

ARTRODESIS POSTERIOR C1-C2. RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE LA FIJACIÓN TRANSARTICULAR E INTERARTICULAR EN UNA SERIE 36 PACIENTES

Departament de Cirurgia / Universitat Autònoma de Barcelona

Direcció: Dr Jose Maria Cladellas Ponsa

Autor: Agustí Bescós Cabestre

Trabajo de investigación. Año 2012. Convocatoria Setiembre

INDICE

- Resumen	3
- Introducción	4- 22
1. Causas de la inestabilidad de columna cervical alta.....	4-18
2. Tratamiento quirúrgico de la inestabilidad C1-C2.....	18-22
- Revisión y actualización bibliográfica.....	23-26
- Hipótesis	27
- Objetivo del trabajo	28
- Material y método	29-38
- Resultado	39-44
- Discusión	45-47
- Conclusiones	48
- Bibliografía.....	49-51

RESUMEN

Objetivo. Analizar los resultados de la fijación transarticular e interarticular en dos series de pacientes.

Métodos. Se analizaron 36 pacientes con inestabilidad C1-C2, 20 tratados mediante fijación transarticular, y 15 con fijación interarticular. Se obtuvieron datos sobre las complicaciones, evolución radiológica y resultados clínicos.

Resultados. De los tratados con fijación transarticular se obtuvieron resultados buenos en 17 casos, regular en 2 y malo en 1. En la fijación interarticular en 14 se obtuvieron un buen resultado, y regular en 2.

Conclusiones. La fijación C1-C2 transarticular e interarticular resulta segura, con presentando altas tasas de buenos resultados con pocas complicaciones.

PALABRAS CLAVE: Fijación transarticular. Fijación interarticular. Inestabilidad C1-C2. Fractura Hangman. Lesión arteria vertebral.

RESUM

Objectiu. Analitzar els resultats de la fixació transarticular i interarticular en dos series de pacients.

Mètode. Es van analitzar 36 pacients amb inestabilitat C1-C2, 20 tractats amb fixació transarticular i 15 amb interarticular. Es van recollir dades sobre las complicacions, evolució radiològica i resultats clínics.

Resultats. Dels tractats amb fixació transarticular es van obtenir bons resultats en 17 casos, regular en 2 i dolent en 1. En la fixació interarticular en 14 es van obtenir un bon resultat, i regular en 2.

Conclusions. La fixació C1-C2 transarticular i interarticular resulta segura, amb altes taxes de bons resultats i poques complicacions.

PARAULES CLAU: Fixació transarticular. Fixació interarticular. Inestabilitat C1-C2. Fractura Hangman. Lesió arteria vertebral.

INTRODUCCIÓN:

El segmento cervical superior está formada por las dos primeras vértebras cervicales, el atlas (C1) y el axis (C2), aunque por su unión biomecánica se incluye los cóndilos occipitales y el foramen magnum. Además de las estructuras óseas, se añaden los elementos ligamentos (como ligamentos transversos y alares), capsulares y musculares. Todo ello envuelve y protege a estructuras nerviosas y vasculares tan importantes como la médula espinal y las arterias vertebrales.

El conjunto cóndilo-occipital-C1-C2 forma una unión biomecánica que permite la rotación y la flexo-extensión del cuello y la cabeza. La primera vértebra cervical posee el mayor rango de movilidad de toda la columna vertebral.

La inestabilidad atloaxoidea (C1-C2) puede ser causada por diversas patologías como traumatismos sobre la columna cervical alta, procesos inflamatorios como la artritis reumatoide, tumores, infecciones o anomalías congénitas como el os odontoideum. La articulación atloaxoidea posee el mayor rango de movilidad de toda la columna en flexión, extensión y rotación. La estabilidad de este segmento está conferida por la odontoides y las estructuras ligamentosas que la rodean como el ligamento transversos y los ligamentos alares.

1. Causas de inestabilidad de la columna cervical alta:

1.1 Traumatismos

Un gran porcentaje de las lesiones traumáticas de la columna se producen en el segmento cervical alto. La mayoría no generan inicialmente lesiones neurológicas, o no suelen ser de gran intensidad. Esto es debido a la protección de la médula en este segmento, derivado de un diámetro de canal ancho y de estructuras ligamentosas y capsulares que lo protegen. Además, las arterias vertebrales a este nivel poseen una marcada elasticidad que permite desplazamientos traumáticos de estructuras óseas sin apenas repercusión vascular patológica.

Luxación occipitoatloidea

Se produce por la ruptura total de los ligamentos y cápsulas articulares que unen el atlas y la odontoides al hueso occipital. Se produce en accidentes a alta velocidad. La separación traumática entre el atlas y el hueso occipital suele ser incompatible con la vida.

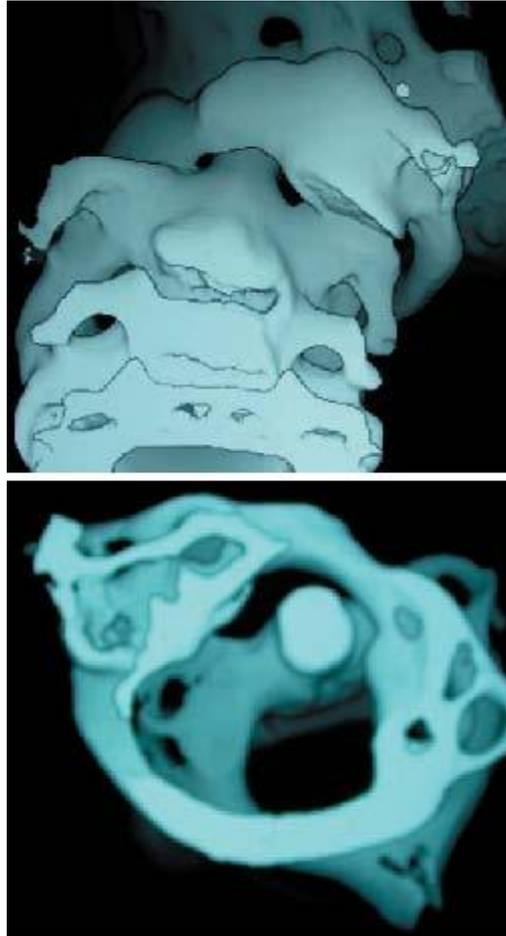
Luxación rotatoria atloaxoidea

Puede estar causada por traumatismos de poca intensidad, implicando rotación sagital del tronco, aunque también se encuentra en traumatismos graves. La cabeza se encuentra rotada hacia a un lado, e inclinada hacia el otro. El paciente no puede rotar la cabeza hacia el otro lado y se suele asociar con un espasmo intenso del músculo esternocleidomastoideo medial a la rotación. No suele asociar clínica neurológica.

El diagnóstico radiológico se realiza con RX simple y TC preferentemente, objetivando desalineación compensatoria de las apófisis espinosas y desalineación de las masas laterales de C1.

La clasificación más utilizada es la Fielding y Hawkins 1977 ^{6,20}. El tipo I consiste en una rotación anterior unilateral de una masa del atlas que pivota alrededor de la odontoides manteniéndose la integridad del ligamento transversal del atlas. El *Tipo II*, en el que también existe un desplazamiento unilateral anterior de una masa del atlas, éste se realiza pivotando sobre la articulación atloaxoidea contralateral lo que provoca una separación atloaxoidea de hasta 5 mm. El ligamento transversal del atlas puede, en este caso, ser deficiente. El *Tipo III* ocurre cuando existe una subluxación anterior de ambas masas laterales del atlas. La separación atloaxoidea puede superar los 5 mm., lo que presupone un ligamento transversal totalmente incompetente. Los raros casos del *Tipo IV* representan una subluxación uni o bilateral posterior de las masas del atlas, se suelen presentar en coexistencia con una epifisiolisis o bien con una agenesia de la odontoides

La gran mayoría de los tipos I y II, se reducen y retornan a la normalidad funcional en menos de una semana con medidas terapéuticas simples (ortesis blandas, analgésicos y relajantes musculares); únicamente las que persisten más allá de una semana necesitarían manipulaciones o tracciones para su reducción, seguido de la colocación de sistemas de contención como Minervas moldeadas, o según algunos autores halos craneotorácicos. Aquellos casos recidivantes, no reductibles por manipulación o tras tres semanas de tratamiento ortésico, podrán precisar de un tratamiento quirúrgico mediante fijaciones instrumentadas posteriores. Los casos con luxaciones tipo III o IV precisaran tratamiento quirúrgico mediante fijaciones instrumentadas posteriores.



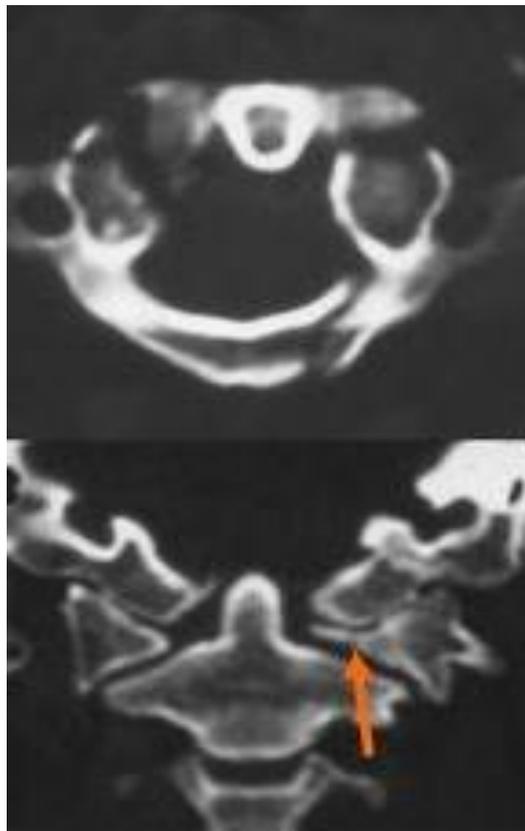
Luxación rotatoria atloaxoidea tipo I

Fracturas del atlas:

Representan del 5-15% de todas las fracturas de la columna cervical y del 1-3% de todas las fracturas de la columna vertebral. En la mitad de los casos se asocian fracturas del axis.

Dada la especial configuración anatómica del atlas, los traumatismos sobre esta vértebra pueden producir una considerable combinación de lesiones sobre las masas o los arcos de esta vértebra, lesiones ya clasificadas por Jefferson en 1920 en siete tipos: *Tipo a* que representa una fractura del arco anterior uni o bilateral. *Tipo b* con fractura del arco posterior uni o bilateral. *Tipo c* o fractura simple de una masa lateral. *Tipo d* o fractura conminuta de la masa lateral (el ligamento transversal del atlas está posiblemente dañado). *Tipo e* o verdadera fractura de Jefferson en la que los arcos anterior y posterior del atlas están fracturados bilateralmente; *Tipo f* con fracturas unilaterales a la vez del arco anterior y del arco posterior lineales o cruzadas y *Tipo g* que se asimila a la rotura aislada del ligamento transversal del atlas. Las fracturas *Tipo e* y algunas *d* y *g* son inestables. En las fracturas *Tipo e* puede producirse una separación lateral de ambas masas del atlas. Si la suma de desplazamiento lateral de ambas masas es superior a 7 mm. existe una muy alta probabilidad de que se asocie una ruptura del ligamento transversal convirtiendo a estas fracturas en altamente inestables. Los pacientes con fracturas aisladas del atlas que llegan al hospital casi nunca presentan síntomas neurológicos. Existen pocos datos para sospechar una fractura del atlas en los pacientes

traumáticos que llegan al hospital inconscientes. En los pacientes lúcidos, el mecanismo del accidente, junto a la presencia de contractura y dolor cervical, limitación de los movimientos de la cabeza, dolor suboccipital, o anestesia o neuralgia occipital pueden orientar el diagnóstico. La presencia de un hematoma retrofaríngeo puede objetivarse o sospecharse ante la presencia de disfagia o disartria. Unos pocos casos pueden presentar síntomas o signos neurológicos mielorradiculares altos o por lesión de la arteria vertebral. El diagnóstico se confirmará con las exploraciones de neuroimagen. Aunque en ocasiones podemos objetivar o sospechar una fractura del atlas en las RX simples, el mejor método de exploración para objetivar una fractura de C1 es la TAC con ventana ósea o la TAC 3 D. Los ligamentos, partes blandas, médula o arterias vertebrales se podrán ver bien con RNM o angio-RNM. La gran mayoría de los casos diagnosticados precozmente pueden ser tratados con medios conservadores. Las ortesis cervicales tipo Philadelphia o SOMI pueden ser suficientes en la mayoría de estas lesiones. Las lesiones inestables recientes tipo *d* y *e* pueden ser tratadas mediante la colocación de halos craneotorácicos entre 10 y 15 semanas. Algunos casos con desplazamientos de las masas de C1 podrán requerir alineación de la fractura con tracciones cervicales. Si se opta por el tratamiento inicial con métodos conservadores, los pacientes requerirán exhaustivos controles de neuroimagen evolutivos. Puede ser recomendable proponer a los pacientes con claras lesiones inestables un tratamiento quirúrgico inicial mediante fijaciones instrumentadas occipitocervicales o fijaciones C1-C2 con reducción intraoperatoria en el caso de desplazamientos de estas fracturas. La cirugía estará indicada siempre en los pacientes a los que se les diagnostica una lesión inestable del atlas tardíamente.



Fractura de Jefferson

Fracturas del axis:

Representan un 20% de todas las fracturas cervicales. De éstas, un 50% son fracturas de la apófisis odontoides, un 25% son fracturas de los pedículos y otro 25% asientan en el cuerpo del axis o en otras localizaciones menos frecuentes.

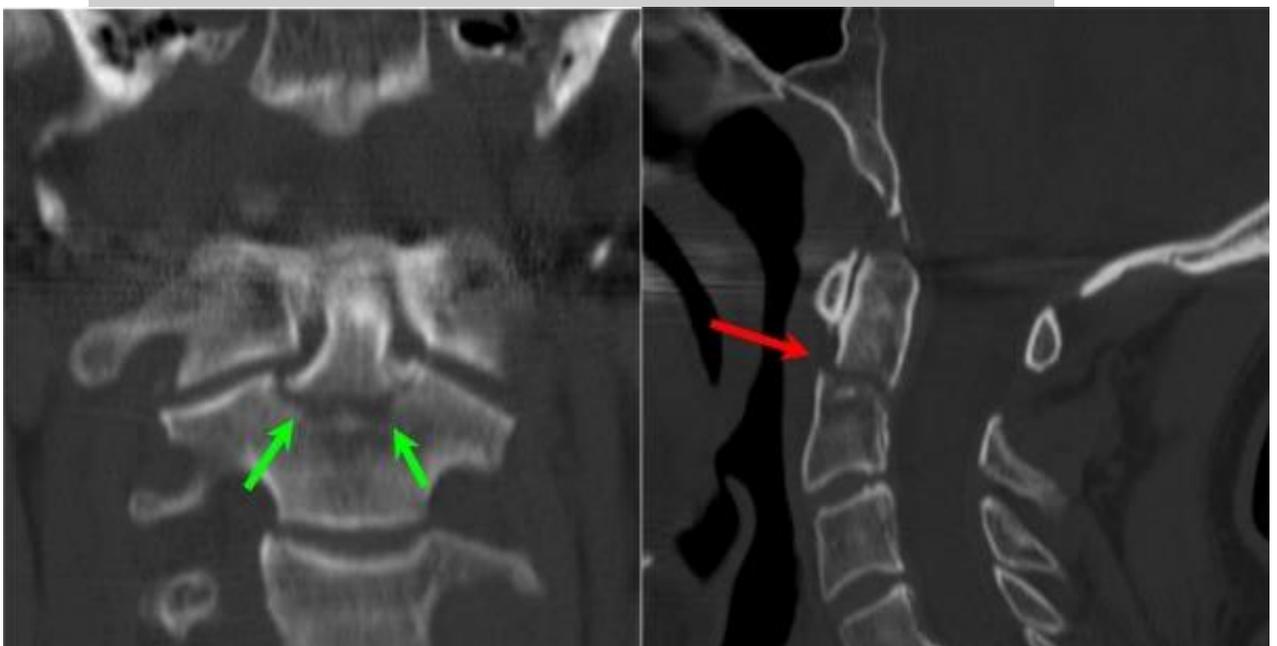
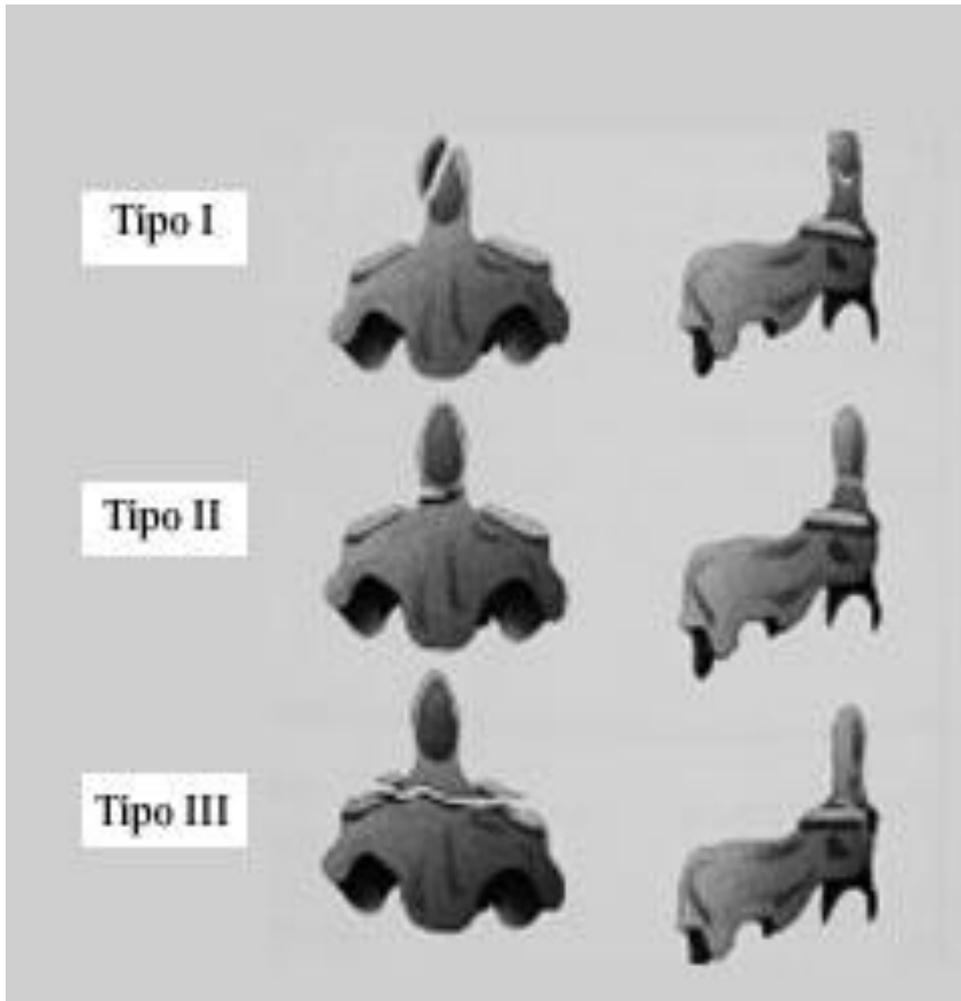
La fracturas de apófisis odontoides es el tipo de fractura más frecuente de la columna cervical alta. La fractura de la base de la odontoides es tremendamente inestable y con una peligrosidad evolutiva potencial enorme si no se logra su consolidación. El manejo terapéutico de las fracturas crónicas de la base de la apófisis odontoides es totalmente distinto del de las fracturas agudas. Se considera como aguda a aquella fractura con menos de 4 semanas de evolución desde el accidente. La gran mayoría de los pacientes con fracturas de la apófisis odontoides (AO) están neurológicamente indemnes. Sin embargo, es un tipo de fractura que puede producir la muerte por cizallamiento medular o graves lesiones neurológicas en el momento del accidente¹. Puede aparecer clínica de mielopatía cervical tardía semanas, meses o incluso años después de producirse la fractur. Aquellos pacientes asintomáticos neurológicamente, que con un correcto tratamiento consiguen la reducción, fijación y fusión ósea de su fractura, consiguen la curación de estas graves lesiones. En ocasiones estas fracturas pueden pasar desapercibidas y son diagnosticadas tardíamente, cuando ya existe una pseudoartrosis establecida, que indudablemente va a dificultar y complicar su tratamiento. Igual grado de dificultad existirá en los casos que no consiguen una correcta unión ósea con tratamientos iniciales no efectivos. Las fracturas de la AO tienen que ser consideradas como una grave enfermedad con capacidad lesional evolutiva. Un correcto tratamiento en las fases iniciales puede conseguir la curación de estos pacientes. Un fracaso terapéutico o un retraso diagnóstico va a conllevar la necesidad

La gran mayoría de las fracturas de la AO pueden ser diagnosticadas mediante estudios radiológicos simples tras el accidente; las radiografías en proyecciones anteroposterior y lateral mostrarán la línea de fractura así como sus posibles desplazamientos. Esta exploración puede completarse mediante estudios con TAC y RNM, para valorar posibles lesiones ligamentosas u óseas asociadas y el estado de la médula.

La gran mayoría de las fracturas de la AO sólo presentan dolor cervical y cierto grado de impotencia funcional para los movimientos de la cabeza. Menos del 6% de casos se presentan en el hospital con clínica neurológica.

La clasificación más utilizada es la propuesta por Anderson y d'Alonzo ^{1,20} en 1974. Para estos autores existen tres tipos de fracturas: el *Tipo I*, que representa una fractura del vertex de la AO; el *Tipo II*, donde la fractura cruza la base de la odontoides cuando ésta se une al cuerpo del axis y el *Tipo III*, en que la fractura se extiende al cuerpo del axis. Más del 60% de fracturas de la AO corresponden al tipo II.

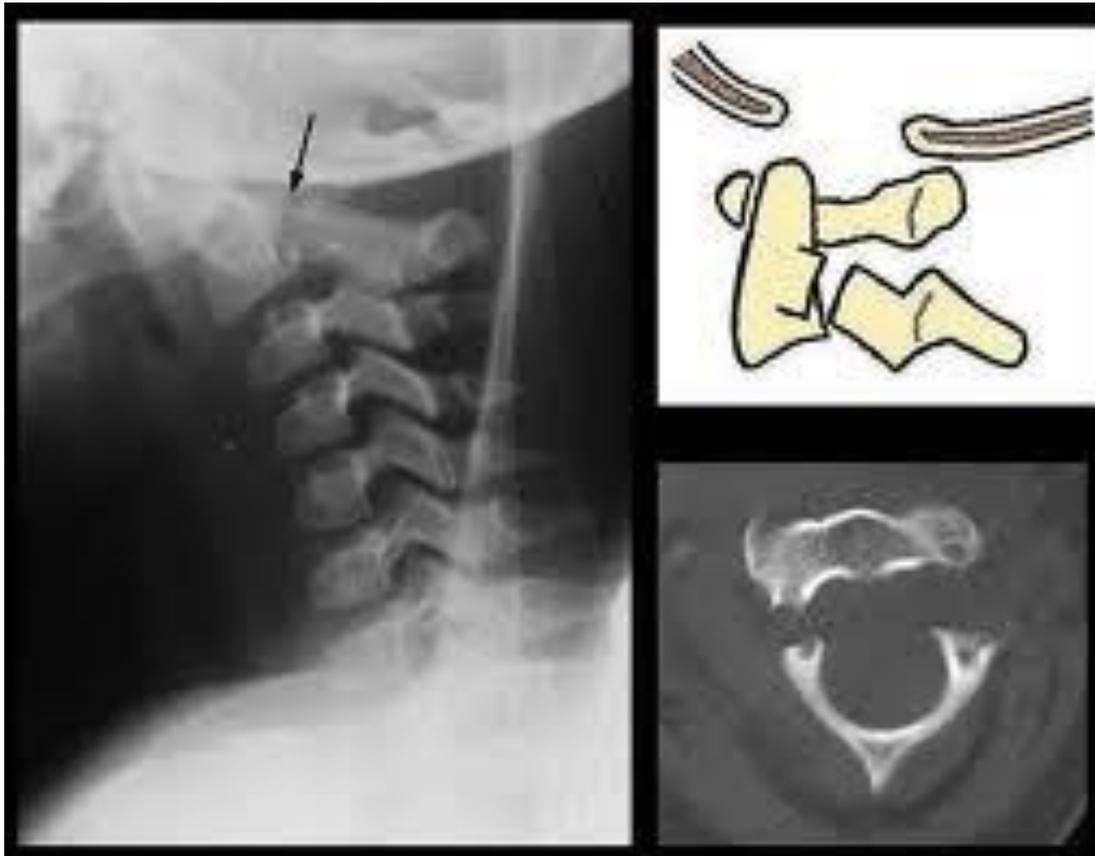
Las fracturas de tipo I pueden manejarse mediante métodos conservadores de contención ortopédica, y las tipo II y III se consideran inestables, y deben ser tratadas mediante osteosíntesis anterior o fijación posterior.



Fractura de odontoides tipo III

Las fracturas de pedículos del axis se conocen también con la denominación de fractura de la “pars interarticularis”, espondilolistesis traumática del axis o fractura de *hangman*.

Es un tipo de fractura que, en su mayor expresividad, se presenta en los reos condenados a la horca, fractura que en estos casos se asocia a una brutal luxación C2-C3 por un mecanismo de hiperextensión distracción. También puede presentarse por un mecanismo de hiperextensión compresión en accidentes de circulación o caídas. El objetivo en las fracturas de *hangman* provocadas por ahorcamiento es la muerte del reo por cizallamiento medular y de las arterias vertebrales. En las demás fracturas el tipo de manifestaciones neurológicas puede ser muy variable, aunque normalmente con poca expresividad. En la mayoría de casos sólo existe dolor cervical y en menos de la mitad neuralgia occipital por irritación de la raíz C2. Muchas de estas fracturas se asocian a traumatismos craneoencefálicos. Se han propuesto distintos esquemas de clasificación de estas fracturas. Actualmente se utiliza la clasificación de según clasificación Effendi modificada por Levine ¹² de 1985. Según estos autores estas fracturas pueden dividirse en cuatro tipos: *Tipo I*, en donde la fractura pasa a través de la base del pedículo con < de 3 mm. De separación y sin angulación C2-C3; *Tipo II*, en donde la separación de los fragmentos del pedículo es > a 3 mm. y existe una angulación entre C2-C3 < a 11° ; *Tipo IIa* con grave angulación entre C2-C3, posibilidad de luxación de las facetas de estas vértebras y fractura oblicua de la “pars interarticularis” (de borde anteroinferior a borde posteroinferior); El *Tipo III* es la verdadera fractura del ahorcado con fractura del arco de C2 y separación-luxación C2-C3. Las fracturas de los pedículos del axis se presentan como fracturas aisladas en un 75% de los casos. La gran mayoría de las fracturas de los pedículos del axis podrán fusionar al ser tratadas con métodos conservadores mediante ortesis cervicales, Minervas moldeadas o halos craneotorácicos. Si se produce fracaso del tratamiento ortésico y especialmente en pacientes afectos de fracturas tipo IIa, precisarán tratamiento quirúrgico. A los pacientes tratados con ortesis se les efectúan estudios radiológicos funcionales a las 4-6 semanas y luego, ya sin ortesis, a las 6-8 semanas para comprobar la correcta fusión anatómica y funcional de la fractura. En caso de pseudoartrosis o en las fracturas Tipo IIa se indica un tratamiento quirúrgico.



Fractura de Hangman

El tratamiento quirúrgico la fractura de pedículos de axis o pars interarticularis más utilizado son las fijaciones posteriores mediante tornillos y barras. Los tornillos en C2 deben dirigirse hacia el cuerpo de C2 sin atravesar la articulación C1-C2. Un grupo muy pequeño de pacientes van a presentar fracturas aisladas de la lámina, apófisis espinosa o alguna faceta del axis. Son fracturas estables y que sólo precisan tratamiento ortésico simple.

Las fracturas del cuerpo del axis se clasifican (1994, Benzel^{10,12,20}) en tres tipos: fractura coronal o *Tipo I*, fractura sagital o *Tipo II* y fractura transversa o *Tipo III*. La fractura tipo III de Benzel se corresponde con la fractura tipo III de la clasificación de las fracturas de la AO de Anderson y D'Alonzo. El Tipo III o fracturas transversas son las más frecuentes, seguido de las sagitales y de las coronales respectivamente.

La gran mayoría de estas fracturas son estables y pueden ser tratadas mediante métodos conservadores, como ortesis tipo Minerva occipitocervicales. En aquellas fracturas con líneas de fractura a través de las masas laterales articulares del axis, y sobre todo si existe avulsión o conminución de estas masas laterales, se plantea tratamiento quirúrgico mediante fijaciones occipitocervicales o interarticulares C1-C2. Esta situación se presenta con mucha mayor frecuencia en las fracturas transversas altas del axis. Un 5% de fracturas del cuerpo del axis corresponde a fracturas-avulsiones de fragmentos anteroinferiores de C2. Su tratamiento puede efectuarse mediante métodos conservadores, aunque sólo se consiguen consolidaciones sin correcta aposición de los fragmentos en la mayoría de los casos. Sin embargo esta situación no provoca dolor ni repercusión funcional posterior.

1.2 Artritis reumatoide

La Artritis Reumatoide (AR) cursa como una inflamación crónica y sistémica, que afecta a las articulaciones sinoviales. La sinovitis y formación de pannus en dichas articulaciones conduce a una destrucción ósea con disfunción ligamentosa, la cual produce inestabilidad articular. En la columna cervical la AR puede afectar a las articulaciones atlanto-occipital y atlanto-axial, produciendo inestabilidad, con diversos grados de compromiso medular, de las arterias vertebrales y riesgo de muerte súbita. Clásicamente se describe que entre un 17 y un 86% de los pacientes con AR presentan alteraciones a nivel cervical¹³. Sin embargo, una gran proporción de éstos no presenta manifestaciones neurológicas al momento del exámen clínico, lo que puede llevar a pasar por alto lesiones importantes en la columna cervical. Al mismo tiempo, la cantidad de pacientes con compromiso cervical en riesgo de compresión medular también es menor. A pesar de lo anterior, las potenciales complicaciones que estos pacientes pueden presentar hacen que sea imprescindible conocer la historia natural de la enfermedad, sus manifestaciones clínicoradiológicas y las alternativas terapéuticas.

Las deformidades que pueden encontrarse en los pacientes con compromiso la columna cervical secundario a AR son:

- Inestabilidad atlanto-axial (65%). Provocada por la erosión del odontoides a nivel de su articulación con el arco anterior del atlas y por la elongación o ruptura del ligamento transverso. Estos cambios producen un desplazamiento anormal de C1 sobre C2 (con mayor frecuencia hacia anterior). Inicialmente éste puede ser reductible en extensión.
- Impactación atlanto-axial (20%) (también conocida como impactación basilar, invaginación pseudobasilar o subluxación vertical del axis). La destrucción de las articulaciones atlanto-axial, atlanto-occipitales y de las masas laterales pueden provocar una impactación del atlas sobre el axis. Su pronóstico es peor debido al posible riesgo de compromiso del tronco encefálico.
- Subluxación subaxial (15%). La forma menos frecuente de la enfermedad a nivel cervical. Se presenta característicamente en distintos niveles, produciendo una deformidad “en escalera”, con cifosis y estenosis multisegmentaria.

Entre el 40-80% de pacientes con AR padece dolor cervical. El compromiso de la columna cervical puede producirse en un 85% de los pacientes con AR. Las alteraciones a nivel cervical aparecen temprano, generalmente dentro de los 2 primeros años después del diagnóstico de la enfermedad. El grado de daño en la columna cervical generalmente se correlaciona con la severidad de la enfermedad. Habitualmente éste se presenta en el contexto de una artritis periférica activa. La presencia de erosiones en las articulaciones de las manos y pies se asocia a subluxaciones a nivel cervical.

El síntoma más frecuente es el dolor cervical. Ocasionalmente puede existir irradiación a la región occipital, cara y oídos. Estas se originan por la compresión de la rama posterior de C2 en pacientes con inestabilidad atlanto-axial.

Algunos de los pacientes pueden sentir un chasquido al extender el cuello, que se produce por la reducción espontánea de la subluxación atlanto-axial. Este fenómeno es conocido como el signo de Sharp-Purser.

Los síntomas neurológicos pueden ser muy variados, y se presentan con menor frecuencia que el dolor. Dentro de los signos de compresión medular a nivel cervical (mielopatía cervical) podemos encontrar: una marcha espástica de base amplia, alteraciones del equilibrio y disminución de la habilidad motora fina en las manos. Se describe también la presencia de hiperreflexia, signos de Babinski y de Hoffmann, clonus y el reflejo braquioradial invertido, entre otros. El signo de “L’Hermitte” que es la sensación de electricidad en la región del dorso y extremidades, como consecuencia del movimiento del cuello en una columna inestable, es otro hallazgo que sugiere la presencia de compresión medular. En forma tardía, también pueden observarse retención urinaria y distintos grados de debilidad muscular en las extremidades.

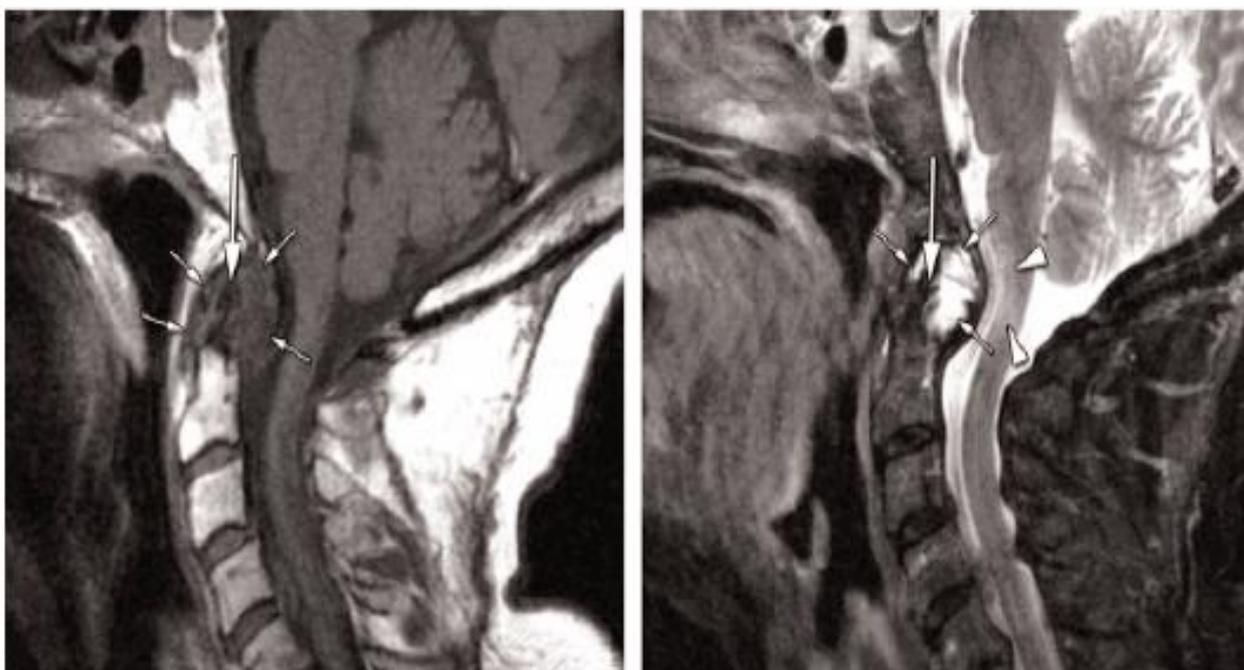
Los síntomas asociados a la insuficiencia vertebrobasilar por la impactación atlanto-axial incluyen: lipotimias, vértigo, disfagia, convulsiones, tinnitus, alteraciones en el equilibrio, disartria, nistagmus o déficits visuales.

En cuanto a las primeras de imagen se basa en los hallazgos de la Resonancia Magnética (RM) y los signos de inestabilidad en RX.

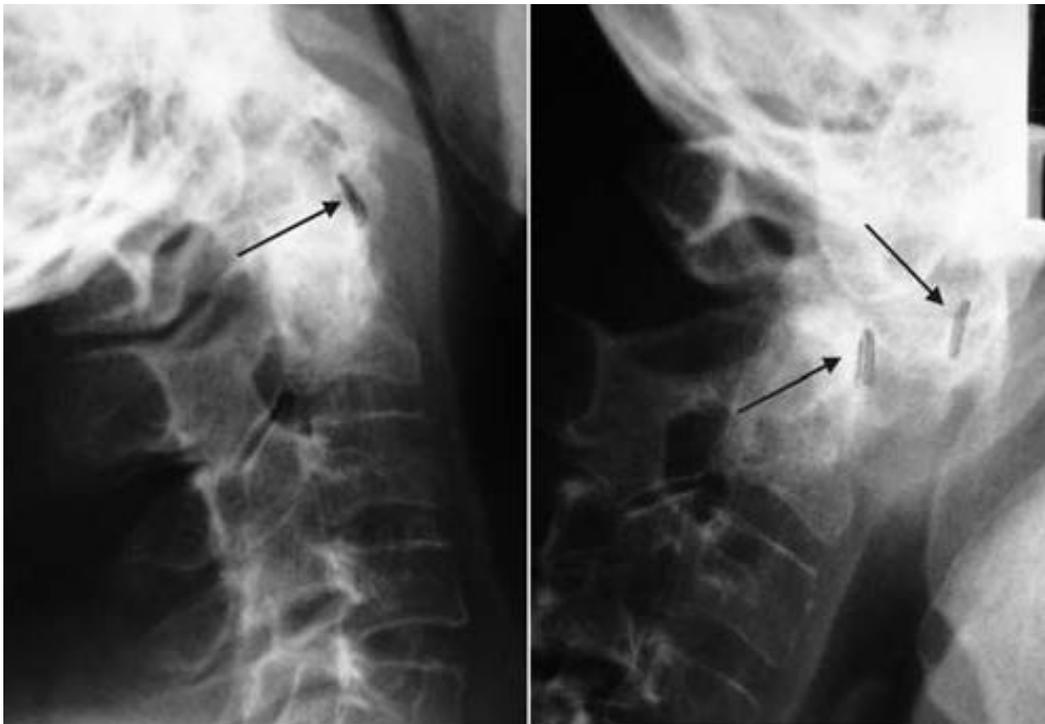
La RM es extremadamente útil en la identificación de la compresión medular en la AR cervical al definir si son elementos óseos o inflamatorios (pannus) los que provocan la estenosis. El aumento de señal en las imágenes en T2 son sugerentes de mielomalacia, gliosis o edema y se han asociado a una menor recuperación neurológica postquirúrgica. Este examen permite la obtención de imágenes dinámicas, logrando visualizar componentes funcionales en la inestabilidad y compresión.

Se ha planteado también el uso de la RM dinámica en la evaluación de los pacientes, ya que los pacientes cuyo diámetro medular es menor de 6mm en flexión están en riesgo de déficit neurológico. Sin embargo, debido a al riesgo teórico de muerte súbita en pacientes con inestabilidad severa, y a la disponibilidad de la misma su uso rutinario es cuestionado.

Es característica la formación de pannus a nivel de C1 y su imagen en RM:



Signos radiológicos de inestabilidad en RX simple en paciente con AR:



Los objetivos del tratamiento en estos pacientes son aliviar el dolor y evitar el desarrollo de déficit neurológico irreversible y muerte súbita. El tratamiento conservador incluye el uso de fármacos antireumáticos, terapia física y el uso de órtesis. Debe ser iniciado precozmente y siempre acompañarse del seguimiento clínico y radiológico para detectar a tiempo la progresión de la enfermedad. Con esta modalidad de tratamiento es posible conseguir alivio del dolor a largo plazo. Frente a la presencia de compromiso radiológico progresivo, o deterioro neurológico, se debe considerar el tratamiento quirúrgico. El tratamiento precoz con corticoides e inmunosupresores modificadores de la enfermedad es capaz de prevenir o retrasar el desarrollo de alteraciones a nivel atlanto-axial.

Las indicaciones quirúrgicas incluyen: presencia de inestabilidad, déficit neurológico y dolor cervical intratable. Frente a la presencia de déficit neurológico o de dolor intratable, la indicación quirúrgica es clara. Las dificultades se presentan en los pacientes que, teniendo inestabilidad radiológica, no tienen alteraciones neurológicas ni dolor importante. Algunos autores proponen que el manejo quirúrgico precoz puede ayudar a prevenir la progresión de la enfermedad ⁷; en manos expertas, la inestabilidad, deformidad y dolor asociados a la enfermedad a nivel cervical podrían ser tratados en forma programada, con baja mortalidad y morbilidad asociadas.

Existen varios métodos para evaluar la inestabilidad e indicar la cirugía ²⁵:

- Distancia atlo-dental posterior (PADI) igual o $<14\text{mm}$



- Distancia atlas-odontoides $>5\text{mm}$ ²⁵



A: distancia entre la línea del eje del atlas cruzada por el eje de la apófisis odontoides

- Diámetro sagital del canal medular igual o $<$ a 14mm, en presencia de subluxación subaxial.

Si la cirugía es indicada, el objetivo del tratamiento incluye la reducción de la subluxación, descompresión del tejido neural comprometido y la estabilización para mantener el alineamiento y aliviar el dolor.

En el momento de la cirugía, la intubación bajo visión directa, con ayuda de fibrobroncoscopía y paciente vigil, minimizan los riesgos y optimizan el control del movimiento cervical.

La subluxación atlanto-axial reductible puede ser manejada con una fusión C1-C2. Para ello existen una variedad de técnicas, entre ellas la fijación transarticular de Magerl, la fijación interarticular de Goel-Harms y técnicas sublaminares. Si existe irreductibilidad de esta alteración, o una reducción parcial del canal, se hace necesaria una descompresión (laminectomía de C1).

En los casos de impactación atlanto-axial se recomienda el uso pre-operatorio de tracción, mediante un halo, para intentar reducir la impactación y evitar la necesidad de realizar una descompresión. Si la tracción es exitosa puede llevarse a cabo una instrumentación y artrodesis posterior de C0 (occipital) a C2. Las imágenes preoperatorias indican si la fusión debe ser prolongada hacia caudal, incluyendo todos los segmentos subluxados. Si la impactación atlanto-axial es irreductible o, una fusión posterior sin reducción persiste sintomática, la odontoidectomía está indicada, pudiendo realizarse por vía transoral o con un abordaje retrofaríngeo alto.

La inestabilidad subaxial puede ser tratada mediante técnicas de fusión y descompresión por vía posterior o anterior. La fusión con descompresión son técnicas que han sido utilizadas con éxito para mejorar el dolor cervical en los pacientes con AR. Además, el pannus presente en las articulaciones, que participa en la compresión medular puede desaparecer una vez lograda la estabilización ⁷. Sin embargo, los resultados de los procedimientos quirúrgicos son más variables en relación a la recuperación neurológica. Uno de los predictores de recuperación post operatoria más importante es la condición neurológica previa. Mientras mayor sea el deterioro preoperatorio, menor es la recuperación esperada. Esto último no hace más que reforzar la importancia de un diagnóstico precoz, y de la cirugía como herramienta que debe ser considerada antes de que ocurra un deterioro neurológico importante.

El tratamiento quirúrgico de la AR cervical se ha asociado a un alta incidencia de complicaciones. La mortalidad perioperatoria descrita alcanza hasta el 10% ^{7,13}. Sin embargo, estudios más recientes muestran una disminución importante de la mortalidad y las complicaciones quirúrgicas, probablemente gracias a la detección y derivación oportuna de los pacientes con compromiso neurológico ⁷. También puede agregarse el tratamiento en centros especializados, con equipos multidisciplinarios y con mayor experiencia en el tratamiento de pacientes con AR.

Las complicaciones incluyen infección, dehiscencia de sutura y pérdida de la reducción. La incidencia de pseudoartrosis ha sido reportada en la literatura en rangos que van de 0% a 50%. También se ha descrito la presencia de descompensación del segmento adyacente hasta en el 15% de los pacientes. Esta última se observaría con mayor

frecuencia luego de fijaciones cráneo-cervicales, especialmente en aquellos pacientes con alteraciones preoperatorias significativas en la columna cervical sub-axial.

1.3 Espondilitis anquilosante

El espectro de alteraciones en la columna cervical en pacientes con espondilitis anquilosante (EA) es amplio y afecta a un número importante de pacientes, los que en su mayoría permanecen asintomáticos. Se ha descrito que entre un 50-80% de los pacientes tienen alteraciones radiológicas en la columna cervical ¹³, de las cuales la más frecuente es el compromiso de articulaciones facetarias, incluyendo anquilosis facetaria. La inestabilidad y subluxación atlantoaxial en pacientes con EA es una complicación relativamente infrecuente. Se ha reportado que entre un 5-20% de los pacientes con EA presentan subluxación atlantoaxial ¹³. En contraposición, los pacientes con artritis reumatoide se distinguen por una mayor frecuencia de complicaciones a nivel C1-C2, con formación de pannus y compromiso erosivo de la apófisis odontoides y subluxación atlantoaxial .

Factores que se asocian a mayor riesgo de subluxación atlantoaxial en pacientes con EA son una mayor severidad radiológica de la sacroileítis (característica de la enfermedad, osificación del ligamento longitudinal posterior en el segmento cervical y mayor duración de la enfermedad.

Es importante destacar que la mayoría de los pacientes con EA y compromiso de columna cervical permanecen asintomáticos. Sin embargo, la mayoría pueden presentar alteraciones en las pruebas neurofisiológicas (potenciales evocados somatosensoriales y motores). Al contrario, los pacientes con artritis reumatoide y compromiso cervical suelen ser en su mayoría sintomáticos al momento del diagnóstico.

Si bien existe un grado de sobreposición en el cuadro clínico de los pacientes con EA o AR y compromiso de columna cervical, los exámenes de laboratorio y las características radiológicas asociadas (alteración predominante de las entesis con formación de sindesmofitos, compromiso de articulaciones facetarias y sacroileítis en los pacientes con EA (mientras que los pacientes con AR se caracterizan por el compromiso predominante a nivel atlantoaxial) permiten realizar el diagnóstico diferencial.

Considerando que las manifestaciones subclínicas son más frecuentes en los pacientes con EA y compromiso de columna cervical que en los pacientes con AR, está justificado un seguimiento radiológico más estricto en los primeros, para prevenir el desarrollo de complicaciones potencialmente catastróficas.

En la espondilitis anquilosante la columna sólida de hueso por debajo del atlas puede aplicar tensión incrementada a nivel de la unión craneo-cervical. Esto, en conjunto con los efectos limitantes de la inflamación del ligamento transversal o de los efectos acompañantes de la hiperemia sobre sus inserciones óseas, puede provocar subluxación y luxación atlantoaxiales

Manifestaciones radiológicas de la EA con inestabilidad C1-C2:



Se observan múltiples sindesmofitos en los márgenes de los espacios intervertebrales (puntas de flecha) y anquilosis de múltiples articulaciones facetarias (flechas). Existe acentuado aumento del espacio C1-C2 anterior (flecha doble)

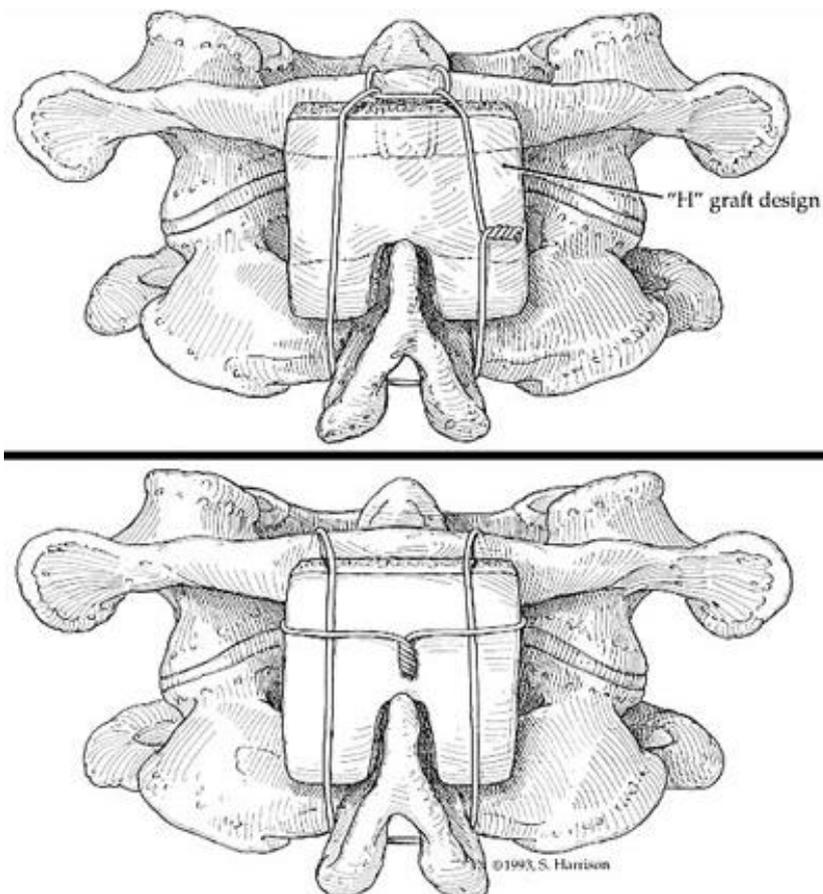
2.Tratamiento quirúrgico de la inestabilidad C1-C2:

El tratamiento de la inestabilidad C1-C2 requiere en muchos casos la estabilización quirúrgica mediante técnicas de artrodesis. Estas técnicas han evolucionado en los últimos años, desde la aparición de técnicas de fijación sublaminar a la fijación transarticular e interarticular más utilizadas en la actualidad.

2.1 Técnicas sublaminares:

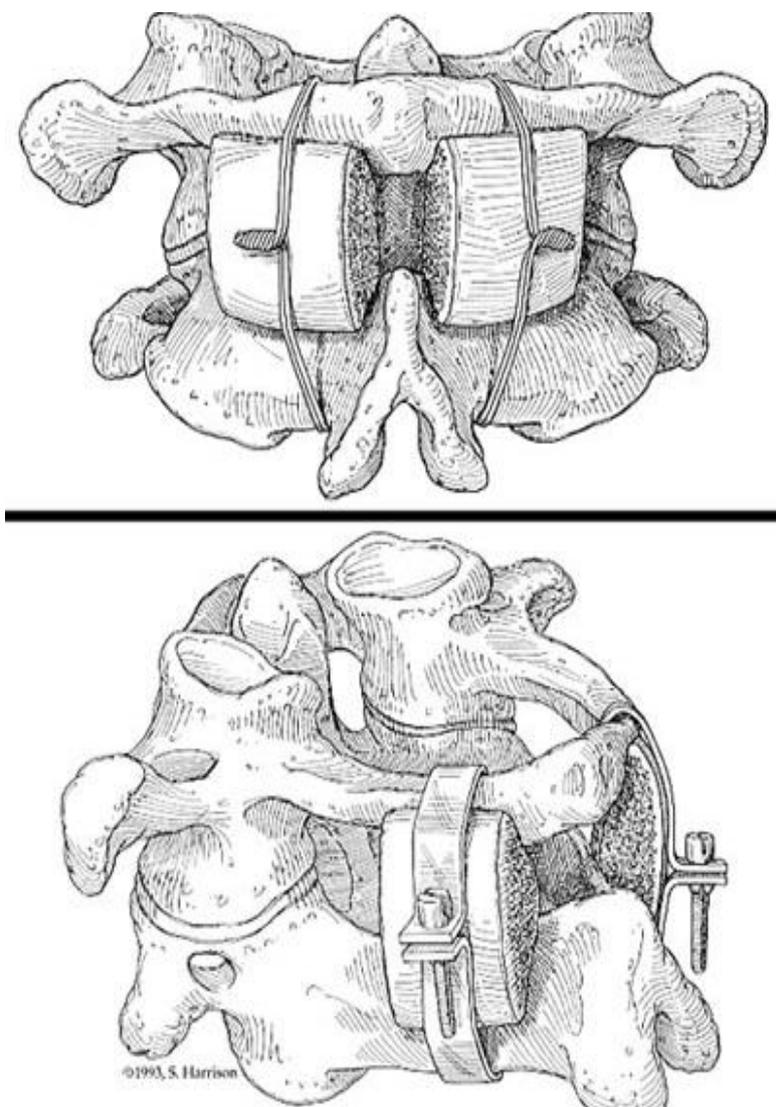
La técnica de fusión de Gallie ^º, se describió inicialmente en 1939, y consistía simplemente en la colocación de un injerto óseo entre la porción posterior del arco de C1 y la apófisis espinosa y parte medial de la lámina de C2. El injerto era aplicado mediante alambres sublaminares, que rodeaban el arco posterior de C1 y C2. Ésta técnica confiere una fijación medial, pero es muy susceptible a fuerzas rotacionales. Por

otro lado, la colocación de alambres sublaminares produce el riesgo de lesión de las estructuras neurales subyacentes, tanto durante la colocación como posteriormente con los movimientos vertebrales y la presencia de alambres en contacto con el saco dural. Este riesgo mayor en los casos de traslación anterior de C1, resultando en una disminución de las dimensiones del canal y una estenosis parcial del mismo. A pesar que se trata de una técnica sencilla, éste método no es muy estable y requiere la colocación de una ortesis rígida posteriormente, para una mejor inmovilización postoperatoria, en la mayoría de los casos con un halo.



Fusión Gallie

La fusión de Brooks ², se describió en 1978, y es una modificación de la técnica de Gallie. Mejora las deficiencias en cuanto a fijación rotacional de la fusión de Gallie, implantando injerto bilateral interlaminar. También se aplican 2 alambres sublaminares, que pasan por debajo de las láminas de C1 y C2, que se fijan individualmente. Tensado el alambre, se aplica compresión para una mejor aplicación del injerto interlaminar. Diversas modificaciones se han aplicado a ésta técnica, como la utilización de doble alambre para cada porción individual de injerto. La técnica de fusión de Brooks comparte el inconveniente con la de Gallie del riesgo de lesión con el paso de los alambres sublaminares. No obstante, la evolución del tipo de alambres, pasando a ser cada vez más finos han podido conferir mayor seguridad a estas técnicas.



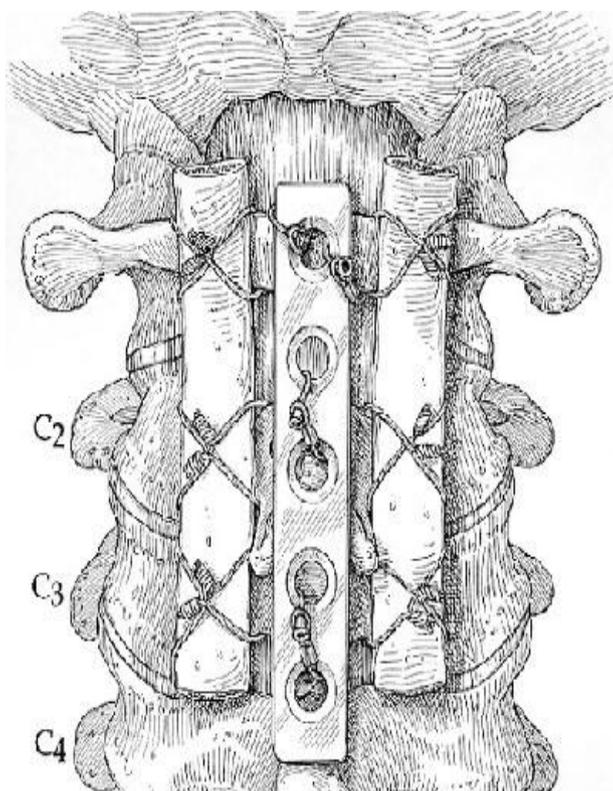
Fusión Brooks

En 1991, se introduce la técnica descrita por Dickmann y Sonntag ⁴, consistente en una modificación de las técnicas previas.

En este caso se eliminaban los alambres sublaminares en C2, y se utilizaba la apófisis espinosa de C2 como punto de anclaje. Intraoperatoriamente, se ampliaba el espacio interlaminar C1-C2. Se realiza un bucle con el alambre que pasa por debajo de la lámina de C1 y por encima del arco de C2 anclándose en la superficie inferior de la espinosa de C2. Como en la técnica de Gallie, se coloca injerto óseo interlaminar que se plica con el bucle de alambre.

Esta modificación conferirá mayor seguridad al evitar el paso por debajo de la lámina de C2 y producía mejor fijación y mayores tasas de fusión que con las técnicas de Gallie y Brooks ⁴.

Otra alternativa a estas técnicas son los ganchos sublaminares tipo Halifax ¹⁵. También utilizados en columna cervical subaxial, consiguen una fijación inmediata y evitan el riesgo del paso de los alambres sublaminares. También se colocan injertos óseos interlaminares bilateralmente.

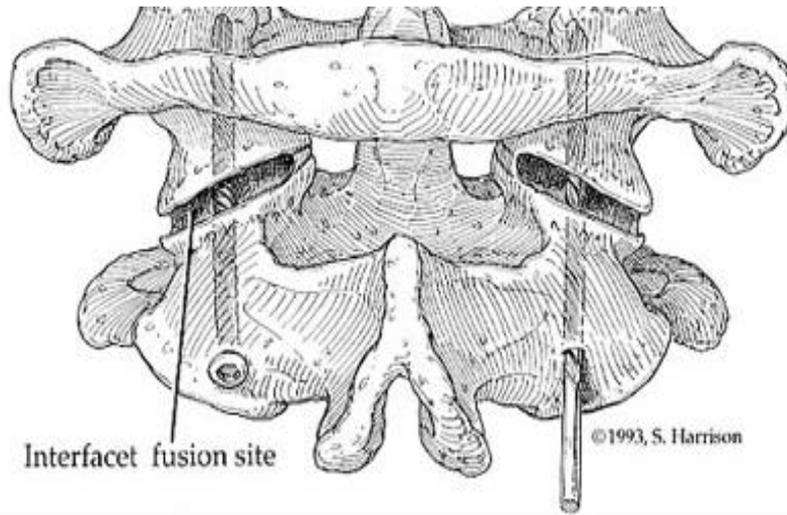


Fijación interlaminar multinivel

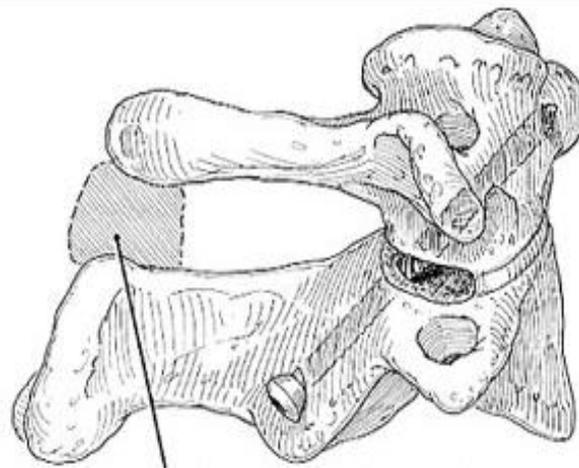
2.2 Fijación transarticular

La fijación transarticular C1-C2 con tornillos fue descrita inicialmente por Magerl y Seeman ¹⁷ en 1986, y supuso un mayor avance en la cirugía de fijación C1-C2. Consiste en la fijación de C1-C2 con tornillos transarticulares a través de sus masas laterales. Este método confiere una fijación inmediata, y no requiere una completa integridad del arco de C1.

Requiere una cuidadosa planificación preoperatoria con Tomografía computerizada (TC) en cortes finos y reconstrucciones en los 3 planos, para confirmar la adecuada competencia del hueso y ver el trayecto de la arteria vertebral. La lesión de la arteria vertebral, es uno de los riesgos principales de esta técnica.



Interfacet fusion site

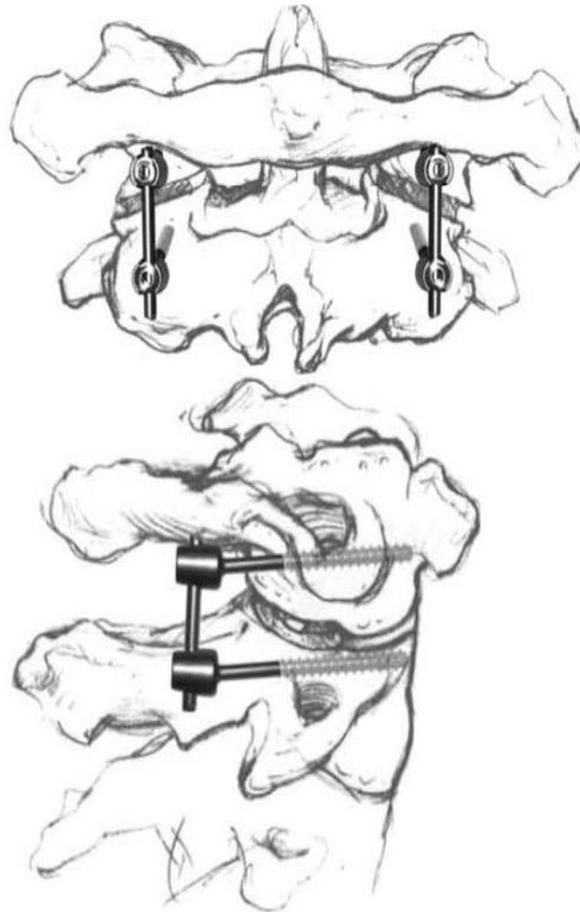


Fijación transarticular

2.3 Fijación interarticular

Se trata de la fijación con tornillos a través de las masas laterales de C1 y transpediculares en C2. Fue descrita inicialmente por Goel ^{11,12} en 1994), con tornillos y placa, y posteriormente modificada por Harms ¹⁴ en 2001, utilizando tornillos y barras.

Con esta técnica, se puede realizar una fijación C1-C2 en pacientes que no serían candidatos a fijación transarticular, debido a una subluxación fija de C1-C2 que no permitiría el paso de los tornillos a través de masas laterales. Del mismo modo, también se puede indicar en aquellos pacientes que presenten un trayecto aberrante de la arteria vertebral, ya que no presenta tanto riesgo de lesión de la arteria vertebral como en la técnica transarticular.



Fijación interarticular

La aparición de cada una de éstas técnicas tenía como objetivo proporcionar mayor grado de estabilidad y mejorar el resultado biomecánico. Si bien tanto la fijación transarticular e interarticular se han mostrado superiores respecto a las técnicas sublaminares, ambas han mostrado buenos resultados en los diversos estudios publicados en la literatura, y a pesar de sus diferencias no hay una clara evidencia de la superioridad de una respecto a la otra.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La cirugía de la estabilización C1-C2 ha ido sufriendo modificaciones y las técnicas han evolucionado, obteniéndose cada vez mejores resultados.

Tras la introducción de las primeras técnicas de fijación sublaminar por Gallie y Brooks, se empezaron a analizar la eficacia de las mismas, en base a resultados clínicos, complicaciones y tasas de fusión.

Gallie describió su técnica en 1939 y publicó los primeros resultados, y posteriormente Brooks con su modificación de la técnica lo hizo en 1978:

- Gallie, W. E.: Fractures and dislocations of the cervical spine. *Ann J Surg* 1939; 46: 495-499.
- Brooks, A.L., Granholm, L.: Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Surg* 1978; 60: 279-284.

En estos trabajos se describían complicaciones entre 10-15% asociadas al paso de los alambres por debajo de las láminas de C1-C2, tales como lesión de cordón medular y fístulas de LCR. Además, estas lesiones no solo se producían intraoperatoriamente, sino también posteriormente debido a la erosión que podían provocar los alambres. Por otro lado las tasas de fusión a largo plazo oscilaban entre 60-70%, con un porcentaje significativo de pacientes en los que no se conseguía la fijación deseada.

La técnica de ganchos sublaminares o clamps de Halifax se describió por primera vez en 1975, y se continuó utilizando durante algunos años.

- Huang, C.I., Chen, I.H.: Atlantoaxial arthrodesis using Halifax interlaminar clamp reinforced by halo vest immobilization: a long-term follow-up experience. *Neurosurgery* 1996; 38: 1153-1157.

En los trabajos que analizan esta técnica, reportan hasta un 20% de fallos debidos a la pérdida de tensión de los clamps, fracasando por tanto la fijación. Por otro lado, se recomienda la utilización de ortesis tipo halo vest en el periodo postoperatorio, para asegurar unas adecuadas tasas de fusión, pudiendo llegar al 80-90%.

La técnica de fijación transarticular, fue descrita por primera vez en 1986.

- Magerl, F., Seeman, P.S.: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. En: Kehr, P., Weidner, A., eds. *Cervical Spine* Berlin: Springer-Verlag 1986; 322-327.

Se extendió el uso de esta técnica, y numerosos grupos publicaron sus resultados.

- Dickman, C.A., Sonntag, V.K.: Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery* 1998; 44(3): 687-9.

Se destaca principalmente la mejoría en cuanto a la estabilidad inmediata postoperatoria, pudiéndose evitar la colocación de ortesis en postoperatorio. Además la tasa de fusión a largo plazo ascendía hasta el 96%. Sin embargo, al igual que en otros trabajos, se describe el porcentaje de lesión de arteria vertebral cercano al 7%, que en algunos trabajos llega a ser hasta del 15%.

La técnica de fijación interarticular se introdujo en 1994 por Goel.

- Goel, A., Laheri, V.: Plate and screw fixations for atlanto-axial subluxation. Acta Neurosurg (Wien) 1994; 129: 47-53.

El mismo autor publico una extensa revisión de casos y resultados en 2002.

- Goel, A., Desai, K. I., Muzumdar, D.P.: Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. Neurosurgery 2002; 51: 1351-1357.

Destacan los resultados en cuanto a fusión de >95%, y la minimización del riesgo de la lesión de la arteria vertebral que pasa a ser de 1-2% con esta técnica. A pesar que los resultados clínicos, respecto a mejoría del dolor y resultado funcional, son equivalentes a los que se obtienen con la técnica transarticular, es el menor riesgo de lesión de la arteria vertebral lo que puede conferir una ventaja a esta técnica.

Posteriormente fue Harms quien publicó los resultados con su modificación de la técnica, utilizando barras en lugar de placas para la fijación de los tornillos introducidos en C1 y C2.

- Harms, J., Melcher, R.P.: Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine 2001; 26: 2467-2471.

En el año 2000, se publicó en la Revista Española de Neurocirugía un extenso trabajo sobre los traumatismos de la columna cervical alta y las técnicas quirúrgicas empleados en la estabilización de las diferentes lesiones.

- Martín-Ferrer, S., Rimbau, J., Joly, M.C., Teruel, J., Pont, J.: Atornillado transarticular posterior atloaxoideo en la inestabilidad del complejo C0-C1-C2. Neurocirugía 2000; 11: 43-49.

En este trabajo se reporta la experiencia y resultados en una serie de 286 casos, y se exponen las diferentes lesiones traumáticas del segmento C0-C1-C2, así como su clasificación e indicaciones quirúrgicas.

En 2002, se publicó la primera revisión de casos realizados con técnica transarticular en el servicio de Neurocirugía del Hospital Germans Trias i Pujol.

- Florensa, R., Noboa, R., Muñoz. J., Colet, S., Cladellas, JM., Rodriguez, M^a A.; Ley, A.: Resultados de la fijación transarticular C1-C2 en una serie de 20 pacientes. Neurocirugía 2002; 13: 429-436.

Destaca la consolidación de las fracturas en todos los casos traumáticos, y la mejoría del dolor en todos los casos de artritis reumatoide. Se observa el hecho en un 25% de los casos se produce reabsorción del injerto interlaminar, aunque a pesar de ello se conseguía una buena estabilidad biomecánica. En esta serie hay un caso de lesión de arteria vertebral y 2 desviaciones de tornillos sin repercusión clínica.

Diversos trabajos se han ido publicando hasta la actualidad, analizando y comparando los que se obtienen con las técnicas transarticular e interarticular.

- Vergara, P., Bal, JS., Hickman Casey, AT., Crockard, HA., Choi, D.: C1-c2 posterior fixation: are 4 screws better than 2? Neurosurgery 2012; 71: 86-95.

El dolor y la función motora mejoran en ambos grupos sin diferencia, pero las tasas de complicaciones peroperatorias son mayores en los tratados con técnica transarticular de Magerl (21%, incluyendo 13% lesión de arteria vertebral) frente a la técnica interarticular de Goel-Harms (10.6% con 2.1 lesión de arteria vertebral). No obstante, ambas técnicas no muestran diferencias significativas en la estabilización C1-C2 a largo plazo, mostrándose ambas técnicas como igualmente efectivas.

HIPÓTESIS

Las técnicas de fijación C1-C2 transarticular (Magerl ¹⁷) e interarticular (Goel-Harms ^{11,14}), presentan en diversos estudios resultados clínicos y funcionales comparables, así como similares porcentajes de estabilización y fusión en los pacientes tratados con esta técnicas.

Las diferencias parecen encontrarse en cuanto a las complicaciones peroperatorias, especialmente en la lesión de arteria vertebral.

En un mismo centro (Hospital Germans Trias i Pujol) se han utilizado en dos periodos distintos ambas técnicas. En una primera fase se utilizó la técnica transarticular, escogida inicialmente debido a su eficacia respecto a las técnicas resultados. Con esta técnica se obtuvieron buenos resultados clínicos y de fusión. En un segundo periodo se optó por incorporar la técnica interarticular, debido al menor riesgo teórico de lesión de arteria vertebral y a los buenos resultados reportados en la literatura, comparables a los de la técnica transarticular.

Tras haber utilizado en un mismo centro ambas técnicas, se pueden comparar las dos series de pacientes tratados con una y otra técnica. Analizando los resultados de los dos grupos y diversas variables clínicas y radiológicas, se puede establecer una comparación entre las dos técnicas. De esta manera se podría confirmar la presencia de menos complicaciones con la técnica interarticular así como otras variables que puedan conferir mayor seguridad a la técnica interarticular respecto de la transarticular, tal como se reporta en la literatura y como se ha observado en la práctica clínica.

OBJETIVO

El objetivo del trabajo fue revisar los pacientes tratados en el Hospital Germans Trias i Pujol con fijación transarticular e interarticular mediante un estudio retrospectivo.

En un primer periodo entre 1995 y 2001 se utilizó la fijación transarticular C1-C2 (Magerl ¹⁷) obteniéndose unos resultados que fueron publicados en 2002 en la revista Neurocirugía ⁸. Posteriormente tuvimos la oportunidad de practicar la fijación interarticular (Goel-Harms ^{11,14}) y optamos por cambiar a ésta técnica debido a las teóricas ventajas que confería en cuanto a la seguridad (menos riesgo de lesión de arteria vertebral y otras complicaciones) y los resultados biomecánicos (limitación de la movilidad cervical postoperatoria; en algunos estudios en la literatura se reporta mayor limitación postoperatoria con la técnica interarticular). El interés del estudio residió en analizar los resultados obtenidos con ambas técnicas y observar las diferencias que pudieran existir entre ellas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre 1995 y 2008 se operaron un total de 36 pacientes con inestabilidad C1-C2 (se resumen en la Tabla 1).

En el período entre 1995 y 2001 se realizó la técnica transarticular (Magerl) a 20 pacientes (en 9 casos asociando fijación sublaminar y en 2 casos incluyendo la escama occipital; se describen en la tabla 1).

Tabla 1. Características y resultados de los pacientes tratados con fijación transarticular

SEXO	EDAD	CAUSA	LESIÓN	CIRUGÍA	COMPLICACIONES	RESULTADO
V	31	Tráfico	Hangman II	Occipital transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
M	53	Tráfico	Hangman II-III	Transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
V	55	Tráfico	Hangman II	Transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
M	29	Caída	Hangman II	Transarticular C1-C2 y C3	Lesión arteria vertebral	Regular
M	38	Caída	Hangman II	Transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
M	51	AR	Luxación C1-C2 + quiste sinovial	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Bueno
M	51	AR	Luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	Fractura lámina	Bueno

V	68	EA	Fractura-luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	Desviación y rotura tornillo	Regular
M	62	AR	Luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Bueno
V	61	AR	Luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Bueno
V	16	Tráfico	Hangman II	Transarticular C1-C2	No	Bueno
V	53	Tráfico	Hangman I-II	Transarticular C1-C2-C3	Desviación tornillo en trayecto AV	Bueno
V	60	Tráfico	Fractura odontoideas II	Transarticular C1-C2	Rotura tornillo	Bueno
M	58	AR	Luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Bueno

M	59	AR	Luxación C1-C2 tipo IV, impresión basilar	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Bueno
M	63	AR	Luxación C1-C2	Occipital transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
M	57	AR	Luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Bueno
V	48	Caída	Fratura estallido C2	Transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
V	17	Trauma piscina	Hangman III	Transarticular C1-C2 y C3	No	Bueno
M	50	AR	Luxación C1-C2	Transarticular C1-C2y fijación sublaminar	No	Malo

V: Varón. M: Mujer. AR: artritis reumatoide. EA: espondilitis anquilopoyética

Posteriormente entre 2002 y 2008 se operó con técnica interarticular (Goel-Harms, con tornillos en masas laterales de C1 y pedículos de C2 y fijación con barras) a otros 16 pacientes (en 2 casos asociando fijación sublaminar y en otros 2 con extensión de la artrodesis a C3; se describen en la tabla 2).

Tabla 2. Características y resultados de los pacientes tratados con fijación interarticular

V	57	Caída	Fractura Hangman II-III	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
V	60	Tráfico	Fractura	Artrodesis	No	Bueno

			odontoides II	interarticular C1-C2		
V	45	Tráfico	Fractura cuerpo C1 y odontoides II	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
M	47	AR	Luxación C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
V	38	Tráfico	Fractura odontoides II	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
M	52	EA	Luxación C1-C2 tipo III	Artrodesis interarticular C1-C2	Desviación tornillo	Regular
V	75	Caída	Fractura Hangman III	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
V	67	Neoplasia	Inestabilidad C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2	Rotura tornillo	Bueno
M	70	AR	Luxación C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2 y fijación sublamina	No	Bueno
M	81	Caída	Fractura Hangman II	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Regular
V	17	Caída	Fractura Hangman III	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno

V	23	Neoplasia	Fractura cuerpo C2 y inestabilidad C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2-C3 y laminectomía C1	No	Bueno
M	44	AR	Luxación C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2 y fijación sublamina	No	Bueno
V	63	EA	Fractura-luxación C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
M	47	Tráfico	Fractura odontoides II	Artrodesis interarticular C1-C2	No	Bueno
V	58	EA	Fractura-luxación C1-C2	Artrodesis interarticular C1-C2-C3	No	Bueno

V: Varón. M: Mujer. AR: artritis reumatoide. EA: espondilitis anquilopoyética

Con respecto a su distribución por sexos, 19 pacientes eran varones y 17 mujeres, con edades comprendidas entre los 17 y 81 años (media 54.5). La etiología de la inestabilidad era:

- Artritis Reumatoide: 12 casos
- Traumatismos: 18 casos (12 casos de fractura Hangman tipo II y III y 4 casos de fractura odontoides tipo II como los más frecuentes)
- Espondilitis Anquilopoyética: 4 casos

- Neoplasias: 2 casos (tumores faríngeos con afectación de columna cervical alta).

En todos los casos se realizó el diagnóstico de inestabilidad atloaxoidal mediante radiología simple funcional, tomografía computerizada (TC) y resonancia nuclear magnética (RM) exceptuando 6 pacientes cuyas condiciones clínicas no permitieron su traslado para la práctica de la RNM.

Se clasificaron las distintas lesiones traumáticas producidas en la serie de pacientes en luxación rotatoria atloaxoidea, según clasificación Fielding y Hawkins 1977^{6,20}:

Tipo I, rotación anterior de una masa del atlas

Tipo II, rotación o luxación anterior de una masa del atlas. IAD* > 3mm.

Tipo III, luxación anterior de ambas masas del atlas. IAD > 5 mm.

Tipo IV, luxación posterior de una o dos masas del atlas

Las fracturas de pedículos o pars interarticularis de C2 o de Hangman según clasificación Effendi modificada por Levine¹²:

Tipo I, < de 3mm. de desplazamiento y sin angulación C2-C3

Tipo II, > de 3 mm. de separación y angulación C2-C3 < a 11°

Tipo IIa, > de 3mm. de separación y angulación C2-C3 > a 11°

Tipo III, luxación total C2-C3 (hangman's fracture)

Las fracturas del cuerpo del axis según clasificación Benzel 1994^{10,12,20}:

Tipo I, fractura coronal

Tipo II, fractura sagital

Tipo III, fractura transversa

Finalmente las fracturas de odontoides con la clasificación de Anderson y d'Alonzo^{1,20}:

Tipo I, fractura del vertex de la AO

Tipo II, fractura que cruza la base de la odontoides en su unión al cuerpo

Tipo III, fractura que se extiende al cuerpo del axis.

Se evaluaron los siguientes signos indirectos de inestabilidad cervical:

- La distancia atlas-odontoides >5mm en la luxación atloaxoidal
- Subluxación >3mm con angulación de C2 respecto C3 > 11° en las fracturas de C2 tipo Hangman
- Signos de inestabilidad en RX dinámicas: traslación > 3.5mm y angulación mayor 11° (White²⁵).

En cuanto a la indicación quirúrgica se cumplieron los criterios de Dickman y cols³ para las lesiones de C1, de D'Alonzo para las fracturas de odontoides tipo II y III, siempre que hubiera fracasado el atornillado anterior o el conservador en el tipo II y de Dickman y Sonntag^{4,5} y Effendi¹³ para las fracturas de Hangman tipo II y III.. En el grupo de pacientes con artritis reumatoide la indicación quirúrgica se basó en los siguientes criterios:

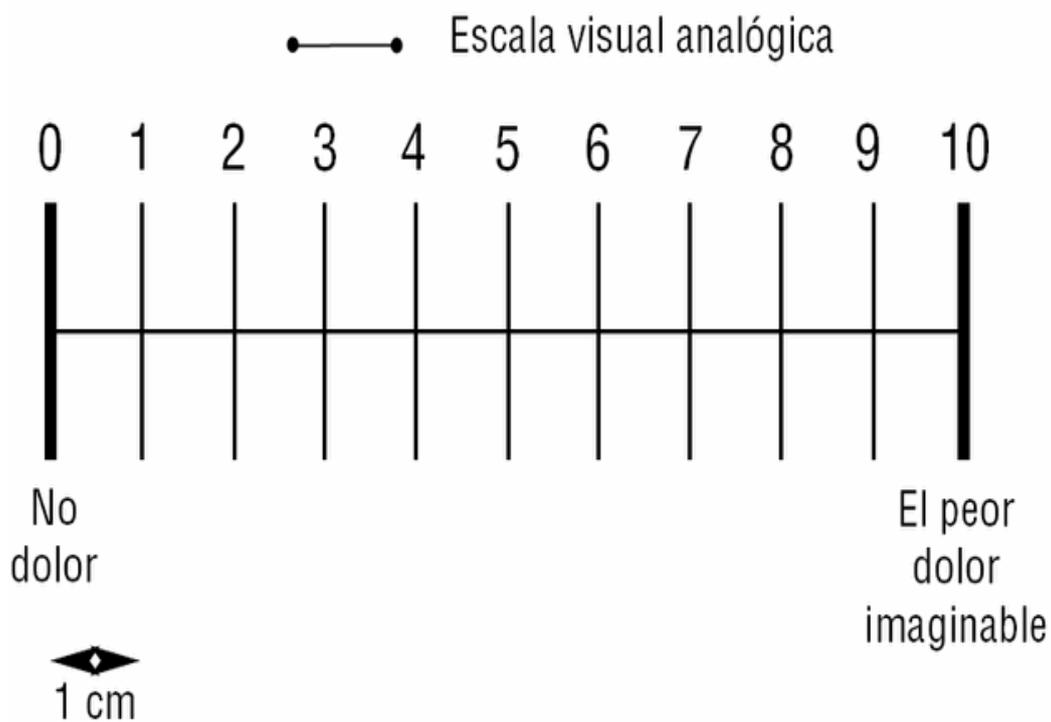
- Distancia atlas-odontoides superior a 5 mm en radiografía funcional lateral
- Dolor intenso que no mejora con tratamiento conservador
- Signos clínicos de compresión medular por el pannus demostrado en las imágenes de RM.

En todos los pacientes se realizó antes de la intervención una TC con reconstrucción sagital para visualizar la relación del pedículo de C1 con el agujero transversal, las posibles anomalías del trayecto de la arteria vertebral y la calidad del hueso en el caso de procesos inflamatorios, ya que estas condiciones pueden dificultar la técnica e incluso contraindicarla.

Los pacientes fueron intubados con técnica de fibroendoscopia, siendo la posición quirúrgica en decúbito prono con 20° de elevación del tronco y tracción del cuello, el cual quedaba situado en posición de máxima alineación según la reducción de la luxación conseguida bajo control con fluoroscopia en los casos que requirieron reducción de la misma al inicio del procedimiento. Durante el postoperatorio se colocó un collarín cervical tipo Philadelphia en la mayoría de casos o una ortesis rígida tipo Neofrac en algunos casos durante 4 a 6 semanas.

Se obtuvieron los siguientes datos:

- Complicaciones (malposición de tornillos, infección, lesión de arteria vertebral)
- Resultados radiológicos (estabilidad en radiografías funcionales, posición de tornillos en TC y valoración de alineación, estabilidad y fusión en radiografías y TC cervical a los 3, 6, 12 y >12 meses tras la cirugía)
- Resultados clínicos (escala EVA dolor: 0-10)



- Resultados funcionales (escala PROLO funcional:

F1 incapacidad completa o peor que antes del procedimiento

F2 mediano o moderado dolor cervical o braquialgia

F3 poco dolor que permite realizar todas las actividades excepto deportes

F4 sin dolor cervical pero episodios de braquialgia ocasionales

F5 recuperación completa, sin episodios recurrentes de dolor puede hacer todo tipo de actividades incluyendo deportes.

Los resultados clínicos y funcionales se evalúan también a los 3,6 12 y >12 meses. El resultado tras >12 meses de la cirugía se utilizad para el resultado final. Por último se realizó una valoración de la movilidad cervical postquirúrgica comparándose con la movilidad normal:

- Limitación de la flexo-extensión > 30° considerando un rango normal 0-50°
- Limitación de la rotación > 50°, rango normal 0-70°;
- Limitación de la inclinación > 20°, rango normal 0-45°).

Se consideró el resultado final como:

- BUENO, si había mejoría clínica en forma de descenso en la escala EVA > 5 puntos + un resultado funcional en la escala de PROLO ≥ 4
- REGULAR, si había una mejoría clínica con disminución de la escala de EVA pero < 5 puntos + un resultado funcional en la escala de PROLO ≤ 3
- MALO, cuando no se producía mejoría clínica ni funcional.

En los casos que no se obtuvo mejoría funcional significativa debido a la limitación existente previamente por la enfermedad de base (casos de artritis reumatoide y espondilitis anquilopoyética), se consideró el resultado en función de la mejoría clínica:

- BUENO, si disminución del EVA > 5
- REGULAR, si disminución del EVA pero < 5
- MALO, si no mejoría

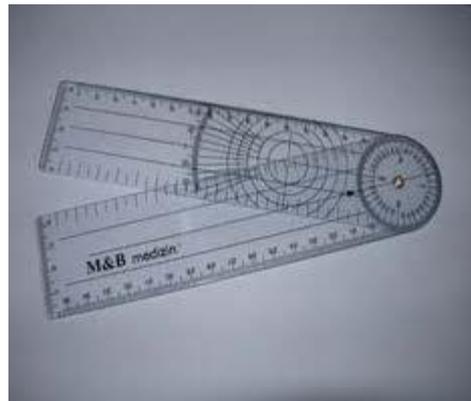
Se compararon estadísticamente los resultados diferenciando entre los tratados con fijación transarticular e interarticular utilizando tests no paramétricos (Kruskal-Wallis para una $p < 0,05$, mediante el programa de análisis estadístico SPSS), dado que se trata de una muestra pequeña y se pretende valorar la homogeneidad de ambos grupos.

$$K = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_{i.} - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$$

- n_i : número de observaciones en el grupo i
- r_{ij} : rango (entre todas las observaciones) de la observación j en el grupo i
- N : número total de observaciones entre todos los grupos
- $\bar{r}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$
- $\bar{r} = (N + 1) / 2$ es el promedio de r_{ij} .

Se analizaron las siguientes variables:

- Movilidad cervical postquirúrgica medida mediante goniometría de la columna cervical



Se considera la goniometría alterada en los siguientes casos:

Limitación a la flexo-extensión > 30%

Limitación rotación > 50%

Limitación inclinación > 20%

- Signos de fusión ósea (formación de puentes óseos observados en TC cervical).

RESULTADOS:

En la serie de pacientes tratados con fijación transarticular se obtuvieron los siguientes resultados:

- Bueno en 17/20 casos (85%)
- Regular en 2/20 casos (10%)
- Malo en 1 caso (5%).

En los tratados mediante fijación interarticular:

- Bueno en 14/16 casos (89%)
- Regular en 2/16 (12.5%)
- Ningún caso de resultado malo.

En las figuras 1 y 2 se describen 2 casos de artrodesis transarticular e interarticular respectivamente con buen resultado clínico y funcional.

Figura 1. Caso artrodesis transarticular

A:



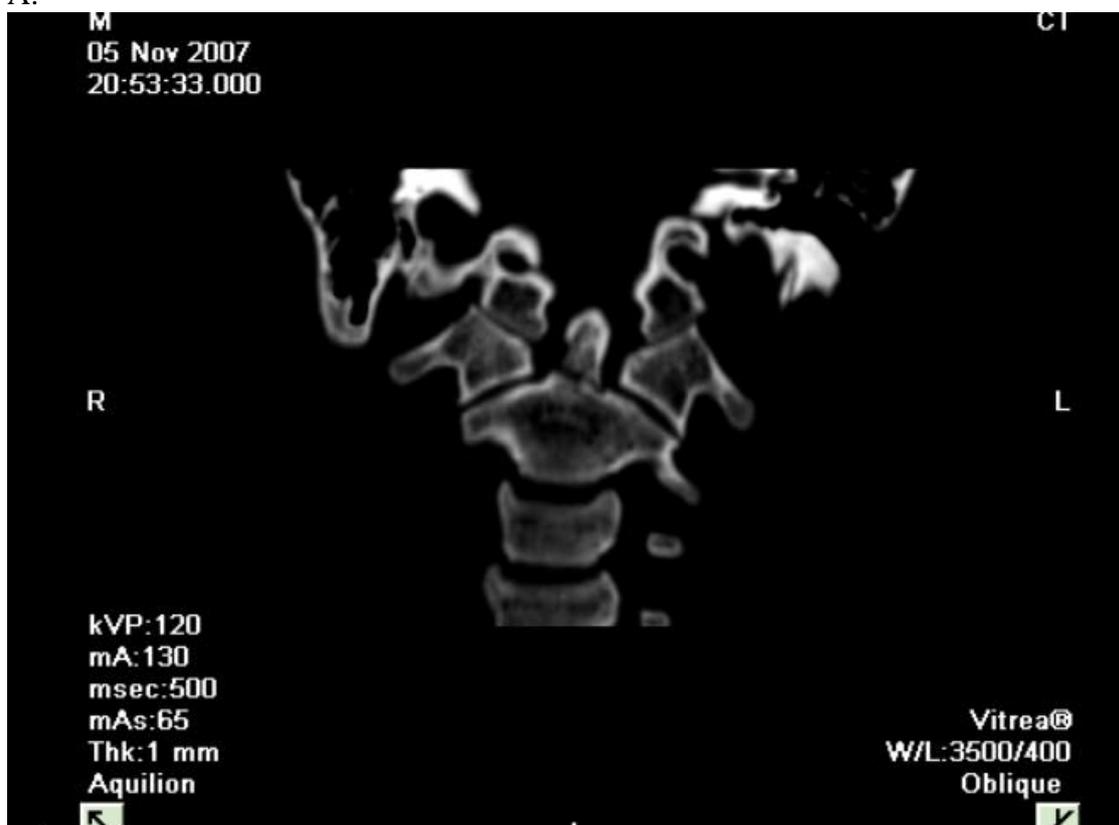
B:



Figura 1. Paciente de 51 años con Artritis reumatoide en que se diagnosticó quiste sinovial a nivel C1-C2 con compresión medular (imagen A) que requirió resección quirúrgica. Ante la presencia de inestabilidad cervical posteriormente se realizó fijación transarticular C1-C2 asociada a técnica sublaminar (B: resultado Rx postquirúrgico)

Figura 2. Caso artrodesis interarticular

A:



B:



C:



Figura 2. Paciente varón que sufrió un accidente de tráfico diagnosticándose de fractura de odontoides tipo II (imágenes de TC coronal: A y sagital: B), realizándose como tratamiento una artrodesis posterior interarticular C1-C2 (C: imagen Rx lateral posteroperatorio mostrando una correcta situación del sistema) con buen resultado clínico y funcional.

En cuanto a los casos tratados de forma secundaria tras el fracaso del tratamiento inicial cabe destacar un caso de fractura de odontoides tipo II en la serie de transarticular por fracaso del tratamiento conservador con ortesis. En la serie de casos de interarticular hay dos casos que fueron tratados inicialmente con atornillado anterior pero en uno de ellos se constató la rotura del tornillo y en otro se produjo una pseudoartrosis con persistencia de la inestabilidad. En los tres casos se obtuvo finalmente un resultado bueno.

Respecto a las complicaciones peroperatorias destaca, en cuanto a la lesión de arteria vertebral:

- Transarticular:

Un caso de fijación transarticular con lesión de arteria vertebral, el cual no tuvo traducción clínica. Se produjo un sangrado arterial al retirar la broca perforadora que fue controlado mediante el implante del tornillo definitivo (1/20, 5 % de los casos de transarticular).

También se registró un caso de fijación transarticular en el que se observó en el TC postoperatorio la desviación de un tornillo hacia el trayecto de la arteria

vertebral pero sin haberse producido sangrado intraoperatorio destacable ni repercusión clínica posterior.

- Interarticular: No se obtuvieron casos de afectación de arteria vertebral en el grupo de interarticular.

Respecto a la situación de los tornillos se observó:

- Desviación en 2 casos de transarticular, uno de ellos asociado a rotura de tornillo que requirió en éste último retirada y recolocación de otro nuevo tornillo.
- En la serie de interarticular, un caso de desviación del tornillo requiriendo también en este último recolocación del mismo. En ningún caso hubo repercusión clínica que se tradujese en afectación neurológica debida a la desviación. En un caso de artritis reumatoide al iniciar la perforación con la broca se fracturó la lámina de C2 que se resolvió con la inyección de cemento acrílico en el trayecto proximal del tornillo quedando la fijación sólida.

Se registró un caso de infección en la serie de interarticular que desarrolló un absceso que se resolvió mediante la limpieza quirúrgica del mismo y el tratamiento antibiótico endovenoso posterior sin necesidad de retirar el sistema de instrumentación.

Al realizar la valoración de la movilidad cervical postquirúrgica podemos constatar en el grupo de transarticular una limitación en la flexo-extensión < 30% en 9/20 casos (45%), limitación en la rotación > 50% en 18/20 (90%), y limitación en la inclinación >20% en 8/20 (40%), mientras que en el grupo de interarticular observamos limitación en la movilidad en 6/16 (37.5%), 9/16 (63%) y 6/16 (37.5%) respectivamente. (ver Tabla 3).

<u>Movilidad cervical postIQ</u>	LIMITACIÓN FLEXO-EXT > 30°	LIMITACIÓN ROTACIÓN >50°	LIMITACIÓN INCLINACIÓN >20°
TRANSARTICULAR	9/20 (45%)	18/20 (90%)	8/20 (40%)
INTERARTICULAR	6/16 (37.5%)	9/16 (56%)	6/16 (37.5%)

Tabla 3. Resultados de la movilidad cervical postquirúrgica medida mediante goniometría cervical

En la serie de transarticular se encuentran 5 casos (3 artritis reumatoides y 2 espondilitis anquilopoyéticas) y en la serie de interarticular otros 3 casos (2 artritis reumatoide y 1 espondilitis anquilopoyética) en los que ya existía limitación de la movilidad cervical prequirúrgica respecto al rango normal debido a la enfermedad de base.

Por lo que respecta a la fusión ósea pudimos constatar aparición de puentes óseos en TC postquirúrgica a los 12 meses en 17/20 (85%) de los casos de transarticular. En el grupo de interarticular se obtuvo en 15/16 (93%) casos. (Tabla 4)

<u>Radiología cervical postIQ (RX y TC)</u>	SIGNOS DE FUSIÓN A LOS 3 MESES	SIGNOS DE FUSIÓN A LOS 6 MESES	SIGNOS DE FUSIÓN A LOS 12 MESES
TRANSARTICULAR	4/20 (20%)	11/20 (55%)	17/20 (85%)
INTERARTICULAR	4/16 (25%)	10/16 (63%)	15/16 (93%)

Tabla 4. Resultados de la fusión ósea valorada en RX y TC

Al realizar el análisis estadístico y comparar ambos grupos:

- No se detectan diferencias estadísticamente significativas ($p=0.83$), en la variable de resultado clínico-funcional.

- No se detectan diferencias estadísticamente significativas ($p=0.67$) en la movilidad cervical postquirúrgica.
- No se detectan diferencias estadísticamente significativas ($p=0.74$) en las tasas de fusión.

Estos resultados son esperables debido a la muestra pequeña y las pocas diferencias en los porcentajes de resultados de las tres variables.

DISCUSIÓN

Desde principios del siglo 20 hasta ahora la fijación del segmento C1-C2 ha ido evolucionando mediante la aparición de diversas técnicas que pretendían estabilizar de manera cada vez más eficiente el complejo atlas-axis. Las técnicas de fijación sublaminar presentan riesgo asociado de lesión del cordón medular debido a la interposición de cables a nivel sublaminar y presentan tasas de fusión variables entre el

60-100% ^{2,4,5,9} requiriendo habitualmente la asociación de ortesis rígidas para aumentar la eficacia. Las técnicas con clamps interlaminares tipo Hallifax evitaban el riesgo de lesión medular en la colocación de fijaciones sublaminares pero se describieron fracasos de la estabilización hasta el 20% en algunas series ¹⁵ y además ocupaban el espacio necesario para incluir el injerto óseo.

En un esfuerzo por mejorar las tasas de fusión, Magerl y Seeman ¹⁷ desarrollaron la técnica de fijación transarticular. Las ventajas de ésta técnica eran que no requería que los elementos posteriores estuvieran indemnes como sucedía en las técnicas sublaminares, lo cual permitía asociar laminectomías en casos de compresión medular. Por otra parte, los tornillos transarticulares limitaban el rango de movilidad en rotación y traslación, incrementando la estabilidad del sistema y aumentando las tasas de fusión que oscilan entre 87-100% según las series publicadas ⁴.

Con la aparición de la fijación interarticular (descrita por Goel ^{11,12} mediante la colocación de tornillos en masas laterales de C1 y en pedículos de C2 unidos con placa, y Harms ¹⁴ con la utilización de barras para fijar los tornillos) parecía que se podría disminuir el riesgo potencial de lesión de arteria vertebral presente en la técnica transarticular. La fijación interarticular tampoco requiere la presencia de elementos posteriores intactos en C1 y C2 y confiere una estabilidad de éste segmento muy elevada con tasas de fusión que se elevan al 90-100% ^{12,14,17,23} según las distintas series. Los potenciales fallos de ésta técnica es la lesión de la raíz nerviosa C2 durante la colocación del tornillo en masa lateral de C2. No obstante algunos neurocirujanos optan en ocasiones por sacrificar esta raíz nerviosa con objeto de obtener una buena exposición de la unión articular C1-C2.

La fijación interarticular C1-C2 puede ser realizada en pacientes que no son candidatos a la colocación de tornillos transarticulares por presentar una subluxación fija de facetas articulares o una localización aberrante de la arteria vertebral ²⁴.

Tras analizar los resultados obtenidos en nuestra serie de pacientes se observa unas tasas de fusión ósea a los 12 meses (93 respecto a 85%) en los pacientes tratados con interarticular. No obstante este resultado no ha sido estadísticamente significativo.

En cuanto a la biomecánica del segmento C1-C2 tras la fijación se han realizado diversos estudios en cadáveres y con series de pacientes ¹⁹ que no han encontrado diferencias en cuanto a la estabilidad ni la movilidad cervical postquirúrgica, concluyéndose que la elección de una u otra técnica no debe ser determinada por parámetros biomecánicos sino por criterios clínicos dado que ninguna ha mostrado superioridad respecto a la otra.

En la serie estudiada en este trabajo podemos observar en cuanto a la movilidad cervical postquirúrgica que existió una limitación en la rotación cervical en un gran número de pacientes tratados con fijación transarticular (18/20, 90%) respecto a la interarticular (9/16, 56%), si bien en el grupo de transarticular se incluyen 2 casos de fijación occipitocervical lo cual aumenta la limitación de la movilidad. A pesar de ello tampoco se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.

Los datos obtenidos y el análisis estadísticos no determinan superioridad de una técnica respecto a la otra a pesar de observar mayor porcentaje de fusión y menor limitación de la movilidad cervical en el grupo de fijación interarticular lo cual puede estar en relación con el número de pacientes que se estudian o la heterogenicidad de ambos grupos.

La lesión de la arteria vertebral es una circunstancia potencialmente grave para el paciente, reportada entre 2-8% de los casos, que nos obliga a una buena planificación preoperatoria y un adecuado control de la colocación de los tornillos mediante fluoroscopia. Solo se registra 1 caso de lesión de arteria vertebral y otro caso de desviación del tornillo hacia el trayecto de la arteria vertebral. Ambos casos se trataban de artrodesis transarticular y no se produjeron complicaciones secundarias.

Para disminuir tanto el riesgo de lesión de arteria vertebral, como la desviación de los tornillos, hoy en día disponemos de sistemas de neuronavegación para implantación de tornillos¹⁸. Estos dispositivos nos permiten escoger con precisión el tamaño del tornillo así como visualizar de forma directa el trayecto que sigue en el canal óseo. En el servicio de Neurocirugía del Hospital Germans Trias i Pujol, se ha introducido la neuronavegación para la implantación de tornillos, realizándose varios casos de fijación interarticular C1-C2 guiada con neuronavegación (Sistema BrainLab) (Figura 3).

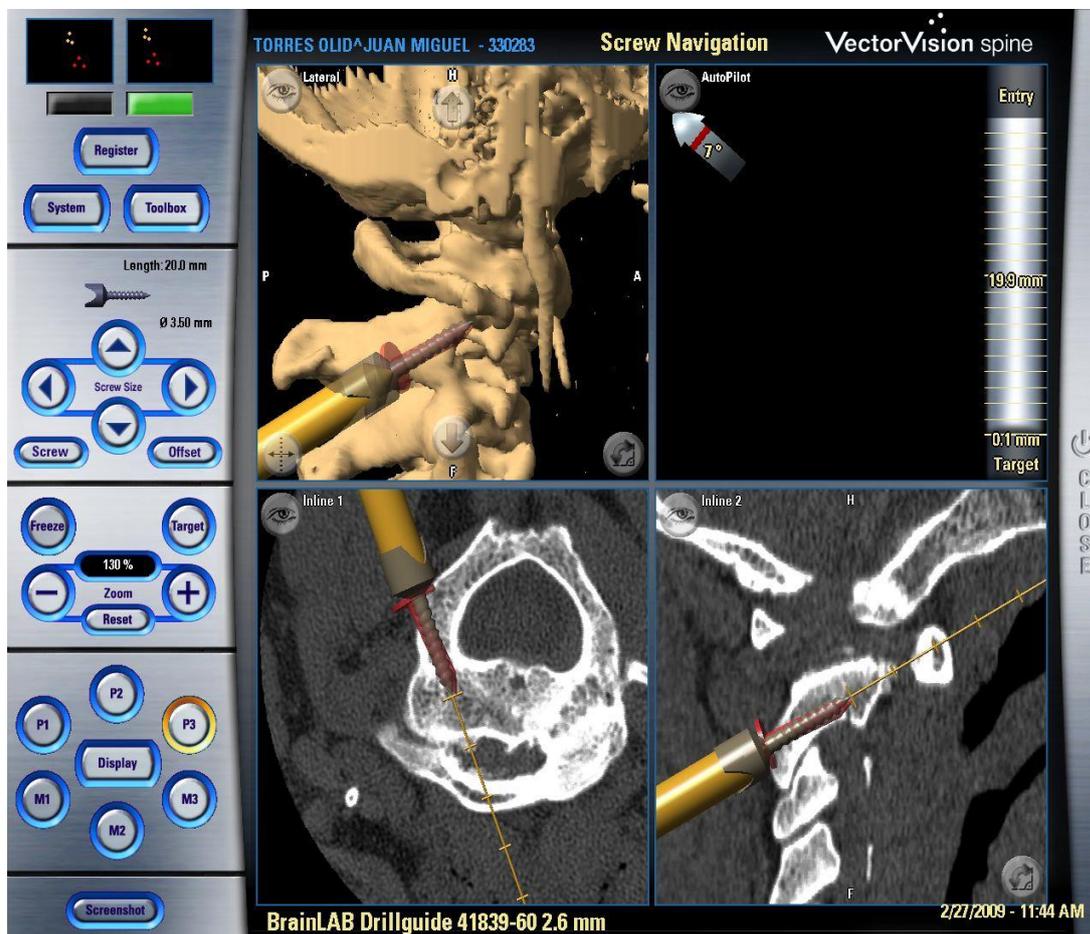


Figura 3. Paciente tratado con artrodesis interarticular guiada con neuronavegación. No se han recogido los casos tratados con neuronavegación en esta serie, para evitar la distorsión en los resultados finales de la comparación de las series con ambas técnicas.

La utilización de la navegación en la cirugía C1-C2, viene dada por la intención de minimizar el riesgo principal de lesión de arteria vertebral. Si bien la inestabilidad espinal confiere mayor dificultad para la precisión de la navegación basada en obtención de imágenes preoperatorias, y particularmente en el caso de la columna cervical alta,

está descrito en muchos trabajos su utilidad a la hora de reducir el riesgo de desviación del implante así como el número de reintervenciones, en comparación con las técnicas de guía por fluoroscopia convencional.

Cuando se hayan realizado una serie concluyente de procedimientos con neuronavegación, se podrá establecer la comparación con los casos realizados sin navegación de tal manera que se vean las diferencias que determinen las ventajas reales de la neuronavegación en la fijación C1-C2.

CONCLUSIONES:

- La fijación transarticular y la fijación interarticular son técnicas seguras, que proporcionan una buena estabilidad biomecánica de las lesiones del segmento C1-C2 tanto de origen inflamatorio como traumático.

- Los resultados valorados en forma de disminución del dolor en el postoperatorio y mejoría funcional son buenos en ambos casos, sin observarse diferencias en las dos series de pacientes.
- La tasa de complicaciones es baja en ambas técnicas y no se puede establecer diferencias según los resultados obtenidos tras la comparación de ambas series.
- Por tanto, con estos resultados no se puede establecer la superioridad de una técnica sobre la otra. Sin embargo, en esta serie vemos que se obtienen más casos de lesión de arteria vertebral y mayor limitación postquirúrgica de la movilidad cervical en la rotación con la técnica transarticular. También se observa un porcentaje mayor de fusión en la técnica interarticular. Estas diferencias en porcentajes no se traducen en diferencias estadísticamente significativas, lo cual puede venir dado por la heterogeneidad y el número de la muestra, y el análisis retrospectivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson LD., D'Alonzo RT.: Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 2004; Sep 86-A(9): 2081.
2. Brooks, A.L., Granholm, L.: Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Surg* 1978; 60: 279-284.
3. Coyne, T.J., Fhelings, M.G., Wallace, M.C., Bernstein, M., Tator.: C1-C2 posterior cervical fusion: long-term evaluations and results and efficacy. *Neurosurgery* 1995; 37: 688-692.
4. Dickman, C. A., Greene, K. A., Sonntag V.K.: Injuries involving the transverse atlantal ligament: classifications and treatment guidelines. *Neurosurgery* 1996; 38: 44-50.
5. Dickman, C.A., Sonntag, V.K.: Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery* 1998; 44(3): 687-9.
6. Fielding, JW., Hawkins, RJ., Ratzan, SA.: Spine fusion for atlantoaxial instability. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 400-7.
7. Florensa, R.: Indicaciones de la fijación posterior en columna cervical. *Neurocirugía XXI* 1999; 5: 239-256.
8. Florensa, R., Noboa, R., Muñoz, J., Colet, S., Cladellas, JM., Rodríguez, M^a A.; Ley, A.: Resultados de la fijación transarticular C1-C2 en una serie de 20 pacientes. *Neurocirugía* 2002; 13: 429-436.
9. Gallie, W. E.: Fractures and dislocations of the cervical spine. *Ann J Surg* 1939; 46: 495-499.
10. German, JW., Hart, BL., Benzel, EC.: Nonoperative management of vertical C2 body fractures. *Neurosurgery* 2005 Mar; 56: 516-21.
11. Goel, A., Desai, K. I., Muzumdar, D.P.: Atlantoaxial fixation using plate and screw method: a report of 160 treated patients. *Neurosurgery* 2002; 51: 1351-1357.
12. Goel, A., Laheri, V.: Plate and screw fixations for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurosurg (Wien)* 1994; 129: 47-53.
13. Greenberg, M.: *Handbook of Neurosurgery* 6th Edition. Lakeland, Florida; Thieme, 2006; pp. 623-626.
14. Harms, J., Melcher, R.P.: Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine* 2001; 26: 2467-2471.

15. Huang, C.I., Chen, I.H.: Atlantoaxial arthrodesis using Halifax interlaminar clamp reinforced by halo vest immobilization: a long-term follow-up experience. *Neurosurgery* 1996; 38: 1153-1157.
16. Hurlbert, R. J., Crawford, N. R., Dickman, C. A.: A biomechanical evaluation of occipitocervical instrumentation: screw compared with wire fixation. *J Neurosurgery* 1999; 90: 84-90.
17. Magerl, F., Seeman, P.S.: Stable posterior fusión of the atlas and axis by transarticular screw fixation. En: Kehr, P., Weidner, A., eds. *Cervical Spine* Berlin: Springer-Verlag 1986; 322-327.
18. Martin-Ferrer, S., Rimbau, J., Feliu, R.: Atornillado anterior de las fracturas agudas de odontoides. *Neurocirugía* 1996; 7: 88-89
19. Martin-Ferrer, S., Rimbau, J., Joly, M.C., Teruel, J., Pont, J.: Atornillado transarticular posterior atloaxoideo en la inestabilidad del complejo C0-C1-C2. *Neurocirugía* 2000; 11: 43-49.
20. Martin-Ferrer, S., Rimbau, J., Joly: Traumatismos de la columna cervical alta. *Neurocirugía* 2006; 17: 391-419.
21. Richter M., Mattes T, Balkan C.: Computer-assisted posterior instrumentation of the cervical and cervico-thoracic spine. *Eur Spine J* 2004; 13: 50-59.
22. Rocha, R., Sawa, AG., Baek, S., et al.: Atlantoaxial rotatory subluxation with ligamentous disruption: a biomechanical comparison of current fusion methods. *Neurosurgery* 2009; 64 (3): 137-43.
23. Stulyk J., Vyskocil T., Sebesta. P, Kryil J.: Harms technique of C1-C2 fixation with poliaxial screws and rods. *Acta Chir Orthop* 2005; 72 (1): 22-7.
24. Vender, J. R., Rekito A. J., Harrison S. J.: Evolution of posterior cervical and occipitocervical fusion and instrumentations. *Neurosurg focus* 2004; 16 (1): 1-9.

25. White, AP., Biswas, D., Smart, LR., Haims, A., Grauer, JN.: Utility of flexion-extension radiographs in evaluating the degenerative cervical spine. *Spine* 2007; 32 (9): 975-9.

