo el score de aireación pulmonar podría estar infraestimado al no poder valorarse las zonas subyacentes a las de sobredistensión, ya que el aire supone un obstáculo a la transmisión del haz de ultrasonidos.

Sabemos que la CPAP disminuye la resistencia de la vía aérea, y al evitar el colapso de una vía aérea superior e inferior muy distensible, y mantenerla abierta durante todo el ciclo respiratorio, mejora el atrapamiento aéreo y la hiperinsuflación.⁷⁻⁸ La VNI podría haber mejorado en parte el componente obstructivo en la segunda exploración ecográfica, permitiendo una valoración más real de la afectación pulmonar al existir menos sobredistensión que pudiera ocultar zonas de patrón restrictivo. Esto justificaría que en la segunda valoración ecográfica, tras 2-3 horas de VNI, la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total y posterior empeorase de manera significativa, a pesar de la mejoría clínica.

Analizar la asociación entre el score ecográfico de aireación pulmonar y la escala de gravedad clínica, al ingreso en UCIP y en las primeras horas de soporte respiratorio no invasivo.

Los resultados de nuestro estudio tampoco avalan, por lo tanto, nuestra hipótesis de que existe una correlación entre la gravedad clínica y el grado de pérdida de aireación pulmonar.

Hasta la fecha hay varios trabajos sobre la utilidad de la EP-PC en las BA que habían puesto de manifiesto la existencia de cierta correlación entre la gravedad clínica y la gravedad de la afectación ecográfica.^{107,110-111,116-118,120} Sin embargo nuestros resultados no pudieron demostrar ninguna correlación entre la escala clínica de gravedad, en nuestro caso la escala BROJOD, y el score de aireación pulmonar, en nuestro caso utilizando un sistema de puntuación de 0 a 100, teniendo en cuenta la exploración de 10 cuadrantes en cada hemitórax, 6 en la región antero-lateral, y 4 en la posterior. No encontramos correlación ni en el momento de la primera valoración al ingreso en UCIP e inicio del

soporte respiratorio, ni en la segunda valoración, tras 2-3 horas de soporte respiratorio con VNI modo BLPAP. Ni teniendo en cuenta la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total, ni por regiones (antero-lateral y posterior). Comparando el grado de afectación ecográfica clasificando a los pacientes en cuatro grupos de severidad de pérdida de aireación pulmonar (normal, leve=SI leve, moderado= SI moderado-severo y severo=consolidación), en vez de teniendo en cuenta la puntuación total del score, tampoco pudimos encontrar correlación con la puntuación de la escala clínica de gravedad. Nuestros resultados coinciden con los de los estudios de Di Mauro et al.¹⁰⁶ Cohen et al.¹²¹ y Taveira et al.¹¹⁴, en los que tampoco encontraron correlación entre la severidad del score ecográfico y la severidad de la escala clínica de gravedad. Los dos primeros estudios prácticamente sólo incluyeron BA leves, mientras que el de Taveira et al.¹¹⁴ sería de mayor referencia en nuestro caso al incluir pacientes de gravedad moderada que precisaron, casi todos, soporte respiratorio con VNI tipo CPAP.

Se podría explicar que otros autores hayan encontrado distintos grados de correlación entre la gravedad clínica y de la afectación ecográfica, al incluir pacientes menos graves en los que el componente obstructivo pudiera ser menos llamativo y, por lo tanto, poder estimarse con más precisión la afectación ecográfica. También pensamos que al ser un estudio llevado a cabo en cuidados intensivos, se incluyeron pacientes con más tiempo de evolución de la enfermedad, tras días de hospitalización en Planta, podría verse más comprometida la aireación de las partes posteriores dependientes de la gravedad por la simple necesidad de encamamiento, sobreestimándose la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar sin que ello significase una mayor gravedad del cuadro. Y es que, aunque la mediana de días de hospitalización previo al ingreso en UCIP fue de sólo 1,25, encontramos un grado de correlación moderado entre la puntuación del score ecográfico de aireación total y posterior, y los días de hospitalización previos al ingreso en UCIP ($\rho=0,444$, $p=0,007$ y $\rho=0,412$, $p=0,013$ respectivamente), que lo justificaría en cierto modo.

Comparando por separado las variables clínicas de FC, FR y SpO₂, que son tres de las seis variables que puntúan en la escala BROSJOD, tampoco pudimos demostrar correlación con el grado de afectación pulmonar mediante ecografía. Tan sólo obtuvimos un grado de correlación baja entre la FC y la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total y antero-lateral en el momento de la segunda valoración. Este resultado coincide con el de Zoido Garrote et al.¹¹¹, que aunque encontraron una correlación moderada entre el score ecográfico y el de gravedad clínica, no la encontraron con otras variables clínicas. En los trabajos de Supino et al.¹¹³ y La Regina et al.¹¹⁸ tampoco encontraron correlación entre el score ecográfico y la SpO₂, en ambos casos medida en el Servicio de Urgencias.

Comparando el grado de afectación ecográfica clasificando a los pacientes en los cuatro grupos de severidad de pérdida de aireación, tampoco pudimos encontrar correlación con las variables clínicas (FC, FR y SpO₂).

Analizar la asociación entre el score ecográfico de aireación pulmonar con la evolución clínica de las BA.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que el score ecográfico de aireación pulmonar se relaciona con la duración del ingreso en UCIP y con la duración de hospitalización total, pero no con la duración de VNI.

Analizamos la asociación entre la EP-PC y la evolución posterior de las BA, en relación a la duración total de VNI, duración total de ingreso en UCIP y duración de hospitalización. En el análisis multivariante, la única variable que tuvo significación estadística para la duración del ingreso en UCIP fue el score ecográfico de aireación pulmonar total en la primera valoración. Las variables que influyeron de manera significativa en la duración de

la hospitalización total fueron también el score ecográfico de aireación pulmonar total, además del antero-lateral y posterior, y el peso. Para la duración de VNI, sólo influyó la existencia de factores de riesgo para BA grave. De los estudios publicados hasta la fecha, son varios los que demuestran la capacidad de la EP-PC para predecir la necesidad y/o duración de hospitalización o soporte respiratorio. El primero en describir una buena sensibilidad y especificidad de la EP-PC para identificar niños en necesidad de oxigenoterapia y, por lo tanto, de hospitalización, fue Basile et al.¹¹⁰ Posteriormente Zoizo Garrote et al.¹¹¹ lo corroboraron describiendo también cierta relación entre el score ecográfico y la duración de hospitalización y oxigenoterapia, y la necesidad de UCIP. Otros autores describieron la correlación con la duración de la hospitalización y la oxigenoterapia, y la necesidad de soporte respiratorio distinto al oxígeno convencional¹¹²⁻¹¹³, o sólo con la necesidad de oxigenoterapia y la duración de hospitalización.^{106,118} Otros trabajos objetivaron mayores alteraciones ecográficas en los niños que precisaron ingreso hospitalario.^{64,68} Nuestros resultados coinciden en parte con los de los estudios citados, confiriendo a la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar total relación con la duración de ingreso en UCIP, y el antero-lateral y posterior, además del total, con la duración de hospitalización total.^{106,111-112,118} Igual que en el estudio de Taveira et al.¹¹⁴, el score ecográfico al ingreso en UCIP no predijo la duración de la VNI, aunque ellos, a diferencia de nosotros, no encontraron tampoco relación con la duración de ingreso en UCIP.

Algunos autores han descrito que el mayor compromiso de la aireación pulmonar en algunas zonas del pulmón, se correlaciona bien con la necesidad de ingreso hospitalario, oxigenoterapia o soporte respiratorio. Basile et al.¹¹⁰ describieron que la mayor afectación de las partes posteriores, sobre todos las consolidaciones > 1 cm, se correlacionó bien con una mayor necesidad de O₂. En la misma línea, Buena Campana et al.¹¹², encontraron correlación entre las consolidaciones posteriores > 1 cm y la necesidad de soporte respiratorio. Estos hallazgos se podrían explicar por la ya mencionada dependencia de las partes posteriores del pulmón a favor de la gravedad, por la obligada posición en supino de los lactantes. La mayor necesidad de oxigenoterapia se suele asociar habitualmente a la existencia de un cortocircuito intrapulmonar y, por lo tanto, una anomalía de la relación ventilación-perfusión propia de las patologías restrictivas en donde existe un desreclutamiento alveolar. Bueno Campana et al.¹¹² también encontraron correlación entre la existencia de un síndrome intersticio-alveolar en las zonas anteriores y la necesidad de soporte respiratorio tipo VNI o VM. Este resultado se podría explicar porque una mayor afectación anterior se traduciría en una verdadera mayor gravedad de la afectación de la aireación pulmonar al ser zonas no dependientes de gravedad. En nuestro estudio, el score ecográfico de aireación pulmonar antero-lateral y posterior, se relacionó con la duración de la hospitalización total, al igual que el score total. Con nuestros resultados no podemos sacar ninguna conclusión acerca de la mayor contribución de la afectación de unas zonas pulmonares sobre otras en la duración de la hospitalización total.

Algunos de los estudios que hemos mencionado hasta ahora, para valorar la utilidad clínica de la EP-PC en el manejo, seguimiento y pronóstico de las BA, además de correlacionar la gravedad clínica con la ecográfica, que ya hemos analizado, estudiaron el efecto que la gravedad clínica pudiera tener en la necesidad y duración de hospitalización y de soporte respiratorio. Una limitación a la hora de comparar estos resultados es que las escalas de gravedad clínica utilizadas en los distintos trabajos no son las mismas, y que aunque las escalas de valoración clínica son una forma de valorar de manera objetiva y reproducible la evolución clínica y la respuesta al tratamiento, en las BA no está demostrada su utilidad del todo, y por ello la variedad de escalas que utilizan los diferentes grupos.¹¹¹ Supino et al.¹¹³ describieron que a mayor gravedad de la escala clínica, mayor necesidad de soporte respiratorio con OAF/CPAP y mayor duración de oxigenoterapia. Özkaya et al.¹¹⁶ describieron que la escala clínica predijo de manera independiente la necesidad de hospitalización. En nuestro estudio, la puntuación de la

escala BROJOD en la segunda valoración que llevamos a cabo, tras el inicio del soporte respiratorio, y la edad, fueron variables que influyeron en la duración de ingreso en UCIP y en la duración de hospitalización total. Y también la puntuación de la escala BROJOD en la segunda valoración influyó, en el límite de la significación estadística, con la duración de la VNI. Estos resultados no coinciden con los que obtuvimos cuando analizamos la puntuación de la escala BROJOD al ingreso en UCIP, sin encontrar efecto ni en la duración de la estancia en UCIP, ni en la duración de hospitalización total, ni en la duración de la VNI. Esto podría explicarse si consideráramos que la segunda valoración de la gravedad clínica en nuestro estudio, tras 2-3 horas de ingreso, fue una valoración más exacta de la verdadera gravedad del paciente, y no así la del ingreso en UCIP, que pudiera haberse visto influenciada por una mayor desestabilización de los pacientes por haber tenido que someterse a un traslado hasta llegar a la UCIP, con mayor afectación de parámetros clínicos por irritabilidad o fiebre, factores que estarían parcialmente controlados en esa segunda valoración. La mayoría de los pacientes que incluimos en nuestro estudio procedían de los Servicios de Urgencias o de Hospitalización de Hospitales de la Red de la Comunidad de Madrid sin UCIP.

Analizar si la aireación pulmonar está más comprometida en los niños más pequeños (< 3 meses) y en los casos de infección por VRS.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que la afectación ecográfica es mayor en los lactantes más pequeños, y que el VRS no condiciona patrones ecográficos particulares.

Los lactantes pequeños, < 3 meses, y especialmente durante las primeras seis semanas de vida, tienen mayor riesgo de desarrollar cuadros clínicos graves, debido a factores anatómicos y del desarrollo, que les hacen más propensos a la obstrucción de la vía aérea superior y a la aparición de apneas, además de verse más afectados por su vía aérea distal más estrecha. No encontramos diferencias significativas en cuanto a la gravedad clínica entre los < 3 meses y los \geq 3 meses. Pero sí las encontramos en cuanto a la gravedad del patrón ecográfico. En el grupo de niños con patrón ecográfico de afectación severa (patrón de consolidación), hubo más niños < 3 meses (8 vs 2), y en el grupo de niños con patrón ecográfico de afectación leve (patrón de SI leve), hubo más niños \geq 3 meses (8 vs 4). Patrones de mayor pérdida de aireación pulmonar en los < 3 meses podría explicarse por una mayor afectación alveolo-intersticial en este grupo de edad, en contraposición con la obstrucción y el atrapamiento aéreo de los lactantes algo mayores, y al menor volumen torácico proporcional, de tal manera que el proceso patológico pudiera contactar con la pleura más frecuentemente haciéndose visible a la ecografía, sobre todo en el grupo de < 6 semanas. Estos resultados son concluyentes con los del estudio de Zoido Garrote et al.¹¹¹, donde encontraron igual gravedad clínica entre los dos grupos, pero en los < 3 meses, a igualdad de gravedad clínica una mayor puntuación del score de aireación pulmonar (aunque sin llegar a significación estadística); y con el estudio de San Sebastián Ruiz et al.¹¹⁷, donde encontraron un patrón ecográfico alterado significativamente más frecuente en los niños < 6 semanas.

En algunos estudios se ha valorado si el grado de afectación de la aireación pulmonar era mayor en los niños con BA por VRS, en comparación con los que tenían otra infección vírica, teniendo en cuenta que según los descrito en la literatura las BA VRS + son más severas.¹²³ Basile et al.¹¹⁰ describieron en su estudio un alto porcentaje de áreas afectadas (anteriores y posteriores) en los niños VRS+, en comparación con un alto porcentaje de áreas normales en los niños VRS-, sin encontrar ningún hallazgo específico en los primeros. También San Sebastián et al.¹¹⁷ encontraron un mayor score ecográfico en los niños VRS+, pero no significativo. Supino et al.¹¹³ encontraron un mayor porcentaje de pacientes VRS+ que precisaron soporte respiratorio, pero no fue significativo y no mencionan si encontraron diferencias ecográficas. En nuestro estudio, en cuanto a la gravedad clínica, si hubo más pacientes graves en el grupo de VRS + (90,6% vs. 68%), pero

no fue estadísticamente significativo, probablemente por la diferencia en el número de pacientes en cada grupo para un muestra total tan pequeña (27 vs. 9). En el caso de la valoración ecográfica, no encontramos patrones de afectación más severa en el grupo de VRS + (29,6% vs 22,2% para el patrón de consolidación, y 29,6% vs 33,3% para el patrón de SI moderado-severo). Estos resultados son superponibles a los que encontramos cuando comparamos el grupo de niños con infección por VRS +, con el de niños con coinfección de VRS y otro/s virus respiratorios. En cuanto a la gravedad clínica, si hubo más pacientes graves en el grupo de la coinfección (36,6% vs 16%), pero no fue estadísticamente significativo; y no encontramos patrones de afectación más severa en el grupo de coinfectados (62,5% vs 57,4% para los patrones de consolidación y SI moderado-severo). Sobre la mayor gravedad de las BA en casos de coinfección de varios virus existe controversia en la literatura, ya que es difícil determinar la patogenicidad de los virus coinfectantes, en especial del rinovirus.¹³⁰

Valorar la capacidad predictiva del score ecográfico de aireación pulmonar al inicio del soporte respiratorio no invasivo con la necesidad de VM.

Nuestros resultados no ponen de manifiesto que el score ecográfico de aireación pulmonar al inicio del soporte respiratorio no invasivo pueda utilizarse como predictor de fracaso de la VNI y, por lo tanto, de necesidad de intubación y VM.

La puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar no presentó diferencias significativas comparando el grupo de pacientes en los que tuvo éxito la VNI (n=25), con el grupo de pacientes en los que no lo tuvo (n=11), en ninguna de las dos evaluaciones. Y en el análisis multivariante, el score ecográfico tampoco tuvo relación con la necesidad de VM. Hasta la fecha no hay ningún otro trabajo que valore la capacidad predictiva de un score ecográfico de aireación pulmonar en la necesidad de intubación y VM en niños con BA. Igual que en el estudio de Ingelse et al.¹²², el score ecográfico no tuvo relación con la duración de la VM.

Identificar los marcadores clínicos de fracaso de la VNI para detectar precozmente a los pacientes que precisen intubación y VM.

Nuestros resultados no han identificado ningún marcador clínico como predictor de fracaso de VNI.

Durante los últimos años, la VNI ha ido cobrando cada vez más importancia como tratamiento de soporte respiratorio en la edad pediátrica, habiéndose demostrado en los pocos estudios que hay publicados hasta la fecha, la eficacia de la VNI en las BA en comparación con el tratamiento de soporte, evitando la necesidad de VM en un alto porcentaje de casos.^{30-32,36,48,51-52} La mayoría de los pocos estudios publicados, además, son estudios retrospectivos, habiendo sólo dos trabajos prospectivos⁵¹⁻⁵², que identifican varios posibles factores predictores de éxito o fracaso de la VNI. En nuestra serie, en el 68% de los pacientes tuvo éxito la VNI, similar a la tasa de éxito en BA descrita en otros estudios, que oscila entre 75,5% y 83%.^{48,51-52} Hay que señalar que nuestros pacientes presentaron fundamentalmente un fracaso respiratorio hipercápnico, con necesidades bajas de FiO₂, y en este grupo de pacientes se han descrito mayores tasas de éxito de la VNI en comparación con el fracaso respiratorio hipoxémico.^{39,55} En nuestro estudio, los niños que necesitaron VM fueron más pequeños, de menor peso, presentaron una mayor SpO₂ al ingreso, necesitaron menor FiO₂, y una mayor PS/PC (aunque esta variable estuvo al límite de la significación estadística). Es lógico pensar, y coincide con lo descrito en otros estudios, que a menor edad y menor peso es más probable que fracase la VNI, ya que el agotamiento y la aparición de apneas es más probable, y en nuestro estudio el principal

motivo de necesidad de intubación y necesidad de VM fue el empeoramiento clínico con hipercapnia asociada.^{48-50,55} Además, los pacientes más pequeños pueden presentar una mayor asincronía paciente-ventilador que sumado a las limitaciones tecnológicas de los ventiladores y las interfases usadas, dificulten la aplicación de la VNI.^{48,50} En nuestro estudio, aunque al límite de la significación, la necesidad de PC/PS (PIP) fue mayor en el grupo de fracaso que en el de éxito, como se ha descrito también con anterioridad.⁵⁰ Sobre la mayor SpO₂ y la menor necesidad de FiO₂ en el grupo que fracasó la VNI no encontramos una explicación clara, ya que la FiO₂ es un parámetro que ha sido identificado como predictor.⁵⁴⁻⁵⁵ Lo correcto hubiera sido utilizar para la valoración de la oxigenación el cociente S/F, pero este dato sólo constaba en un pequeño número de pacientes ya que se calculó de forma retrospectiva, y en la mayoría de los pacientes la SpO₂ fue > 97%, invalidando el cálculo de este parámetro. El cociente S/F se ha sugerido como factor predictor de fracaso de VNI según los distintos estudios a la hora, 2 horas o 6 horas de iniciada la misma, habiéndose identificado el punto de corte del cociente S/F en 200.^{45,50} A diferencia de los descrito en otros estudios, en el análisis multivariante, sólo pudimos identificar el peso y la PC/PS (en ambos casos al límite de la significación estadística, p=0,073), como marcadores independientes de éxito o de fracaso de la VNI. La disminución de la FC y de la FR en las primeras horas de haberse iniciado la VNI, se ha descrito como factores asociados al éxito de las misma en muchos trabajos.⁴⁸⁻⁵⁰ Nosotros no encontramos diferencias significativas entre los dos grupos, ni en los valores iniciales de FC y FR, ni en cuanto a su disminución a las 2-3 horas de iniciada la VNI. En ambos grupos bajó la FC, en el de éxito un media de 28,64 lpm y en el de fracaso, una media de 25,46 lpm. Lo mismo que ocurrió con la FR, aunque en este caso fue mayor la bajada de FR en el grupo de fracaso, de media 13,32 rpm, que en el de éxito 15,81 rpm. De nuevo, el tamaño muestral total pequeño, y por lo tanto el escaso número de niños que precisaron VM, pudieron ser responsables de estos resultados difíciles de explicar según lo publicado en la literatura. Tenemos que remarcar que nuestro estudio sólo incluyó pacientes en VNI modo BLPAP, y que los demás trabajos publicados sobre la utilidad de la VNI en pacientes con BA, incluye tanto pacientes ventilados en modo CPAP (la mayoría) y/o BLPAP. Dada la escasez de estudios que evalúen los posibles beneficios del empleo de una PC/PS en las BA, no sólo como terapia de rescate cuando fracasa la CPAP, es difícil hacer una comparación adecuada de nuestros resultados con los de los estudios mencionados hasta ahora.

Describir el patrón ecográfico pulmonar al ingreso en UCIP de las BA moderadas y graves que necesitan soporte respiratorio no invasivo.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que el patrón ecográfico de las BA moderadas y graves que necesitan soporte respiratorio no invasivo en UCIP no es específico, combinando zonas de SI moderado-severo en las partes posteriores y zonas de menor afectación de la aireación en las zonas antero-laterales.

En relación a los hallazgos ecográficos encontrados, la mayoría de los pacientes mostraron una combinación de SI leve y/o SI moderado-severo y/o consolidación. Ningún paciente tuvo una exploración ecográfica normal, dos sólo patrón ecográfico de SI leve, y un paciente sólo patrón ecográfico de consolidación. Sólo encontramos derrame pleural en dos paciente, y en ninguno datos de neumotórax.

De los 1440 cuadrantes totales explorados en las dos valoraciones ecográficas, 1393 pudieron ser valorados (hubo problemas de grabación o mala calidad de la imagen en 7 vídeos). El patrón patológico más frecuentemente encontrado fue el B3 y el C1, es decir, patrones ecográficos expresión de afectación intersticial moderada-severa, que supusieron el 22,8% de todos los cuadrantes explorados.

A efectos de la descripción del patrón ecográfico pulmonar al ingreso en UCIP, del total de 720 cuadrantes explorados (36x20 vídeos), fueron valorables un total 716. Teniendo en cuenta el porcentaje de pacientes y de áreas exploradas que lo presentaron, el hallazgo ecográfico patológico más común, también fue el SI moderado-severo en las regiones posteriores, seguido del SI leve en las regiones antero-laterales. Las consolidaciones, que se describieron hasta en 1 de cada 3 pacientes (36,1%), también se localizaron con más frecuencia en las regiones posteriores. El predominio de patrones de mayor pérdida de aireación pulmonar en regiones posteriores (SI moderado-severo y consolidación) podría explicarse, como ya hemos comentado con anterioridad, por la posición supina obligada de los lactantes, fundamentalmente en los más pequeños, y por el encamamiento, y coincide con los descrito por otros autores, que encontraron con más frecuencia en las áreas posteriores las consolidaciones y/o los grados más severos de SI. Únicamente Caiulo et al.¹⁰⁷ describieron con más frecuencia las consolidaciones en las partes anteriores y laterales.

Con nuestros resultados podríamos describir de una manera general el patrón ecográfico de los niños con cuadros moderados y graves de BA, como una combinación de datos ecográficos de afectación intersticial leve en las partes antero-laterales, y un compromiso mayor de la aireación pulmonar en las partes dependientes de la gravedad, con afectación intersticio-alveolar. Esta descripción ecográfica de las BA, coincide con la de otros autores. Caiulo et al.¹⁰⁷ y Zoido Garrote et al.¹¹¹ describieron, como hallazgos en la BA, la presencia de líneas B aisladas, zonas de pulmón blanco, consolidaciones subpleurales y anomalías de la línea pleural. Jaszcott et al.¹⁰⁹ diferenciaron las consolidaciones de < y > de 1 cm, y también reportaron hallazgos de derrame pleural, describiendo, como nosotros, el SI moderado-severo como el hallazgo más frecuente. En el estudio de San Sebastián et al.¹¹⁷ el patrón ecográfico patológico más frecuente también fue el SI moderado, seguido del SI severo. Zoido-Garrote et al.¹¹¹, Supino et al.¹¹³ y Taveira et al.¹¹⁴ clasificaron sus hallazgos en patrón normal, SI leve-moderado, líneas B compactas y consolidaciones. Algunos autores incorporaron el conteo de líneas B por espacio intercostal en sus estudios, para el cálculo del score ecográfico.¹²² En nuestro estudio sólo encontramos dos paciente (5,5% de la muestra total) con datos de derrame pleural, que contrasta de manera significativa con la serie de Yilmaz et al.¹¹⁹, en la que se detectó derrame pleural >5 mm en hasta el 50% de los pacientes, si bien este estudio tuvo por objetivo determinar la frecuencia de derrame pleural en las BA, y en nuestro estudio no se diseñó la recogida de datos para tener en cuenta este dato pudiendo infraestimarse su verdadera frecuencia. El único otro estudio que ofrece datos sobre la presencia de derrame pleural en las BA es el de Jaszcott et al.¹⁰⁹, en donde el 11,5% de los pacientes (3/26) lo presentaron, que se aproximaría más a nuestro resultado.

Estos hallazgos que describimos, sin embargo, no son específicos de las BA, pudiendo aparecer en otras muchas patologías respiratorias, virales o bacterianas, limitando la utilidad de la EP-PC en el diagnóstico diferencial de esta patología, siendo necesario su uso en combinación con la historia clínica, la exploración física y/u otras pruebas complementarias para un adecuado rendimiento diagnóstico. Una excepción podría ser los niños más mayores con BA, en los que con más frecuencia se da el patrón obstructivo. Dos estudios pusieron de manifiesto la utilidad diagnóstica de la EP-PC para discriminar el asma de las BA en niños con insuficiencia respiratoria aguda, e historia de cuadro respiratorio de vías altas y sibilancias.¹²⁰⁻¹²¹ La ausencia de hallazgos ecográficos iría a favor de un diagnóstico final de asma. Si se pudieran corroborar estos resultados en futuros estudios, la EP-PC sí podría entonces ser utilizada como una herramienta de diagnóstico diferencial en niños con sibilancias.

En todos los casos fue factible llevar a cabo de forma segura la exploración ecográfica, sin interrumpir ni interferir en el manejo clínico de los pacientes, pudiendo realizarse la

exploración completa de los 20 cuadrantes en menos de 5 minutos.

Estudiar la concordancia inter-observador entre los dos investigadores que participan en el estudio en cuanto a los hallazgos ecográficos.

Nuestros resultados ponen de manifiesto un grado de concordancia inter-observador entre moderado y bueno, con diferente concordancia dependiendo de si se compara la puntuación total del score ecográfico o los distintos patrones ecográficos.

Una de las potenciales limitaciones de la EP-PC sería la falta de una buena reproducibilidad de hallazgos entre distintos operadores, sobre todo con distintos niveles de experiencia, que limitarían la utilidad clínica de esta técnica a ecografistas experimentados y llevando a cabo la interpretación de las imágenes en tiempo real en el propio ecógrafo. En algunos de los trabajos del uso de la EP-PC en las BA se ha estudiado de alguna forma esta concordancia inter-operador o inter-observador con buenos resultados en general, si bien existen diferencias en cuanto a la experiencia del operador y el tipo de correlación que se lleva a cabo, siendo en algunos casos sólo la puntuación global del score de aireación pulmonar, y en otros también según patrones ecográficos. Basile et al.¹¹⁰ encontraron una concordancia excelente para patrones ecográficos entre los dos operadores. Supino et al.¹¹³ obtuvieron el mismo resultado, aunque para un score ecográfico global. En el estudio de Zoido Garrote et al.¹¹¹ también fue excelente la concordancia para la puntuación global del score, pero fue menor cuando se diferenciaron patrones ecográficos (muy buena para la detección de anomalías de la línea pleural y para el síndrome intersticial, y buena para la detección de consolidaciones), con la gran limitación para poder generalizar estos resultados de que sólo se compararon 30 vídeos elegidos al azar, y que los operadores fueron noveles (aunque la concordancia se estudió entre los operadores noveles y un revisor experimentado). En el trabajo de San Sebastián et al.¹¹⁷ se estudió la concordancia inter-observador entre las imágenes obtenidas por 6 ecografistas con distintos grados de experiencia, y un revisor experto, según patrones ecográficos (normal, SI moderado, SI severo y consolidación), y fue casi perfecta para un total de 200 vídeos. En otros estudios, sin embargo, los resultados no han sido tan buenos. Varshney et al.¹²⁰ encontraron una concordancia moderada para cualquier hallazgo ecográfico entre un operador novel y un revisor experto. Entre moderada y buena fue la concordancia que encontraron Ingelse et al.¹²², que usaron un doble score ecográfico para su estudio, siendo moderada la concordancia para los dos scores entre los dos ecografistas noveles que adquirieron las imágenes, y buena cuando se comparó uno de los ecografistas con un revisor experto, para un total de 320 vídeos. Cohen et al.¹²¹ sólo pudieron demostrar una escasa concordancia inter-observador en su estudio, entre dos ecografistas noveles y un revisor experto. En nuestro caso, para las medias de las puntuaciones del score ecográfico de aireación pulmonar (antero-lateral, posterior y total) de las dos valoraciones, al ingreso en UCIP y tras iniciar soporte respiratorio, la fuerza de la fiabilidad entre los dos investigadores fue excelente. Para las mediciones individuales de cada paciente, el grado de concordancia inter-observador, fue moderado para la puntuación del score ecográfico de aireación pulmonar antero-lateral, y buena para la puntuación total y posterior de las dos valoraciones, tras el ingreso en UCIP y tras el inicio de soporte respiratorio. La explicación a un menor grado de concordancia en las regiones antero-laterales podríamos encontrarla en que en estas regiones el hallazgo ecográfico más frecuentemente encontrado en nuestra serie fue el SI leve, en contraposición con el SI moderado-severo de las regiones posteriores. Y los patrones ecográficos extremos, de normalidad o pérdida completa de aireación pulmonar son más fáciles de identificar, incluso en expertos, que patrones intermedios de pérdida de aireación, como serían las líneas B no confluentes. Para los distintos patrones ecográficos definidos con el objetivo de este estudio, la fiabilidad de la concordancia inter-observador fue muy buena, tanto para los patrones analizados de manera individual (A, B1, B2, B3, C1 y C2), como para los

patrones agrupados (A, B1-B2, B3-C1 y C2) (índice de kappa de Cohen=0,8553 y 0,8191 respectivamente), para un total de 1240 cuadrantes comparados.

Nuestro trabajo tiene ciertas coincidencias con algunos de estos estudios. Igual que en el de Basile et al.¹¹⁰ y Supino et al.¹¹³, los dos investigadores que adquirieron y revisaron las imágenes eran expertos en la técnica de la EP-PC, en nuestro caso con más de 10 años de experiencia, y utilizándola en su práctica clínica diaria. Al igual que en el estudio de Zoido Garrote et al.¹¹¹ valoramos la concordancia no sólo del score ecográfico global, sino por patrones ecográficos. Pero hay una diferencia que puede marcar una discrepancia significativa a la hora de comparar la reproducibilidad de la EP-PC en nuestro estudio con otros, y es el número total de imágenes valoradas, que en nuestro caso fueron 1240, casi 4 veces más que el número total de vídeos valorados en el estudio con mayor muestra.¹²² Además, en las primeras fases de nuestro estudio, el investigador que obtenía los vídeos, los valoró directamente en el ecógrafo. Y el segundo investigador los revisó posteriormente una vez transferidos al ordenador. Tras darnos cuenta de que la calidad de las imágenes era mucho peor en el ordenador y que eso podría tener una influencia en nuestros resultados, se decidió valorar todas las imágenes en el ordenador una vez acabado el reclutamiento de pacientes, así manteniéndose los dos investigadores además ciegos a la historia clínica de cada niño. Esto también supone una diferencia con algunos de los otros estudios en los que la primera valoración de las imágenes se realizó a pie de cama. Una mayor muestra da fuerza a nuestros resultados, que ponen de manifiesto que incluso entre operadores expertos, formados juntos en la disciplina y que comparten práctica clínica a diario, hay discrepancias hasta moderadas en la interpretación de algunas imágenes (más llamativo en patrones intermedios de pérdida de aireación), que pondrían en entredicho la creencia de que la EP-PC es una técnica tan fácil de aprender y de interpretar tras una formación específica. En algunos de los estudios comentados vemos con cierto escepticismo la fiabilidad de los resultados que obtienen. No sólo respecto a la concordancia inter-operador, sino en general en cuanto a la fiabilidad de las imágenes obtenidas para su valoración, que pudiera modificar de manera sustancial sus resultados, y es que el grado de formación de los ecografistas en los distintos estudios es muy variable, y se sabe que la ecografía es un técnica operador dependiente, incluso llevándola a cabo según una técnica estandarizada, más aún en el caso de la EP-PC para la que todavía no hay un protocolo establecido generalizable para su formación. Por ejemplo, en el trabajo de Bueno-Campana et al.¹¹² participaron 9 ecografistas de distintos centros y con distinto nivel de experiencia, que recibieron un curso de formación previo al inicio del estudio. En el de Zoido Garrote et al.¹¹¹ se consideraron con experiencia en EP-PC dos operadores que habían realizado 25 ecografías pulmonares, y que recibieron un curso teórico-práctico de 2 horas previo al inicio del estudio. En el de San Sebastián et al.¹¹⁷, participaron cuatro ecografistas expertos, y otros dos que habían realizado sólo 25 ecografías previas y que recibieron un curso de formación específico. En el estudio de Varshney et al.¹²⁰, el único operador que adquirió las imágenes no tenía experiencia alguna en EP-PC, y recibió un curso de formación de 2 días. En el estudio de Cohen et al.¹²¹ los dos operadores noveles recibieron un curso teórico-práctico de formación previo. En el de Ingelse et al.¹²² los dos ecografistas noveles fueron adquiriendo formación con el revisor experto. Así pues, sólo en los estudios de Basile et al.¹¹⁰, Supino et al.¹¹³, Di Mauro et al.¹⁰⁶, y Ozkaya et al.¹¹⁶ los investigadores que obtuvieron las imágenes era médicos con gran experiencia en la EP-PC, más parecido a las características de los investigadores de nuestro estudio.

LIMITACIONES Y FORTALEZAS

Nuestro estudio tiene varias limitaciones. Al no tratarse de un estudio multicéntrico, nuestros resultados pueden no ser representativos de otras UCIP, y no ser extrapolables a la práctica clínica de otros hospitales.

La mayoría de nuestros pacientes no tienen factores de riesgo, salvo el antecedente de prematuridad leve o moderada, o la edad < de 6 semanas. Incluyendo pacientes con cardiopatía congénita, neumopatía, inmunodeficiencia, anomalías congénitas importantes o enfermedad metabólica o neurológica, existiría un mayor riesgo de desarrollar una enfermedad grave que previsiblemente podría modificar los resultados. Además, aunque nuestro porcentaje de éxito de VNI es similar al descrito en otras series, sólo pudimos incluir 11 niños que necesitaron VM. Con un mayor número de pacientes en necesidad de VM podría acentuarse la diferencia en el score ecográfico y, por lo tanto, ser más fácil identificar a los pacientes de riesgo de fracaso de VNI permitiendo anticiparse a la escalada de soporte respiratorio.

No existe ningún score ecográfico validado para las BA, y la clasificación de los hallazgos ecográficos se realizó de manera específica para este estudio. En nuestro estudio se evalúan más áreas pulmonares (20 áreas en total vs. máxima de 12 áreas en trabajos previos), además de clasificar los hallazgos ecográficos de manera más específica (patrones A, B1, B2, B3, C1 y C2), de manera que, aunque pudiera aportar más información, podría comprometer su reproducibilidad y aplicación clínica.

El score ecográfico de aireación pulmonar no puede evaluar zonas de sobredistensión, ni las zonas de pulmón subyacentes a las mismas. Esto supone que el score ecográfico de aireación pulmonar cuantitativo podría verse infraestimado en una patología como la BA que mezcla el patrón restrictivo con áreas de desreclutamiento alveolar, con el patrón obstructivo con áreas de hiperinsuflación. La utilidad clínica del score de aireación pulmonar en esta patología mixta podría ser menor que en patologías puramente restrictivas en las que ya se ha estudiado con anterioridad, como en el SDRA o las neumonías.

Los dos investigadores que grabaron y evaluaron las imágenes ecográficas son dos intensivistas pediátricos con amplia y larga experiencia en el uso de la EP-PC. Ésta es una técnica operador-dependiente ligada a una curva de aprendizaje específica y, por lo tanto, es razonable pensar que operadores con menos experiencia no obtendrían resultados similares.

La calidad de las imágenes de los vídeos grabados no es la misma que la calidad de las imágenes vistas en tiempo real. Por ello, a lo largo del estudio, decidimos no tener en cuenta la valoración ecográfica a pie de cama del investigador que había realizado la EP-PC, y una vez acabado el reclutamiento de los pacientes, los dos investigadores revisaron todos los vídeos grabados, quedando ambos ciegos a la historia clínica de los pacientes.

Los dos investigadores que llevaron a cabo la exploración ecográfica son intensivistas pediátricos. Aunque la evaluación de los vídeos se realizara a posteriori, durante la realización de la ecografía pudieron observar la situación clínica general del niño, y que la adquisición de imágenes se viera influenciada por la condición médica. En todo caso sólo fue uno de los dos investigadores por cada caso el que pudo verse influenciado por la condición médica (el que realizó la exploración ecográfica).

En relación con la identificación de factores de riesgo asociados al fracaso de la VNI, una limitación importante del estudio fue la imposibilidad de analizar la monitorización de la oxigenación mediante el cociente S/F por la pérdida de pacientes con $SpO_2 > 97\%$. Además, aunque en nuestro estudio se utilizó el mismo respirador convencional con módulo de VNI en todos los pacientes, según el año de inclusión, se usaron dos tipos de

interfases distintas. La variabilidad de material disponible para la administración de VNI limita extrapolar los resultados a otros centros.

Una fortaleza de nuestro estudio es que los dos investigadores que llevaron a cabo la realización e interpretación de las imágenes ecográficas son dos intensivistas pediátricos con una larga trayectoria y experiencia en EP-PC, que comparten práctica clínica diaria y que siguen una sistémica común en la técnica de exploración. Además, el número de imágenes ecográficas grabadas y evaluadas es mucho mayor que la de los otros estudios publicados hasta la fecha, casi cuatro veces mayor que el estudio que más imágenes compara. Estas dos peculiaridades pueden conferir a nuestro estudio una homogeneidad de obtención e interpretación de imágenes mucho mayor, y una mayor fiabilidad a la hora de evaluar la concordancia inter-operador, consiguiendo unos resultados más realistas y precisos.

CONCLUSIONES

1. La mejoría clínica asociada al soporte respiratorio no invasivo en las BA no depende de la mejoría en la aireación pulmonar.
2. La aireación pulmonar cuantificada mediante el score ecográfico de aireación pulmonar no tiene correlación alguna con la puntuación de la escala clínica de gravedad ni con las variables clínicas.
3. El score ecográfico de aireación pulmonar se relaciona con la duración del ingreso en UCIP y de la hospitalización total, pero no con la duración de la VNI, ni con la necesidad ni duración de la VM.
4. Los niños menores de 3 meses presentan una mayor pérdida de aireación pulmonar (cuantificada por un mayor score ecográfico), reflejando un mayor componente de afectación restrictiva que obstructiva, más propia de los lactantes de mayor edad.
5. El VRS aislado o en coinfección con otros virus respiratorios no condiciona diferentes patrones de aireación pulmonar.
6. La VNI tiene un alto porcentaje de éxito en las BA moderadas-severas, aunque no hemos identificado ningún marcador clínico como predictor precoz de su fracaso.
7. Los hallazgos ecográficos de las BA son múltiples pero inespecíficos, por lo que la EP-PC no puede utilizarse como una prueba independiente para el diagnóstico, debiendo ser considerada como una extensión de la evaluación clínica.
8. La concordancia inter-observador es buena, mejor para los patrones extremos que para los patrones intermedios de pérdida de aireación.

RESUMEN

La bronquiolitis aguda es un síndrome clínico muy frecuente en la infancia. Es una enfermedad inflamatoria de los bronquiolos, fundamentalmente causado por el virus respiratorio sincitial, que supone una gran carga asistencial anual tanto en atención primaria como hospitalaria. Sólo un pequeño porcentaje de los niños precisan ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP), fundamentalmente los lactantes más pequeños, y aquellos con factores de riesgo, por insuficiencia respiratoria o complicaciones de la enfermedad. Las pausas de apnea y el fallo hipercápnico secundario a fatiga son las causas más frecuentes de necesidad de ingreso en UCIP, aunque la hipoxemia producida por la formación de atelectasias puede también requerir soporte respiratorio avanzado. La bronquiolitis aguda es una entidad de difícil manejo clínico, ya que suele comportarse con un patrón mixto de patología restrictiva con áreas de pérdida de aireación y cortocircuito intrapulmonar, y un patrón obstructivo de atrapamiento aéreo y sobredistensión. El diagnóstico es clínico, y su tratamiento se basa fundamentalmente en medidas de soporte. El soporte respiratorio no invasivo (oxigenoterapia de alto flujo y ventilación no invasiva con uno o dos niveles de presión) proporciona oxígeno húmedo y caliente, y mejora los flujos inspiratorio y espiratorio, consiguiendo disminuir el esfuerzo respiratorio, el colapso dinámico de la vía aérea, y una mejoría del intercambio gaseoso, en muchos casos evitando la necesidad de intubación y ventilación mecánica.

La ecografía clínica o en el punto de atención, llevada a cabo por los profesionales directamente encargados del cuidado de los pacientes, ha supuesto un gran avance en la práctica clínica, permitiendo un estudio dinámico y dirigido, que aporta una información anatómica y/o fisiológica que integrar a los datos clínicos y de laboratorio, para la toma de decisiones terapéuticas y la monitorización de la respuesta. Su disponibilidad, inocuidad y la posibilidad de repetirla tantas veces como sea necesario, la han convertido en una herramienta indispensable en los Servicios de Cuidados Intensivos. El mayor potencial cancerígeno de la radiación ionizante en niños ha despertado el interés de esta disciplina en el campo de la Pediatría en los últimos años. La ecografía pulmonar clínica es una de las modalidades que más posibilidades ofrece. La técnica y la semiología son fáciles de aprender. Las imágenes que se obtienen son una combinación de artefactos e imágenes reales, en función de la normal aireación del pulmón, o de la pérdida de la misma por ocupación parcial o total de líquido. Dado que los artefactos pueden clasificarse de acuerdo con la relación aire/líquido, es posible crear puntuaciones que reflejen inversamente el grado de aireación pulmonar. En adultos se han usado distintos scores de puntuación cuantitativos para valorar el grado de aireación pulmonar, que parecen ser sólo útiles en trastornos pulmonares restrictivos (síndrome de distrés respiratorio agudo, neumonías, etc.). En los últimos años se han ido publicando algunos estudios sobre la utilidad de la ecografía pulmonar clínica en las bronquiolitis agudas. Se ha descrito el patrón ecográfico de las mismas, la correlación con la gravedad clínica, y cierta capacidad predictiva de los hallazgos ecográficos con la necesidad y duración de hospitalización, oxigenoterapia y soporte respiratorio distinto del oxígeno convencional, aunque no hay estudios suficientes que incluyan pacientes graves en UCIP.

Por lo tanto, no está comprobado que la mejoría de la función respiratoria que experimentan los niños con bronquiolitis agudas moderadas y graves sometidos a soporte respiratorio no invasivo en la UCIP sea debido a una mejoría de la aireación pulmonar, ni que patrones de mayor pérdida de aireación pulmonar supongan una mayor gravedad clínica. Por ello llevamos a cabo este estudio, para cuantificar la aireación pulmonar mediante ecografía, describir el patrón ecográfico al ingreso en UCIP de las bronquiolitis agudas moderadas y graves, analizar la asociación entre el score ecográfico de aireación pulmonar con la escala de gravedad clínica y con la evolución clínica, valorar la capacidad predictiva del score ecográfico de aireación pulmonar con la necesidad de ventilación mecánica, y estudiar la concordancia inter-observador en cuanto a los hallazgos ecográficos.

Llevamos a cabo un estudio prospectivo observacional en la UCIP del Hospital Universitario Ramón y Cajal, en tres periodos epidémicos de virus respiratorio sincitial. El estudio incluyó un total de 36 niños <2 años con diagnóstico de bronquiolitis aguda, que precisaron soporte respiratorio con oxigenoterapia de alto flujo o ventilación no invasiva, y en los que fue posible realizar dos exploraciones ecográficas. Se realizó una primera valoración clínica y ecográfica al ingreso en UCIP, y una segunda valoración tras 2-3 horas de haber iniciado el soporte respiratorio no invasivo. Se obtuvo un score de aireación pulmonar cuantitativo que poder comparar.

No pudimos demostrar que la aireación pulmonar cuantificada mediante el score ecográfico de aireación pulmonar tuviera correlación alguna con la puntuación de la escala clínica de gravedad, pero si encontramos relación con la evolución clínica posterior en cuanto a duración del ingreso en UCIP y duración de hospitalización total. Los niños menores de 3 meses presentaron una mayor pérdida de aireación pulmonar reflejando un mayor componente de afectación restrictiva. El virus respiratorio sincitial aislado o en coinfección con otros virus respiratorios no condicionó diferentes patrones de aireación pulmonar. Tampoco encontramos capacidad predictiva del score ecográfico de aireación pulmonar al inicio del soporte respiratorio no invasivo con la necesidad ni duración de ventilación mecánica. Los hallazgos ecográficos de las bronquiolitis agudas son múltiples pero inespecíficos, por lo que la ecografía pulmonar clínica no puede utilizarse como una prueba independiente para el diagnóstico, debiendo ser considerada como una extensión de la evaluación clínica. La concordancia inter-observador fue buena, mejor para los patrones extremos que para los patrones intermedios de pérdida de aireación.

ABSTRACT

Acute bronchiolitis is a very common lung infection in young children and infants. It is an acute inflammatory injury of the bronchioles caused by a viral infection, usually the respiratory syncytial virus, and represents a large annual health care burden in both outpatient and inpatient settings. Only a small proportion of children require admission to the Pediatric Intensive Care Unit, particularly young infants and those with risk factors, due to respiratory failure or disease's complications. Apnea and hypercapnic respiratory failure due to muscular fatigue are the most frequent reasons for admission to PICU, although hypoxemia caused by development of atelectasis may also require advanced respiratory support. Acute bronchiolitis usually presents with a mixed pattern of restrictive disease with areas of loss of aeration and intrapulmonary shunt, and an obstructive pattern of air trapping and overdistention, being a challenge its clinical management. Diagnosis of acute bronchiolitis is based on typical history and results of a physical examination, and its treatment is focused on supportive care. Non-invasive respiratory support (high-flow oxygen therapy and non-invasive ventilation with continuous positive airway pressure or two pressure levels) provides heated and humidified oxygen and improves inspiratory and expiratory flows, reducing respiratory effort, dynamic airway collapse, and improving gas exchange, in many cases avoiding the need for intubation and mechanical ventilation.

Point-of-care ultrasound, ultrasound imaging acquired and interpreted by a treating clinician at the bedside of the patient, has emerged as an advance in clinical practice, allowing a dynamic study, which provides anatomical and/or physiological information to be integrated with clinical and laboratory data, for therapeutic decision-making and monitoring response, increasing the diagnostic accuracy of the traditional bedside assessment. Its bedside availability, safety and the possibility of repeating it as many times as necessary, make point of care ultrasound an emerging valuable and essential tool in Intensive Care Units. The concern that children are at a greater risk than adults to develop cancer after being exposed to radiation, has increase the interest of this discipline in the field of Pediatrics in recent years. Clinical lung ultrasound offers a valuable tool for the management of respiratory diseases. The technique and semiology are easy to learn. Lung ultrasound is based on interpretation of artifacts along with true images, depending on the normal aeration of the lung or its partial or complete loss. Since artifacts can be classified according to the air/fluid ratio, it is possible to create scores that inversely reflect the degree of lung aeration. In adults, different quantitative scores have been used to assess the degree of pulmonary aeration, which seems to be only useful in restrictive pulmonary disorders (acute respiratory distress syndrome, pneumonia, etc.). In recent years, some studies have been published on the usefulness of clinical lung ultrasound in acute bronchiolitis. The ultrasound pattern and its correlation with clinical severity, and a certain predictive capacity of ultrasound findings for the need and length of hospitalization, oxygen therapy, and respiratory support other than conventional oxygen have been described, but there are lack of studies including critical patients in PICU.

Therefore, it has not been proven yet that the improvement in the respiratory function experienced by children with moderate and severe acute bronchiolitis undergoing non-invasive respiratory support in PICU is due to an improvement in pulmonary aeration, and neither that patterns of greater loss of pulmonary aeration lead to greater clinical severity. For this reason, we carried out this study, to quantify pulmonary aeration by ultrasound, describe the ultrasound pattern on admission to the PICU of moderate and severe acute bronchiolitis, analyze the association between the ultrasound pulmonary aeration score with the clinical severity score and with the clinical progression, to assess the predictive capacity of the ultrasound lung aeration score with the need for mechanical ventilation, and to study the inter-observer agreement regarding the ultrasound findings.

We conducted a prospective observational study in the PICU of Ramón y Cajal University Hospital, in three epidemic seasons of respiratory syncytial virus. The study included a

total of 36 children <2 years old with clinical diagnosis of acute bronchiolitis, who needed respiratory support with high flow oxygen therapy or noninvasive ventilation, and in whom it was possible to perform two ultrasound examinations. A first clinical and ultrasound evaluation was performed on admission to the PICU, and a second evaluation 2-3 hours after starting noninvasive respiratory support. A quantitative pulmonary aeration score was obtained.

We failed to demonstrate that the pulmonary aeration quantified by the ultrasound pulmonary aeration score had any correlation with the clinical severity, but we did find a correlation with the clinical progression in terms of length of PICU stay and length of hospital admission. Children younger than 3 months showed a greater loss of pulmonary aeration, showing a greater component of restrictive affectation. Respiratory syncytial virus infection, in single infection or in coinfection with other respiratory viruses did not determine different pulmonary aeration patterns. The ultrasound findings of acute bronchiolitis are multiple but non-specific, so clinical lung ultrasound cannot be used as an independent test for diagnosis, and should be considered as an extension of clinical evaluation. Inter-observer agreement was good, better for extreme patterns than for intermediate aeration loss patterns.

BIBLIOGRAFÍA

1. Orejón de Luna, G, Fernández Rodríguez, M. Bronquiolitis aguda. *Pediatr Aten Primaria Supl.*2012;(21):45-9.
2. López Guinea, A, Casado Flores, J, Martín Sobrino, MA, Espínola Docio, B, de la Calle Cabrera, T, Serrano, A, et al. Bronquiolitis grave. *Epidemiología y evolución de 284 pacientes. An Pediatr (Barc.)*.2007;67(2), 116-122.
3. García García ML, Korta Murua J, Callejón Callejón A. Bronquiolitis aguda viral. *Protoc Diagn Ter Pediatr*.2017;1:85-102.
4. Salvador García, C, Moreno Docón, A, Piñero, JA, Alfayate Miguelez, S, Iborra Bendicho, MA. Etiología de bronquiolitis en niños hospitalizados en el sureste de España. *An Pediatr (Barc.)*.2012;77(6):386-390.
5. Wang EE, Law BJ, Stephens D. Pediatric Investigators Collaborative Network on Infections in Canada (PICNIC) prospective study of risk factors and outcomes in patients hospitalized with respiratory syncytial viral lower respiratory tract infection. *J Pediatr*.1995;126(2):212-9.
6. Purcell K, Fergie J. Driscoll Children's Hospital respiratory syncytial virus database. Risk factors, treatment and hospital course in 3308 infants and young children, 1991 to 2002. *Pediatr Infect Dis J*. 2004 May;23:418-23.
7. Gil Bigatá T, Parrilla Parrilla J, Mayordomo Colunga J, Medina Villanueva A, García Cuscó M. Ventilación mecánica en la bronquiolitis. En: Medina Villanueva A, Pilar Oliva J, editores. *Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal*. Quinta edición. Oviedo: 2018. p 519-30.
8. Sinha IP, McBride AKS, Smith R, Fernades RM. CPAP and High Flow Nasal Cannula Oxygen in Bronchiolitis. *Chest*.2015 Sep;148(3):810-823.
9. Claudia Fuentes S, Guillermo Cornejo C, Raúl Bustos B. Actualización en el tratamiento de bronquiolitis aguda: menos es más. *Neumol Pediatr*.2016;11(2): 65 -70.
10. Grupo de Trabajo de la Guía de Práctica Clínica sobre Bronquiolitis Aguda. Fundació Sant Joan de Déu, coordinador. *Guía de Práctica Clínica sobre Bronquiolitis Aguda. Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud del Ministerio de Sanidad y Política Social. Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques; 2010. Guías de Práctica Clínica en el SNS: AATRM. No 2007/05*
11. Pons Ódena M, Pérez-Baena L. Bronquiolitis. En: López-Hercéd Cid J, Calvo Rey C, Rey Galán C, Rodríguez Núñez A, editores. *Manual de Cuidados Intensivos Pediátricos*. Quinta Edición. Madrid: 2019. p89-93.
12. Bekhof J, Reimink R, Brand Brand PL. Systematic review: insufficient validation of clinical scores for the assessment of acute dyspnea in wheezing children. *Paediatr Respir Rev*.2014;15: 98-112.
13. Wood DW, Downes JJ, Lecks H. A clinical scoring system for the diagnosis of respiratory failure. Preliminary report on childhood status asthmaticus. *Am J Dis Child*.1972;123:227-8.
14. Balaguer M, Alejandre C, Vila D, Esteban E, Carrasco JL, Cambra FJ, et al. Bronchiolitis Score of Sant Joan de Déu: BROSJOD Score, validation and usefulness. *Pediatr Pulmonol*.2017;52:5339.

15. Martínez-Blanco B, Martínón-Torres F. ¿Es urgente actualizar las guías de práctica clínica españolas para el tratamiento de la bronquiolitis aguda?. *An Pediatr (Barc)*.2016;85(2):106-8.
16. Ralston SL, Lieberthal AS, Meissner HC, Alverson BK, Baley JE, Gadomski AM, et al. Clinical practice guideline: The diagnosis, management, and prevention of bronchiolitis. *Pediatrics*.2014 Nov;134(5):e1474-502.
17. National Collaborating Centre for Women's and Children's Health (UK). *Bronchiolitis: Diagnosis and Management of Bronchiolitis in Children*. London: National Institute for Health and Care Excellence (NICE); 2015 Jun. PMID:26065055.
18. Moreel L, Proesmans M. High flow nasal cannula as respiratory support in treating infant bronchiolitis: a systematic review. *Eur J Pediatr*.2020 May;179(5):711-8.
19. Kwon JW. High-flow nasal cannula oxygen therapy in children: a clinical review. *Clin Exp Pediatr*.2020 Jan;63(1):3-7.
20. Arora B , Mahajan P , Zidan MA , Sethuraman U . Nasopharyngeal airway pressures in bronchiolitis patients treated with high flow nasal cannula oxygen therapy . *Pediatr Emerg Care*.2012;28(11):1179 -84 .
21. Bressan S , Balzani M , Krauss B , Pettenazzo A , Zanconato S , Baraldi E . High-flow nasal cannula oxygen for bronchiolitis in a pediatric ward: a pilot study . *Eur J Pediatr*.2013;172(12):1649-56 .
22. Pham TM, O'Malley L, Mayfield S, Martin S, Schibler A. The effect of high flow nasal cannula therapy on the work of breathing in infants with bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*.2015 Jul;50(7):713-20.
23. Kepreotes E, Whitehead B, Attia J, Oldmeadow C, Collison A, Searles A, et al. High-flow warm humidified oxygen versus standard low-flow nasal cannula oxygen for moderate bronchiolitis (HFWHO RCT): an open, phase 4, randomized controlled trial. *Lancet*.2017;389:930-9.
24. Franklin D, Babl FE, Schlapbach LJ, Oakley E, Craig S, Neutze J, et al. A randomized trial of high-flow oxygen therapy in infants with bronchiolitis. *N Engl J Med*.2018;378:1121-31.
25. Lin J, Zhang Y, Xiong L, Liu S, Gong C, Dai J. High-flow nasal cannula therapy for children with bronchiolitis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Dis Child*.2019;104:564-76.
26. Castaño-Jaramillo ML, Jaramillo-Bustamante JC, Florez ID. Continuous Positive Airway Pressure vs. High Flow Nasal Cannula in children with acute severe or moderate bronchiolitis. A systematic review and Meta-analysis. *Med Intensiva*.2022;46(2):72-80.
27. Abboud PA, Roth PJ, Skiles CL, Stolfi A, Rowin ME . Predictors of failure in infants with viral bronchiolitis treated with high-flow, high-humidity nasal cannula therapy. *Pediatr Crit Care Med*.2012; 13(6):343-9 .
28. Pons Ódena M, Gili Bigata T, Medina Villanueva A, Mayordomo Colunga A, Calderón Checa R. Ventilación no invasiva en Pediatría. En: Medina A, Pilar J, editores. *Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal*. Quinta Edición. Oviedo: 2018. p 403-424.

29. Pons-Ódena M, Cambra Lasaosa FJ. Ventilación no invasiva. *An Pediatr (Barc.)*.2003;59(2):155-80.
30. Beasley JM, Jones SEF. Continuous positive airway pressure in bronchiolitis. *BMJ*.1981;283:1506-9.
31. Soong WJ, Hwang B, Tang RB. Continuous positive airway pressure by nasal prongs in bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*.1993;16(3):163-6.
32. Thia LP, McKenzie SA, Blyth TP, Minasian CC, Kozłowska WJ, Carr SB. Randomized controlled trial of nasal continuous positive airways pressure (CPAP) in bronchiolitis. *Arch Dis in Child*.2008;93:45-7.
33. Milési C, Matecki S, Jaber S, Mura T, Jacquot A, Pidoux O, et al. 6 cmH₂O continuous positive airway pressure versus conventional oxygen therapy in severe viral bronchiolitis: a randomized trial. *Pediatr Pulmonol*.2013;48:45-51.
34. Essouri S, Durand P, Chevret L, Balu L, Devictor D, Fauroux B, Tissières P. Optimal level of nasal continuous positive airway pressure in severe viral bronchiolitis. *Intensive Care Med*.2011;37:2002-7.
35. Ganu SS, Gautam A, Wilkins B, Egan J. Increase in use of non-invasive ventilation for infants with severe bronchiolitis is associated with decline in intubation rates over a decade. *Intensive Care Med*.2012;38:1177-83.
36. Combret Y, Prieur G, Le Roux P, Médrinal C Non-invasive ventilation improves respiratory distress in children with acute viral bronchiolitis: a systemic review. *Minerva Anesthesiol*.2017; 83: 624-37.
37. Jat KR, Mathew JL. Continuous positive airway pressure (CPAP) for acute bronchiolitis in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*.2015.Issue 1.Art.No.:CD010473.
38. Jat KR, Mathew JL. Continuous positive airway pressure (CPAP) for acute bronchiolitis in children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*.2019.Issue 1.Art.No.:CD010473.
39. Essouri S, Nicot F, Clément A, Garabedian EN, Roger G, Lofaso F, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in infants with upper airway obstruction: comparison of continuous and bilevel positive pressure. *Intensive Care Med*.2005;31:574-80.
40. Delacroix E, Millet A, Pin I, Mortamet G. Use of bilevel positive pressure ventilation in patients with bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*.2020;55:3134-8.
41. Baudin F, Pouyau R, Cour-Andlauer F, Berthiller J, Robert D, Javouhey E. Neurally adjusted ventilator assist (NAVA) reduces asynchrony during non-invasiva ventilation for severe bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*.2015;50(12):1320-7.
42. Javouhey E, Barats A, Richard N, Stamm D, Floret D. Non-invasive ventilation as primary ventilatory support for infants with severe bronchiolitis. *Intensive Care Med*.2008;34:1608-14.
43. Clayton JA, Bryan M, Slain KN, Rotta AT, Shein SL. Outcomes of children with bronchiolitis treated with high-flow nasal cannula or noninvasive positive pressure ventilation. *Pediatr Crit Care Med*.2019;20(2):128-35.

44. Habra B, Janahi IA, Dauleh H, Chandra P, Vetten A. A comparison between high-flow nasal cannula and noninvasive ventilation in the management of infants and young children with acute bronchiolitis in the PICU. *Pediatr Pulmonol.*2020;55: 455-61.
45. Mayordomo-Colunga J, Pons M, López Y, Solana MJ, Martínez-Cambor P, Rodríguez-Núñez A, et al. Predicting non-invasive ventilation failure in children from the SpO₂/FiO₂ (SF) ratio. *Intensive Care Med.*2013;39:1095-103.
46. Yañez LJ, Yunge M, Emilfork M, Lapadula M, Alcántara A, Fernández C, et al. A prospective, randomized, controlled trial of noninvasive ventilation in pediatric acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med.*2008;9:484-9.
47. Pons M, Cambra Lasaosa FJ. Ventilación mecánica en pediatría (III). Retirada de la ventilación, complicaciones y otros tipos de ventilación. *An Pediatr (Barc).*2003;59:165-72.
48. Mayordomo-Colunga J, Medina A, Rey C, Los Arcos M, Concha A, Menéndez S. Predictores de éxito y fracaso en la ventilación no invasiva en la bronquiolitis aguda. *An Pediatr (Barc.).*2009;70:34-9.
49. Mayordomo Colunga J, Medina A, Rey C, Díaz JJ, Concha A, Los Arcos M, et al. Predictive factors of non invasive ventilation failure in critically ill children: a prospective epidemiological study. *Intensive Care Med.*2009;35:527-36.
50. Pons-Òdena M, Medina A, Modesto V, Martín-Mateos MA, Tan W, Escudero L, et al. ¿Cuáles son los factores predictores de fracaso de ventilación no invasiva más fiables en una unidad de cuidados intensivos pediátricos?. *An Pediatr (Barc).*2019;91(5):307-16.
51. Larrar S, Essouri S, Durand D, Chevret L, Haas V, Chabernaude JL, et al. Place de la ventilation non invasive nasale dans la prise en charge des broncho-alvéolites sévères. *Arch Pediatr.*2006;13:1397-403.
52. Champion A, Huvenne H, Leteurtre S, Noizet O, Binocge A, Diependaele JF, et al. Ventilation non invasive des nourrissons ayant une infection respiratoire sévère présumée à virus respiratoire syncytial: faisabilité et critères d'échec. *Arch Pediatr.*2006;13:1404-9.
53. Essouri S, Chevret L, Durand P, Haas V, Fauroux B, Devictor D. Noninvasive positive pressure ventilation: five years of experience in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.*2006;7:328-34.
54. Bernet V, Hug MI, Frey B. Predictive factors for the success of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med.*2005;6:660-4.
55. Joshi G, Tobias JD. A five-years experience with the use of BIPAP in a pediatric intensive care unit population. *J Intensive Care Med.*2007;22:38-43.
56. Vázquez Martínez JL, Coca Pérez, A. Ecografía pulmonar. En: Medina A, Pilar J, editores. *Manual de Ventilación Mecánica Pediátrica y Neonatal*. Quinta edición. Oviedo: 2018. p 665-687.
57. McLario DJ, Sivitz AB. Point-of-care ultrasound in pediatric clinical care. *JAMA Pediatr.*2015;169:594-600.
58. Singh Y, Tissot C, Fraga MV, Yousef N, González Cortés R, López J, et al. International evidence-based guidelines on Point of Care Ultrasound (POCUS) for critically ill neonates

- and children issued by the POCUS Working Group of the European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care (ESPNIC). *Critical Care*.2020;24: 65.
59. González Cortés R, Renter Valdovinos L, Coca Pérez A, Vázquez Martínez, JL. Ecografía en el punto de cuidado en las unidades de cuidados intensivos pediátricos españolas. *An Pediatr (Barc)*.2017;86:344-9.
60. Mayordomo Colunga J, González Cortés R, Carmen Bravo M, Martínez Más R, Vázquez Martínez JL, Renter Valdovinos L, et al. Ecografía a pie de cama: ¿es el momento de incluirla en la formación del pediatra?. *An Pediatr (Barc)*.2019;91(3):206.e1-e13.
61. Ayuela Azcárate JM, Clau-Terré F, Vicho Pereira R, Guerrero de Mier M, Carrillo López A, Ochagavía A, et al. Documento de consenso para la formación en ecografía en Medicina Intensiva. Proceso asistencial, uso de la técnica y adquisición de competencias profesionales. *Med Intensiva*.2014;38:33-40
62. Vieira RL, Hsu D, Nagler J, Chen L, Gallagher R, Levy JA, et al. Pediatric emergency medicine fellow training in ultrasound: Consensus educational guidelines. *Acad Emerg Med*.2013;20:300-6.
63. Zanforlin A, Giannuzzi R, Nardini R, Testa A, Soldati G, Copetti R, et al. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document I. *Multidiscip Respir Med*.2013;8:54.
64. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*.2012;38:577-91.
65. Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*.2014;100:9-15.
66. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med*.2005;12:844-9.
67. Volpicelli G, Boero E, Sverzellati N, Cardinale L, Busso M, Boccuzzi F, et al. Semi-quantification of pneumothorax volume by lung ultrasound. *Intensive Care Med*.2014;40:1460-7.
68. Smargiassi A, Inchingolo R, Soldati G, Copetti R, Marchetti G, Zanforlin A, et al. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document II. *Multidiscip Respir Med*.2013;8:55.
69. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F, et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Emerg Med*.2006;24:689-96.
70. Copetti R, Soldati G, Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound*.2006;6:16.
71. Bouhemad B, Brisson H, Le-Guen M, Arbelot C, Lu Q, Rouby JJ. Bedside ultrasound assessment of positive end-expiratory pressure-induced lung recruitment. *Am J Respir Crit*

Care Med.2011;183:341-7.

72. Bouhemad B, Liu ZH, Arbelot C, Zhang M, Ferarri F, Le-Guen M, et al. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reaeration in ventilator associated pneumonia. *Crit Care Med.*2010;38:84-92.

73. Gardelli G, Feletti F, Gamberini E, Bonarelli S, Nanni A, Mughetti M. Using sonography to assess lung recruitment in patients with acute respiratory distress syndrome. *Emerg Radiol.*2009;16:219-21.

74. Stefanidis K, Dimopoulos, Tripodaki ES, Konstantinos V, Politis P, Piperopoulos P, et al. Lung sonography and recruitment in patients with early acute respiratory distress syndrome: a pilot study. *Critical Care.*2011;15:R185.

75. Tusman G, Acosta CM, Constantini M. Ultrasonography for the assessment of lung recruitment maneuvers. *Crit Ultrasound J.*2016;8:8.

76. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest.*2005;127:1690-5.

77. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, Mussa A, Bar F, Francisco MF. Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure. *Am J Emerg Med.*2008;26:585-91.

78. Caltabeloti F, Monsel A, Arbelot C, Brisson H, Lu Q, Gu WJ, et al. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: a lung ultrasound observational study. *Crit Care.*2014;18:R91.

79. Soummer A, Perbet S, Brisson H, Arbelot C, Constantin JM, Lu Q, et al. Lung Ultrasound Study Group. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit Care Med.*2012;40:2064-72.

80. Vázquez Martínez JL, López de Pedro A, Coca Pérez, Montero Yéboles R, Pérez-Caballero Macarrón C. Bilateral diaphragmatic paresis after cardiac surgery: the key is the clinical point-of-care ultrasound. *Int J Crit Care Emerg Med.*2018;4:031.

81. Mayo P, Volpicelli G, Lerolle N, Schreiber A, Doelken P, Viellard-Baron. Ultrasonography evaluation during the weaning process: the heart, the diaphragm, the pleura and the lung. *Intensive Care Med.*2016;42:1107-17.

82. Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for Critically Ill Patients. *Am J Respir Crit Care Med.*2019;199 (6): 701-14.

83. Henrique de Souza T, Hersan Nadal JA, Oliveira Peixoto A. Lung ultrasound in children with pneumonia: inter-operator agreement on specific thoracic regions. *Eur J Pediatr.* 2019;178:1369-77.

84. Corsini I, Parri N, Dani C. Point-of-Care Lung Ultrasound in Neonatology. Ready or Not, Here It Comes!. *Chest.*2020;157(4): 759-60.

85. Chen SW, Zhang MY, Liu J. Application of Lung Ultrasonography in the Diagnosis of Childhood Lung Diseases. *Chin Med J.*2015;128:2672-8.

86. Shah VP, Tunik MG, Tsung JW. Prospective Evaluation of Point-of-Care Ultrasonography for the Diagnosis of Pneumonia in Children and Young Adults. *JAMA Pediatr.*2013;167(2):119-25.
87. Kurian J, Levin TL; Han BK, Taragin BH, Weinstein S. Comparison of Ultrasound and CT in the Evaluation of Pneumonia Complicated by Parapneumonic Effusion in Children. *Am J Roentgenol.*2009;193(6):1648-54.
88. Jones BP, Tay ET, Elikashvili I, Sanders JE, Paul AZ, Nelson BP, et al. Feasibility and safety of substituting lung ultrasonography for chest radiography when diagnosing pneumonia in children: a randomized controlled trial. *Chest.*2016;150(1):131-8.
89. Liu J, Liu F, Liu Y, Hua-Wei W, Zhi-Chun F. Lung Ultrasonography for the Diagnosis of Severe Neonatal Pneumonia. *Chest.*2014;146(2): 383-8.
90. Cantinotti M, Ali LA, Scalese M, Giordano R, Melo M, Remoli E, et al. Lung ultrasound reclassification of chest X-ray data after pediatric cardiac surgery. *Pediatric Anesthesia.*2018;28:421-7.
91. Song IK, Kim EH, Lee JH, Pyoyoon K, Hee-Soo K, Jin-Tae K. Utility of Perioperative Lung Ultrasound in Pediatric Cardiac Surgery. A Randomized Controlled Trial. *Anesthesiology.*2018;128:718-27.
92. Raimondi F, Rodríguez Fanjul J, Aversa S, Gaetano C, Yousef N, De Luca D, et al. Lung Ultrasound for the Diagnosing Pneumothorax in the Critically Ill Neonate. *J Pediatr.*2016;175:74-8.
93. Sameshima YT, Lourenço de Almeida JF, Silva MM, Remondini R, Haddad, LB, Neto JMF, et al. Ultrasound guided lung recruitment in a 3 month old infant with acute respiratory distress syndrome. *Ultrasound Q.*2014;30:301-5.
94. Buonsenso D, Brancato F, Valentini P, Curatola A, Supino M, Musolino AM. The Use of Lung Ultrasound to Monitor the Antibiotic Response of Community-Acquired Pneumonia in Children. A Preliminary Hypothesis. *J Ultrasound Med.*2020;39:817-26.
95. Raimondi F, Migliaro F, Sodano A, Umbaldo A, Romano A, Vallone G, et al. Can neonatal lung ultrasound monitor fluid clearance and predict the need of respiratory support?. *Critical Care.*2012;16:R220.
96. Raimondi F, Migliaro F, Sodano A, Ferrara T, Lama S, Vallone G, et al. Use of Neonatal Chest Ultrasound to Predict Noninvasive Ventilation Failure. *Pediatrics.* 2014;134(4):e1089-94.
97. Kaskinen AK, Martelius L, Kirjavainen T, Rautiainen P, Andersson S, Pitkänen OM. Assesment of Extravascular Lung Water by Ultrasound After Congenital Cardiac Surgery. *Pediatr Pulmonol.*2017; 52:345-52.
98. Rodríguez-Fanjul J, Serrano-Llop A, Balaguer M, Bautista-Rodríguez C, Moreno Hernando J, Jordan I. Usefulness of Lung Ultrasound in Neonatal Congenital Heart Disease (LUSNEHDI): Lung Ultrasound to Asses Pulmonary Overflow in Neonatal Congenital Heart Disease. *Pediatr Cardiol.*2016;37:1482-7.
99. Brat R, Yousef N, Klifa R, Reynaud S, Shankar-Aguilera S, De Luca D. Lung Ultrasonography Score to Evaluate Oxygenation and Surfactant Need in Neonates Treated With Continuous Positive Airway Pressure. *JAMA Pediatr.* 2015;169(8):e151797.

100. De Martino L, Yousef N, Ben-Ammar R, Raimondi F, Shankar-Aguilera S, De Luca D. Lung Ultrasound Score Predicts Surfactant Need in Extremely Preterm Neonates. *Pediatrics*. 2018;142(3):e20180463.
101. Alonso-Ojembarrena A, Lubián-López SP. Lung ultrasound score as early predictor of bronchopulmonary dysplasia in very low birth weight infants. *Pediatr Pulmonol*.2019;54(9):1404-9.
102. Raimondi F, Yousef N, Migliaro F, Capasso L, De Luca D. Point-of-care lung ultrasound in neonatology: classification into descriptive and functional applications. *Pediatr Res*. 2018;20:1-8.
103. Cantinotti M, Giordano R, Volpicelli G, Kutty S, Murzi B, Assanta N, et al. Lung ultrasound in adult and paediatric cardiac surgery: is it time for routine use?. *Interact CardioVasc Thorac Surg*. 2016;22:208-15.
104. Biagi C, Pierantoni L, Baldazzi M, Greco L, Dormi A, Dondi A, et al. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in children with acute bronchiolitis. *BMC Pulm Med*. 2018;18:191.
105. Buonsenso D, Musolino AM, Gatto A, Lazzareschi I, Curatola A, Valentin P. Lung ultrasound in infants with bronchiolitis. *BMC Pulm Med*. 2019;19:159.
106. Di Mauro A, Ammirabile A, Quercia M, Panza R, Capozza M, Manzionna MM, et al. Acute Bronchiolitis: Is There a Role for Lung Ultrasound?. *Diagnostics*. 2019;9(4): 172.
107. Caiulo VA, Gargani L, Caiulo S, Fisicaro A, Moramarco F, Latini G, et al. Lung ultrasound in bronchiolitis: comparison with chest X-ray. *Eur J Pediatr*.2011;170:1427-33.
108. Copetti R, Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. *Radiol Med*.2008; 113:190-8.
109. Jaszczolt S, Polewczyk T, Dotega-Kozierowska M, Wozniak M, Doniec Z. Comparison of lung ultrasound and chest X-ray findings in children with bronchiolitis. *J Ultrason*.2018; 18:193-7.
110. Basile V, DiMauro A, Scalini E, Comes P, Lofu I, Mostert M, et al. Lung ultrasound: a useful tool in diagnosis and management of bronchiolitis. *BMC Pediatr*.2015;15:63.
111. Zoido Garrote E, García Aparicio C, Torrez Villarroel CC, Vega García AP, Muñoz Fontán M, Oulego Erroz I. Utilidad de la ecografía pulmonar precoz en la bronquiolitis aguda leve-moderada: estudio piloto. *An Pediatr (Barc)*.2019;90(1):10-8.
112. Bueno Campana M, Sainz T, Alba M, Del Rosal T, Méndez-Echevarría A, Echevarría R, et al. Lung ultrasound for prediction of respiratory support in infants with acute bronchiolitis: A cohort study. *Pediatr Pulmonol*.2019;54:873-80.
- 113.- Supino MC, Buonsenso D, Scateni S, Scialanga B, Mesturino MA, Bock C, et al.. Point-of-Care lung ultrasound in infants with bronchiolitis in the pediatric emergency department: a prospective study. *Eur J Pediatr*.2019;178:623-32.
114. Taveira M, Yousef N, Miatello J, Roy C, Claude C, Boutillier B, et al. Un score échographique pulmonaire simple peut-il prédire la durée de ventilatio des nourrissons attenits de bronchiolite aiguë sévère?. *Arch Pédiatr*.2018;25:112-7.

115. Di Mauro A, Cappiello AR, Ammirabile, Abbondanza N, Bianchi FP, Tafuri S, et al. Lung Ultrasound and Clinical Progression of Acute Bronchiolitis: A Prospective Observational Single-Center Study. *Medicina*.2020;56:314.
116. Özkaya AK, Yilmaz HL, Kendir OT, Gökay SS, Eyüboğlu I. Lung Ultrasound Findings and Bronchiolitis Ultrasound Score for Predicting Hospital Admission in Children With Acute Bronchiolitis. *Pediatr Emerg Care*.2020;36: e135-42.
117. San Sebastian Ruiz, Rodríguez Albarrán, Gorostiza I, Gallettebeitia Laka I, Delgado Lejonagoitia C, Samson F. Point-of-care lung ultrasound in children with bronchiolitis in a pediatric emergency department. *Arch Pediatr*.2021;28:64-8.
118. La Regina PD, Bloise S, Pepino D, Iovine E, Laudisa M, Cristiani L, et al. Lung ultrasound in bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*.2021;56:234-9.
119. Yilmaz AE, Koktener A, Celik N, Akca H, Bilici M, Mete E. Frequency of pleural effusion in acute bronchiolitis and its effects on prognosis. *Multidiscip. Respir. Med*.2011;6(6): 371-6.
120. Varshney T, Mok E, Shapiro AJ, Li P, Dubrovsky AS. Point-of-care lung ultrasound in young children with respiratory tract infections and wheeze. *Emerg Med J* 2016;33(9):603–10.
121. Cohen JS, Hughes N, Tat S, Chamberlain JM, Teach SJ, Boniface K. The Utility of Bedside Lung Ultrasound Findings in Bronchiolitis. *Pediatr Emerg Care*.2017;33(2):97-100.
122. Ingelse SA, Pisani L, Westdorp MHA, Almakdase M, Schultz MJ, van Woensel JBM, et al. Lung ultrasound scoring in invasive mechanically ventilated children with severe bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol*.2020;55:2799-805.
123. Ghazaly M, Nadel S. Characteristics of children admitted to intensive care with acute bronchiolitis. *Eur J Pediatr*.2018;177:913-20.
124. Mikalsen IB, Halvorsen T, Oymar K. The outcome after severe bronchiolitis is related to gender and virus. *Pediatr Allergy Immunol*.2012;23:391-8.
125. Nascimento MS, Viera de Souza A, De Souza Ferreira AV, Rodrigues JC, Abramovici S, Ferreira Da Silva Filho LV. High rate of viral identification and coinfections in infants with acute bronchiolitis. *Clinics (Sao Paulo)*.2010;65:1133-7.
126. Oymar K, Skjerven H, Milkalsen I. Acute bronchiolitis in infants, a review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*.2014;22:23.
127. Robinson RF. Impact of respiratory syncytial virus in the United States. *Am J Health Syst Pharm*.2008;65:S3-6.
128. García CG, Bhoire R, Soriano-Fallas A, Trost M, Chson R, Ramilo O, et al. Risk factors in children hospitalized with RSV bronchiolitis versus non-RSV bronchiolitis. *Pediatrics*.2010; 126:e1453-60.
129. Green CA, Yeates D, Goldacre A, Sande C, Parsiow RC, McShane P, et al. Admission to hospital for bronchiolitis in England: trends over five decades, geographical variation and association with perinatal characteristics and subsequent asthma. *Arch Dis*

Child.2016;101:140-6.

130. Brand HK, de Groot R, Galama JMD, Brouwer ML, Teuwen K, Hermans PW, et al. Infection con multiples viruses is not associated with increased diseases severity in children with bronchiolitis. *Pediatr Pulmonol.*2012;47:393-400.

ANEXOS

ANEXO 1. Autorización del Comité de la Ética de la Investigación.



Conformidad de la Dirección del Centro

Dra. Belén de la Hoz Caballer Adjunta a la Gerencia de Gestión del Conocimiento del Hospital "Ramón y Cajal" y vista la autorización del Comité de la Ética de la Investigación que ha evaluado el estudio

CERTIFICA

Que conoce la propuesta realizada para que sea realizado en este Hospital el Proyecto de Investigación:

UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA PULMONAR CLÍNICA EN LA BRONQUIOLITIS MODERADA-GRAVE.

**Versión Protocolo Agosto 2017 tras aclaraciones CEI
HIP/CI versión Agosto 2017 tras aclaraciones CEI**

Y que será realizado por la **Dra. Ana Coca Pérez**, como Investigadora Principal.

Servicio: **Cuidados Intensivos Pediátricos**

Que acepta la realización de dicho Proyecto de Investigación en este Hospital siempre y cuándo no implique ningún gasto adicional para el centro.

Lo que firma en Madrid a 28 de Agosto de 2017




Fdo. Dra. Belén de la Hoz Caballer

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA LOS PADRES O TUTORES

Título del estudio: Utilidad de la ecografía pulmonar clínica en la bronquiolitis moderada-grave.

Promotores:

Dra. Ana Coca Pérez y Dr. José Luis Vázquez Martínez. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Ramón y Cajal, Madrid.

Propuesta de participación:

Se le está proponiendo participar, en nombre de su hijo/a, en un Proyecto de Investigación del Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad de Alcalá de Henares.

Descripción:

La bronquiolitis aguda es una enfermedad muy frecuente en la infancia que ocasiona una importante demanda de asistencia en atención primaria y en las urgencias hospitalarias. Es la causa más frecuente de ingreso por infección respiratoria aguda. Afecta a niños menores de dos años, siendo más frecuente por debajo del año de vida. Los niños afectados gravemente o aquellos con factores de riesgo (problemas cardíacos o respiratorios crónicos, prematuros o lactantes muy pequeños) tienen mayor riesgo de complicaciones, siendo las más serias la apnea y el fallo respiratorio. Los niños más graves necesitan ingreso en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP), para monitorización continua y tratamiento con apoyo respiratorio. El apoyo respiratorio puede consistir en oxigenoterapia de alto flujo nasal (OAFn), ventilación no invasiva (VNI) o ventilación mecánica (VM), dependiendo de la gravedad del cuadro.

En los últimos años se ha incrementado el uso en niños de la ecografía clínica para el estudio de los problemas respiratorios. Se entiende por ecografía clínica la ecografía a pie de cama realizada por el médico encargado del paciente, y no por médicos radiólogos. Varios estudios han puesto de manifiesto la utilidad de la ecografía clínica en niños hospitalizados con bronquiolitis. Estos estudios, sin embargo, incluye a una número pequeño de pacientes y son casos de bronquiolitis leves o moderadas. La ecografía pulmonar es una técnica fácil, rápida y segura. Además de para el diagnóstico y seguimiento de los problemas pulmonares, esta técnica permite monitorizar la respuesta a los tratamientos que habitualmente utilizamos (antibióticos, fisioterapia, apoyo respiratorio)

La ecografía clínica, por lo tanto, puede ser una buena herramienta para el diagnóstico, manejo y seguimiento de las bronquiolitis, con la gran ventaja de no producir irradiación.

Desde hace unos años los médicos de la UCIP realizamos ecografía pulmonar a pie de cama a todos los niños ingresados con problemas pulmonares como parte de nuestra rutina diaria. De la misma manera que de manera rutinaria hacemos una exploración física o auscultamos.

¿Cuáles son los objetivos del estudio?:

Los objetivos de nuestro estudio son dos:

- 1.- Establecer un patrón de imágenes de ecografía en las bronquiolitis moderadas y severas que ingresan en la UCIP para apoyo respiratorio. Conocer este patrón nos permitirá saber en el futuro con sólo realizar una ecografía, que niños con bronquiolitis necesitarán apoyo respiratorio incluso antes de que empeoren clínicamente.

2.- Establecer si la mejoría clínica que conseguimos al poner apoyo respiratorio con OAFn realmente es debido a que se genera una presión positiva en las vías respiratorias que abre las zonas del pulmón cerradas (reclutamiento alveolar)

¿Cuáles son los procedimientos involucrados?:

Participar en este estudio no va a suponer a su hijo/a ningún tratamiento ni procedimiento distinto al que recibiría de otra manera. La exploración clínica y valoración ecográfica son trabajo rutinario de la UCIP en todos aquellos niños que ingresan por dificultad respiratoria, independientemente de la participación en este estudio. La diferencia será el momento de realización de esa valoración clínico-radiológica y el uso de los datos que obtengamos para la investigación. Los datos clínicos y las imágenes radiológicas se incorporarán a una base de datos.

Al ingreso en la UCIP se hará una valoración clínica, una toma de constantes vitales y una exploración con ecografía. Tras la valoración inicial y según la gravedad del niño, se iniciará apoyo respiratorio con OAFn, VNI o VM. Después de 90 minutos de haberse iniciado el apoyo respiratorio se hará una nueva valoración y se recogerán los datos. Las valoraciones posteriores se harán a criterio de los médicos responsables, sin incluirse en el estudio los resultados obtenidas en ellas.

¿Qué beneficios esperamos?:

Esperamos obtener unos resultados que en el futuro permitan tomar decisiones sobre el apoyo respiratorio que necesitarán los niños con bronquiolitis al ingreso en el hospital antes de que se pongan clínicamente graves. También esperamos obtener datos sobre si existe algún grado de reclutamiento alveolar con la OAFn.

Por otro lado, el uso rutinario de la ecografía clínica, como llevamos haciendo en la Unidad desde hace unos años, nos permite reducir el número de radiografías convencionales que realizamos a los niños, con el consiguiente beneficio para los mismos al disminuir la irradiación que reciben.

¿Existe algún riesgo por participar en este estudio?:

No. Participar en este estudio no va a suponer a su hijo/a ningún tratamiento ni procedimiento distinto al que recibiría si no participara.

¿Habrá privacidad y confidencialidad?:

El tratamiento de los datos se hará con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal. Existe el derecho de acceso, rectificación y cancelación de los datos personales en cualquier momento.

Derechos de los participantes:

- La participación en el estudio es totalmente voluntaria. La no participación no supone ningún perjuicio para su hijo/a.
- La retirada del estudio se podrá hacer en cualquier momento, sin dar explicaciones y sin que suponga tampoco perjuicio alguno.

Responsable del estudio:

La responsable de este estudio (investigadora principal) es la Dra. Ana Coca Pérez, de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos del Hospital Ramón y Cajal. Sin embargo, los demás médicos que forman parte de la plantilla de esta Unidad podrán participar en el estudio en algún momento como investigadores colaboradores: Dr. José Luis Vázquez Martínez, Dr. César Pérez-Caballero Macarrón, Dra. Rocío Tapia Moreno, Dra. Diana Folgado Toledo y Dra. María Sánchez Porras.

Datos de contacto del investigador principal:

Dra. Ana Coca Pérez: 9133685060/ ana.coca@salud.madrid.org

CONSENTIMIENTO INFORMADO POR ESCRITO

Título del Proyecto de Investigación: Utilidad de la ecografía pulmonar clínica en la bronquiolitis moderada-grave.

Yo, (nombre y apellidos del padre, madre o tutor legal)

.....

He leído la hoja de información que se me ha entregado.
He podido hacer preguntas sobre el estudio.
He recibido suficiente información sobre el estudio.
He hablado con:

.....

(Nombre del Investigador)

Comprendo que la participación de mi hijo/a es voluntaria.
Comprendo que puedo retirarle del estudio:
1º Cuando quiera
2º Sin tener que dar explicaciones
3º Sin que esto repercuta en sus cuidados médicos

Presto libremente mi conformidad para que mi hijo/a participe en el estudio.

FIRMA DEL RESPONSABLE (madre, padre o tutor legal):

D.N.I.:

FECHA:

FIRMA DEL INVESTIGADOR:

D.N.I.:

FECHA:

ANEXO 3. Sistema de oxigenoterapia de alto flujo Vapotherm Precision Flow® e interfaces nasales.



ANEXO 4. Respirador Servo i (Maquet®) e interfaces (mascarillas nasales Miniflow®, Medin® y mascarillas *total-face* PerforMax®, Respironics ®) usadas para administrar ventilación no invasiva.



ANEXO 5. Equipo de ecografía SonoSite® Edge II total, y sonda de exploración lineal de alta frecuencia SonoSite L25x/13-6 Mhz.

