

Programa de Formación Continua AOSpine

Traumatismos

Tratamiento de las lesiones traumáticas de la región occipitocervical (C0-C2)

Autor

Dr. Alexandre Sadao Iutaka

Editor

Dr. Néstor Fiore



Tratamiento de las lesiones traumáticas de la región occipitocervical (C0-C2)

Autor

Dr. Alexandre Sadao Iutaka

Editor

Dr. Néstor Fiore



OBJETIVOS

- ▶ Definir qué lesiones deben tratarse en forma ortopédica y cuáles en forma quirúrgica.
- ▶ Describir los tratamientos ortopédicos utilizados.
- ▶ Definir qué abordaje es aconsejable en las lesiones que deben operarse.
- ▶ Identificar detalles técnicos de utilidad para la práctica diaria.
- ▶ Describir posibles complicaciones y formas de evitarlas.



ÍNDICE

▶	1. Introducción	04
▶	2. Fracturas de los cóndilos occipitales	05
	Síntesis	07
▶	3. Fractura del atlas	08
	Fracturas estables	08
	Fracturas inestables	08
	Síntesis	12
▶	4. Luxación y subluxación atlantoaxial	13
▶	5. Fractura de odontoides	14
	Fracturas tipo I	14
	Fracturas tipo II	14
	Fracturas tipo III	19
	Síntesis	19
▶	6. Espondilolistesis traumática del axis	20
	Fracturas tipo I	20
	Fracturas tipo II	20
	Fracturas tipo III	21
	Síntesis	21
▶	7. Luxación atlantooccipital	22
	Síntesis	22
▶	8. Fractura de las masas laterales de C2	23
	Síntesis	23
▶	9. Consideraciones finales	24
▶	Bibliografía	25

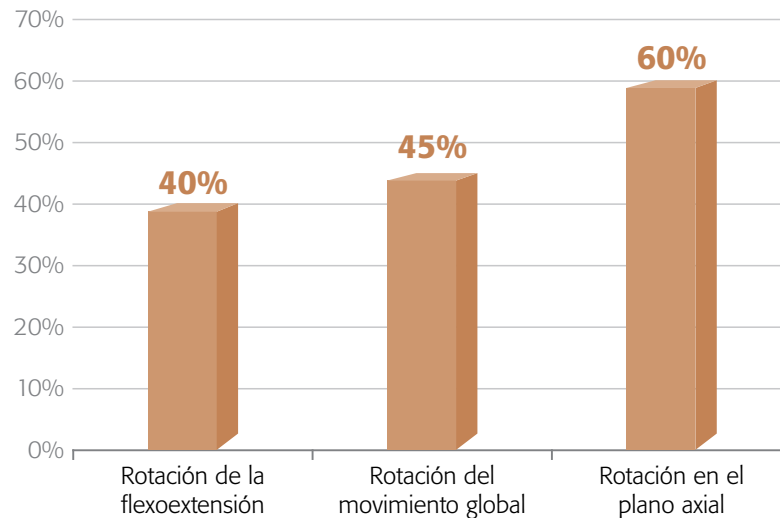


1. INTRODUCCIÓN

La base del cráneo, el atlas y el axis forman una región anatómica denominada pasaje craneocervical. Esta región posee una anatomía única y, por eso, sus lesiones tienen comportamiento y características distintas del resto de la columna vertebral.

Las articulaciones y un complejo de ligamentos altamente especializados hacen que esta región funcione como una unidad.

Gran parte del movimiento del cráneo en relación al tronco ocurre en la columna cervical alta.



Porcentaje de rotación de la columna cervical alta (Dvorak, Schneider, Saldinger y Rahn, 1988)

El atlas rueda sobre el axis cerca de 80° a 88° . La amplitud de flexoextensión entre C0-C1 y entre C1-C2 es de 20° a 30° . La inclinación lateral es de aproximadamente 20° entre C1 y C2 (Crisco, Panjabi y Dvorak, 1991; Panjabi, Crisco, Lydon y Dvorak, 1998; Panjabi et al., 1991a; Panjabi et al., 1991b; Panjabi, Oxland y Parks, 1991). Esta gran amplitud de movimiento es permitida porque la restricción impuesta por las estructuras óseas es escasa, y el límite a los movimientos es determinado fundamentalmente por los ligamentos.

La estructura de los ligamentos tiene un papel fundamental en la estabilidad de la región. Los ligamentos alares, que van desde el occipital a la apófisis odontoides, restringen primariamente la rotación. Cuando la cabeza es girada en una dirección, el ligamento alar contralateral queda tenso y el ipsilateral flojo. Conjuntamente con la membrana tectorial, limitan la inclinación lateral y la flexión. Se observó en estudios en cadáveres que la sección de un ligamento alar aumenta la flexión, la rotación y la inclinación lateral entre un 30% y un 40% (Panjabi et al., 1991a).

La correcta continuidad de los ligamentos longitudinales anterior y posterior constituye un estabilizador importante del pasaje craneocervical. El ligamento cruciforme, especialmente la porción que forma el ligamento transverso, es importante en el control del movimiento entre C1 y C2, dando gran estabilidad a este segmento.

En este tópico, se abordarán las lesiones principales y los métodos de tratamiento, con algunos detalles importantes de las principales técnicas quirúrgicas de las fracturas del pasaje del craneocervical.



2. FRACTURAS DE LOS CÓNDILOS OCCIPITALES

Las fracturas de los cóndilos occipitales son lesiones muy poco frecuentes en la práctica clínica.

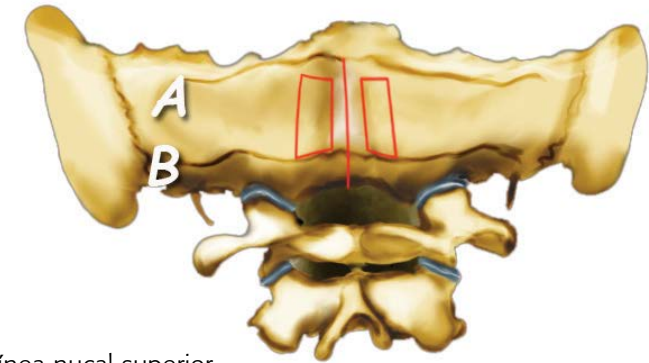
Debido a la rareza, no existe un protocolo bien establecido de tratamiento. Sin embargo, el tratamiento depende de la presencia o ausencia de estabilidad.

- ▶ El uso de collar cervical rígido o halo-corsé por tres meses está indicado en las fracturas estables, de los tipos I y II.
- ▶ La cirugía de artrodesis occipitocervical es realizada en las fracturas que poseen características inestables, como las del tipo III bilaterales (Anderson y Montesano, 1988; Hanson et al., 2002).

Existen diversas formas de obtener una fusión occipitocervical adecuada. Las técnicas varían desde la decorticación del occipital, C1 y C2, asociada a la colocación de injerto de ilíaco e inmovilización con halo-corsé, al alambrado o el uso de sistemas con tornillos para obtener una fijación rígida (Grob, Dvorak, Panjabi y Antinnes, 1994; Grob, Dvorak, Panjabi, Froehlich y Hayek, 1991; Sasso, Jeanneret, Fischer y Magerl, 1994; Smith, Anderson y Grady, 1993). Al paciente que va a ser operado, se le debe colocar un halo craneano para la reducción y estabilización de la lesión. Las radiografías intraoperatorias de perfil son usadas para confirmar que no existe distracción entre C0 y C1.

Técnica quirúrgica

La fosa cerebelosa se sitúa entre el foramen magno y la línea nugal inferior. Esa región es la de menor espesor óseo y debe ser evitada por los tornillos. La región alineada con los cóndilos occipitales y entre las líneas nugal inferior y superior constituye un sitio adecuado para la implantación de los tornillos occipitales. La línea media también puede ser utilizada, con tornillos unicorticales, para reducir el riesgo de lesiones vasculares. La asociación de tornillos en C1 y C2, utilizados en la técnica con placa, adiciona estabilidad al montaje y evita el uso de halo-corsé en el período posoperatorio.

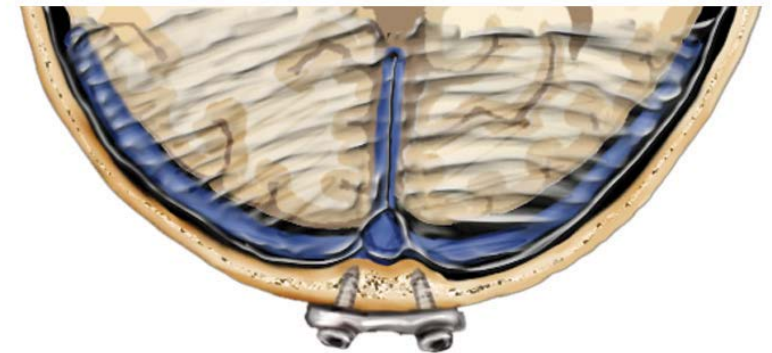


A: Línea nugal superior

B: Línea nugal inferior

Las regiones delimitadas por los rectángulos rojos y por el trazo rojo central son las ideales para inserción de los tornillos.

Visión desde el exocráneo del pasaje occipitocervical



En la línea media, los tornillos pueden ser de mayor longitud.

Corte axial de la calota a nivel occipital

La protuberancia occipital externa y la línea nual superior son las áreas de mayor espesor, con una media de 8,3 mm, pudiendo llegar hasta 12 mm (Roberts, Doherty y Heggeness, 1998). Esta región es un área más segura y ofrece mejor resistencia para la colocación de los tornillos. Debido a una variación anatómica considerable, se recomienda que la perforación local sea de 6 mm a 7 mm y que los tornillos sean unicorticales. De esa forma, es improbable una lesión accidental de los senos venosos.

A continuación se muestran, a modo de ejemplo, las imágenes posoperatorias de una estabilización occipitocervical.



Se observa la estabilización con tornillos en el occipital, C2, C3 y C4.

Radiografía de perfil del pasaje occipitocervical



Se observa una correcta colocación de los tornillos occipitales en la línea media.

Reconstrucción mediosagital con tomografía computada

Con relación a la resistencia mecánica, la comparación en cadáveres entre tornillos unicorticales y bicorticales no mostró diferencia para perforaciones de la misma profundidad (Roberts et al., 1998). Esta resistencia similar se debe al hecho de que la cortical externa es más espesa que la interna.

La posición de la cabeza en caso de estabilización occipitocervical debe confirmarse clínicamente y con imágenes de radioscopia pre e intraoperatorias. Una colocación de la cabeza en flexión exagerada puede traer problemas de deglución y respiración, mientras que una colocación en extensión exagerada puede traer dificultad para la marcha por la difícil visión del piso.



Se observa una estabilización occipitocervical en flexión exagerada con alteraciones funcionales para el paciente.

Radiografía de perfil posoperatoria de la región occipitocervicotorácica



Síntesis: FRACTURAS DE LOS CÓNDILOS OCCIPITALES

Las fracturas de los cóndilos occipitales son infrecuentes. La lesión debe sospecharse y buscarse con cortes finos de tomografía computada (TC).

La mayoría puede tratarse en forma conservadora, pero deben reconocerse las lesiones inestables por su alta morbilidad y riesgo de vida. Estas últimas requieren una estabilización occipitovertebral.



3. FRACTURA DEL ATLAS

Las fracturas del atlas se clasifican en cuatro tipos, de acuerdo a Levine y Edwards (1985). El tratamiento de la lesión depende de la estabilidad. Estas fracturas pueden agruparse en estables e inestables, de acuerdo al estado del ligamento transverso (Dickman, Greene y Sonntag, 1996).

Fracturas estables	Son fracturas aisladas del arco posterior, del arco anterior o de la masa lateral (I, II o III), sin lesión del ligamento transverso.
Fracturas inestables	Son las fracturas del arco anterior con desvío posterior del atlas en relación al odontoides y las explosiones con la sumatoria del alejamiento de las masas laterales mayor que 6,9 mm (Spence), lo que se traduce en lesión del ligamento transverso.

Una ventaja del tratamiento conservador es la preservación de la articulación entre C1 y C2 y, en consecuencia, la conservación de amplitud del movimiento normal. Los índices de consolidación y los resultados del tratamiento conservador son buenos para fracturas estables.



Fracturas estables

En las lesiones estables, el tratamiento generalmente es conservador, con el uso de tracción y de ortesis semirrígida, inmovilización con halo-yeso o halo-corsé por tres a cuatro meses.

Algunos estudios muestran que las fracturas en explosión, no complicadas, con un alejamiento de las masas laterales menor que 5,7 mm, pueden ser tratadas adecuadamente por estos métodos citados (Dunbar y Ray, 1961; Levine y Edwards, 1986; Zimmerman, Grant, Vise, Yashony Hunt, 1976).

Fracturas inestables

El tratamiento quirúrgico es considerado en lesiones inestables, debido al riesgo de progresión de los desplazamientos y pseudoartrosis, y en pacientes politraumatizados.

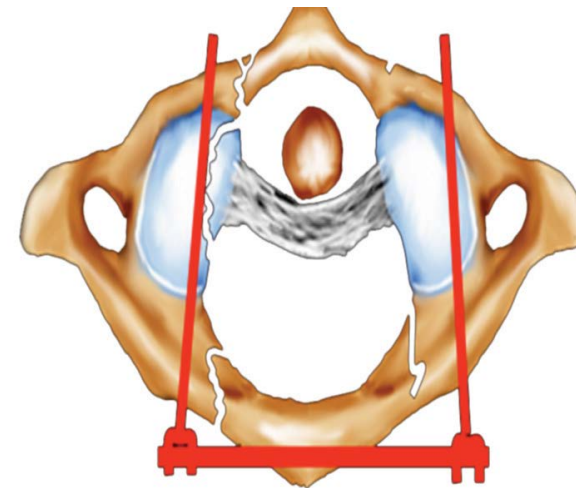
Estas fracturas son tratadas por los siguientes métodos:

- tracción prolongada con halo-craneano,
- artrodesis C1-C2,
- artrodesis occipital en C2.

El tratamiento con halo puede ser insuficiente para mantener la alineación aceptable (Han, Witten y Mussleman, 1976; McGuire y Harkey, 1995), y debe realizarse la artrodesis.

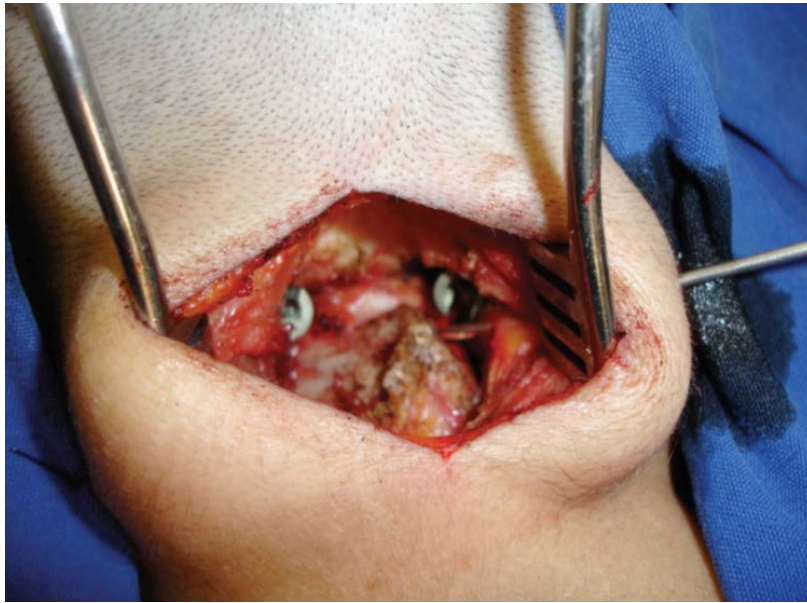
El inconveniente de una artrodesis en este nivel es la pérdida de movilidad, debido a que el 50% de la rotación cervical ocurre entre C1 y C2.

Para evitar la artrodesis, en situaciones especiales donde la lesión del ligamento transverso ocurre por una avulsión ósea, algunos autores, como Harms (Ruf, Melcher y Harms, 2004), realizan la fijación de la fractura por vía anterior transoral con placas y tornillos. Otra opción es la fijación de la fractura por vía posterior con dos tornillos de masa lateral en C1, conectados por una barra.



Se observan tornillos en las masas laterales, conectados por una barra. En estos casos, después de la consolidación de la avulsión ósea del ligamento transversal, la estabilidad puede ser restablecida y la artrodesis C1-C2 no es necesaria.

Osteosíntesis del atlas en el plano axial, los tornillos unidos por una barra

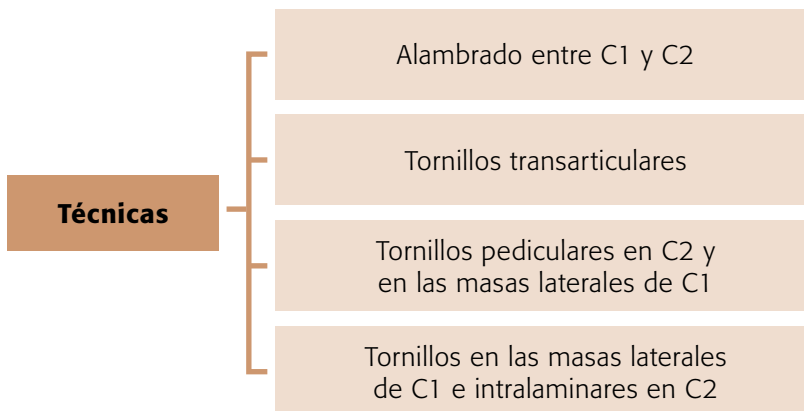


Se muestran los tornillos colocados en C1.

Imagen intraoperatoria de fractura inestable tratada con síntesis del atlas

Técnicas quirúrgicas

Existen diversas técnicas quirúrgicas para obtener una fusión entre C1 y C2:



El uso del injerto consiste en una etapa común para todas las técnicas.



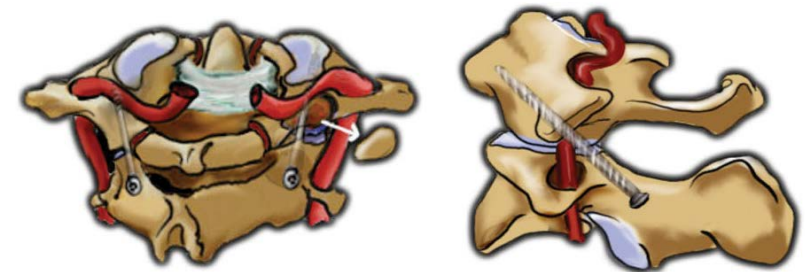
Alambrados con hilos de acero

Los alambrados con hilos de acero son técnicas tradicionales y seguras.

- ▶ La técnica de Gallie consiste en un asa que sujeta el arco posterior de C1 y pasa por la espinosa de C2 (Gallie, 1939).
- ▶ En la técnica de Brooks y Jenkins, se pasan dos hilos, tanto por el arco de C1 como por el arco de C2 (Brooks y Jenkins, 1978).
- ▶ Los índices de pseudoartrosis llegan al 25%, independientemente del método de inmovilización externa asociado a la técnica de amarre (Brooks y Jenkins, 1978; Gallie, 1939; Hajek, Lipka, Hartline, Saha y Albright, 1993).
- ▶ Por otro lado, la técnica con amarre no es posible cuando hay lesión del arco posterior, debido a que este se encuentra desconectado del resto de la vértebra.

Tornillos transarticulares

Magerl (1986) fue el primero en describir una técnica usando tornillos transarticulares.



Magerl

Disposición del implante en la técnica de Magerl



Se observa artrodesis C1-C2 según técnica de Magerl.

Radiografía posoperatoria de columna cervical alta de perfil

Los tornillos transarticulares proporcionan una estabilidad muy superior a la técnica con alambrado (Grob, Crisco, Panjabi, Wang y Dvorak, 1992, Hanson, Montesano, Sharkey y Rauschnig, 1991; McGraw y Rusch, 1973) y no necesitan la integridad del arco posterior.

Los índices de éxito en las artrodesis con tornillos llegan cerca del 100% (Jeanneret y Magerl, 1992). Sin embargo, el posicionamiento de los tornillos es delicado.

El propio Magerl (1986) advierte que es una técnica de difícil ejecución, ya que el punto de entrada y la trayectoria son críticos.

- ▶ El punto de entrada debe ser hecho entre el 1/3 medial y central del proceso articular del axis. Se debe pasar un clavo guía con 15° de angulación medial para evitar la arteria vertebral y llegar a un área segura de la masa lateral de C1.
- ▶ Esta fase de la cirugía es realizada con la disección del espacio C1-C2 y visualización del pasaje del tornillo en la articulación, posibilitando el retiro del cartílago local.

- ▶ Esto también permite la protección del lado interno con un separador tipo Penfield o similar, evitando el riesgo de penetración y lesión del saco dural.

Algunas de las complicaciones que pueden ocurrir en esta técnica son las siguientes:

- ▶ Puede ocurrir sangrado importante en esta zona, debido a que hay un gran plexo venoso local. Para disminuir este sangrado, es de utilidad una técnica subperióstica cuidadosa, asociada al uso de elementos hemostáticos (Surgicel o similar).
- ▶ La radioscopia es importante para determinar la angulación en el plano sagital. Por otro lado, la TC de la columna cervical es imprescindible para la evaluación de posibles variaciones anatómicas y para una planificación quirúrgica correcta.
- ▶ La reducción entre C1 y C2 debe ser anatómica. Las variaciones anatómicas deben ser descartadas, como una arteria vertebral más medial o más superior (*high riding*). Estas variaciones llevan a un estrechamiento inferior y lateral de la pars de C2, pudiendo llegar a encontrarse hasta en un 20% de los casos en algunas series. De esta forma, la región superior y medial de la pars de C2 es la más segura para la inserción del tornillo en la técnica de Magerl.
- ▶ Algunos estudios mostraron índices próximos al 6% de lesión de la arteria vertebral (Solanki y Crockard, 1999; Wright y Laurysen, 1998).
- ▶ Otra complicación de esta técnica ocurre cuando hay una cifosis torácica rígida y acentuada, debido a la dificultad técnica para conseguir un ángulo de inserción de los tornillos e instrumentales.
- ▶ Además, en los pacientes con luxación o subluxación rígida se dificulta el pase del tornillo (Harms y Melcher, 2001).
- ▶ La vía de acceso también es mayor que en las otras técnicas, y hay necesidad de una apertura distal, próxima al proceso espinoso de C7, para permitir el pase de las mechas hasta la región expuesta de C1-C2.

Tornillos pediculares en C2 y en las masas laterales de C1

Otra manera de obtener estabilidad entre C1 y C2 es la utilización de tornillos en las masas laterales de C1 y en el pedículo en C2 con la técnica de Harms (Harms y Melcher, 2001; Wright, 2004).



Harms

Disposición del implante en la técnica de Harms



Se observa artrodesis C1-C2 según técnica de Harms.

Radiografía posoperatoria de columna cervical alta de perfil

Esta técnica está ganando popularidad por ser más versátil que la técnica transarticular, más segura y con resultados clínicos y biomecánicos semejantes a los tornillos transarticulares.

Además, es una técnica particularmente útil en pacientes con determinadas condiciones que dificultan o imposibilitan la utilización de tornillos transarticulares:

- cifosis cervical exagerada;
- obesidad;
- variaciones anatómicas de la arteria vertebral.

La exposición de las masas laterales de C1 debe ser cuidadosa y estrictamente subperiosteal para evitar daños a la arteria vertebral. Incluso siendo más versátil, esta técnica aún es arriesgada en los pacientes con variaciones anatómicas de la arteria vertebral.

Tornillos en las masas laterales de C1 e intralaminares en C2

Otra opción, descrita por Wright (2004), utiliza tornillos en las masas laterales de C1 asociados a tornillos intralaminares en C2.



Wright

Disposición del implante de Wright



Se observa artrodesis C1-C2 según técnica de Wright.

Radiografía posoperatoria de columna cervical alta de perfil

Esta opción permite el pase de tornillos en casi todos los pacientes y evita el riesgo de lesión de la arteria vertebral en C2, eliminando la necesidad de estudios complejos para evaluarla.

Su desventaja se da en los casos en que hay necesidad de expansión de la artrodesis para niveles caudales, ya que en C2 el tornillo quedará desalineado con los tornillos de masa lateral o de pedículos cervicales.

En el posicionamiento, los tornillos no quedan absolutamente simétricos ya que deben ser colocados superior de un lado e inferior en el otro. Si el primer tornillo es colocado en el medio de la lámina, habrá dificultad para inserción del segundo tornillo.

Seguimiento posoperatorio y complicaciones en pacientes con artrodesis C1-C2 (con tornillos)

En los pacientes en que se realiza una artrodesis C1-C2 por vía posterior con tornillos, se utiliza como inmovilización posoperatoria un collar tipo Filadelfia para confort y limitación de movimientos extremos.

Algunas de las complicaciones que pueden ocurrir en esta técnica son las siguientes:

- ▶ La complicación más temida de las técnicas de artrodesis C1-C2 con tornillos es la lesión de la arteria vertebral. La conducta a seguir en estos casos debe ser controlar el sangrado de manera local y no intentar la colocación de un tornillo del otro lado. En el posoperatorio, debe hacerse un estudio vascular con embolización si se considera necesario.
- ▶ Otra complicación que puede presentarse con frecuencia es el sangrado del plexo venoso C1-C2 que debe controlarse con hemostáticos locales.

Las técnicas de estabilización por vía anterior con tornillos transarticulares C1-C2 tienen la dificultad de preparación de las superficies articulares entre C1 y C2 para colocación de injerto. Esta técnica funciona como una estabilización provisoria o debe ser asociada con la artrodesis posterior.



Síntesis: FRACTURA DEL ATLAS

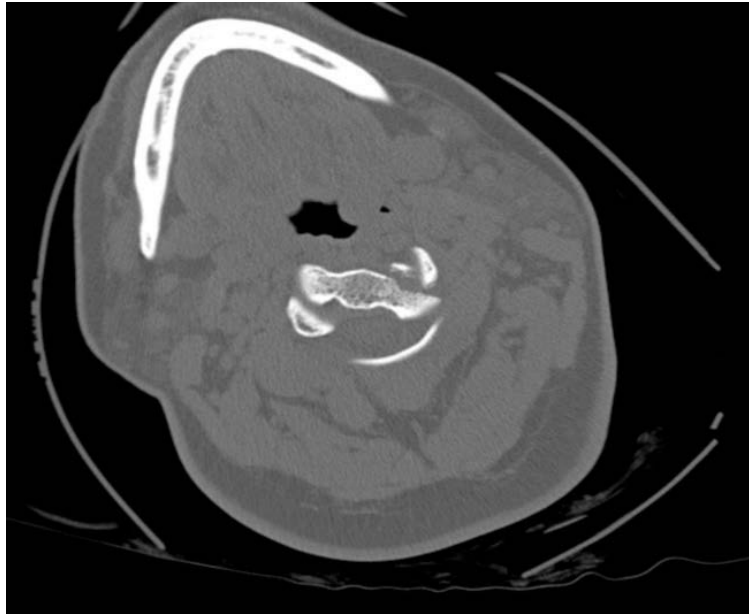
En general, las técnicas quirúrgicas más recientes para artrodesis C1-C2 tienen mejores resultados, pero requieren de un gran conocimiento anatómico de la región y de un estudio preoperatorio meticuloso de la arteria vertebral, y pueden tener complicaciones muy graves.



4. LUXACIÓN Y SUBLUXACIÓN ATLANTOAXIAL

El tratamiento de estas lesiones es variado y depende del tipo de lesión.

- ▶ Las lesiones rotacionales en los niños, del tipo I, generalmente consecuencia de procesos infecciosos, tienen un curso benigno. Son tratadas con medicamentos analgésicos, antiinflamatorios y con inmovilización cervical para mejora del dolor. Si la subluxación persiste, la tracción mentoniana o con halo craneano debe ser instituida. La cirugía de artrodesis entre C1 y C2 consiste en una opción de excepción y es utilizada en la falla de los tratamientos anteriores.



Se observa, en este caso de luxación rotatoria C1-C2, un desplazamiento rotacional entre la mandíbula (maxilar inferior) y el axis.

Tomografía computada de columna cervical alta, corte axial

- ▶ Las luxaciones traumáticas de los tipos II, III y IV requieren un tratamiento más agresivo con artrodesis C1-C2.



5. FRACTURA DE ODONTOIDES

El tratamiento de estas lesiones es variado y depende del tipo de lesión.

Fracturas tipo I

Las fracturas tipo I ocurren arriba del ligamento transversal, poseen una estabilidad considerable y se tratan en forma médica. Sin embargo, también pueden estar presentes en luxaciones craneocervicales, que son lesiones altamente inestables y deben ser tratadas con una artrodesis occipitovertebral.

Fracturas tipo II

Las fracturas tipo II son relativamente inestables (Anderson y D'Alonzo, 1974), ocurren en una región de menor vascularización y están asociadas a un mayor riesgo de pseudoartrosis (Bohler, 1982).

El tratamiento puede ser hecho de forma conservadora o quirúrgica.

Para decidir el tratamiento, es importante considerar, además del patrón de la fractura, las condiciones clínicas del enfermo.

Tratamiento conservador

El tratamiento conservador puede ser hecho a través de la inmovilización externa con ortesis cervicotorácica rígida, yeso del tipo minerva o halo-corsé.

El riesgo de pseudoartrosis varía de 26% a 80% (Aebi, Etter y Coscia, 1989; Dunn y Seljieskog, 1986; Govender, Maharaj y Haffajee, 2000; Hanssen y Cabanela, 1987; Pepin, Bourne y Hawkins, 1985; Schweigel, 1987).

Los factores de riesgo de pseudoartrosis son los siguientes (Apuzzo et al., 1978; Hadley, Dickman, Browner y Sonntag, 1989; Hanssen y Cabanela, 1987; Sasso, Doherty y Crawford, 1993):

- desplazamiento inicial mayor de 4 mm;
- angulación mayor a 10°;
- retraso en el diagnóstico;
- edad superior: 40 a 65 años.

Tratamiento quirúrgico

Los enfermos con factores de riesgo de pseudoartrosis significativos pueden ser tratados con mayor seguridad de forma quirúrgica.

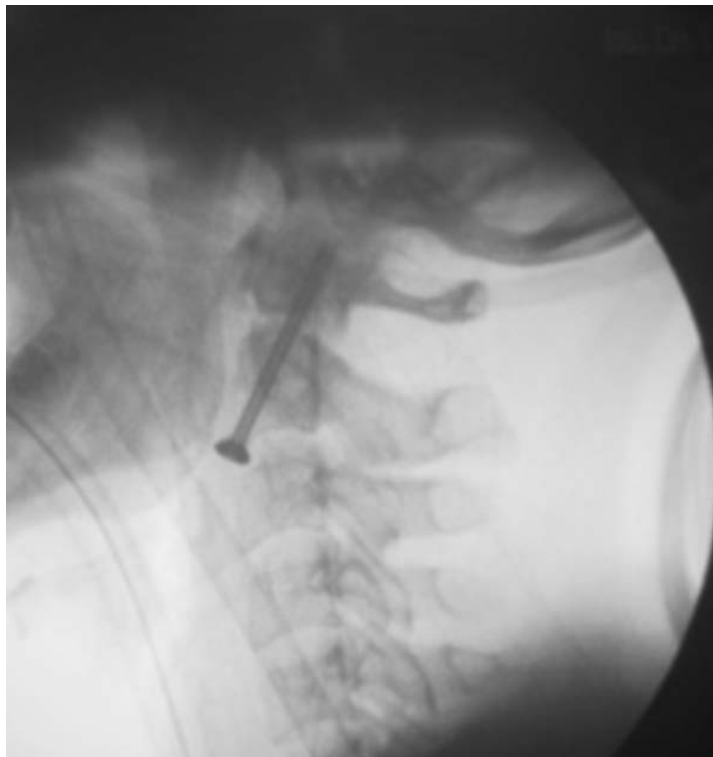
Hadley, Browner, Liu y Sonntag (1988) propusieron la inclusión del subtipo IIA en la clasificación de Anderson y D'Alonzo. Este subtipo se refiere a una fractura con un fragmento conminuto anterior o posterior. Esta conminución está presente en el 5% de los casos. El patrón de dicha fractura está asociado a un riesgo elevado de pseudoartrosis y, por lo tanto, el tratamiento quirúrgico es recomendado.

Como opción de tratamiento quirúrgico, en enfermos con trazo de fractura favorable, se puede realizar la osteosíntesis con el uso de tornillo interfragmentario por la vía anterior (Anderson y D'Alonzo, 1974).

A continuación se muestran, a modo de ejemplo, imágenes relacionadas a una síntesis de odontoides por abordaje anterior.

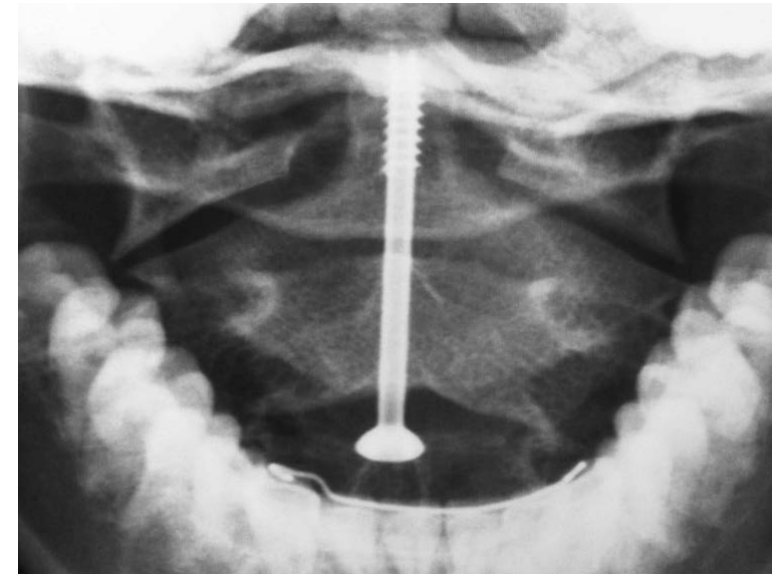


Fijación con dos tornillos en vistas anterior y lateral



Se muestra la correcta colocación del tornillo en el plano sagital.

Radiografía intraoperatoria de osteosíntesis de odontoides en columna cervical alta de perfil



Se muestra la correcta colocación del tornillo en el plano sagital.

Radiografía intraoperatoria de osteosíntesis de odontoides en columna cervical alta de perfil

Esa técnica permite preservar la rotación entre C1 y C2 y, si el ligamento transverso es competente, no es necesario que el arco posterior de C1 esté intacto, como en las técnicas que utilizan ataduras posteriores para artrodesar C1 y C2. La vía de acceso anterior es más anatómica y no es necesario tomar injerto óseo de la cresta ilíaca.

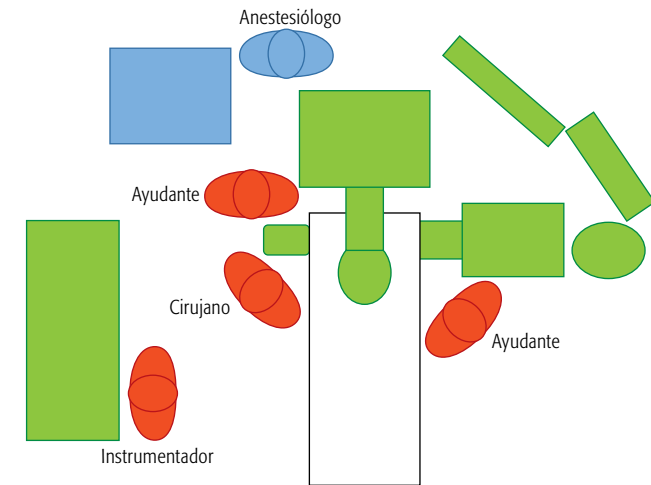
En caso de realizar una síntesis anterior de odontoides, hay algunos detalles a tener en cuenta.

- ▶ La entubación anestésica debe hacerse preferentemente con broncoscopía, para evitar la manipulación de la columna.
- ▶ Los tubos deben inclinarse hacia la izquierda, para dejar el lado derecho del paciente libre (en caso de cirujano diestro).

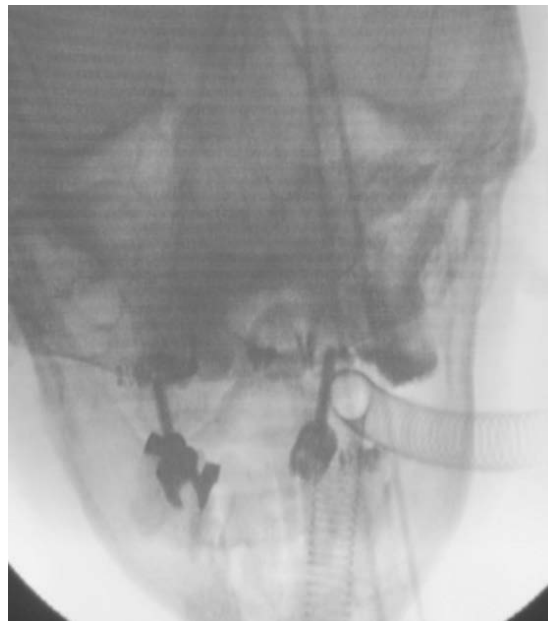


Entubación con broncoscopia

- ▶ Deben utilizarse dos intensificadores de imágenes: uno para una vista frontal y otro para una vista lateral.



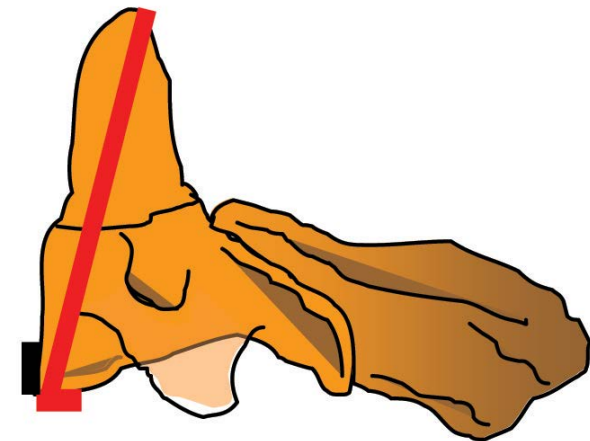
Detalles de la posición del equipo quirúrgico e intensificadores de imágenes



Se muestra la salida de los tubos hacia la izquierda.

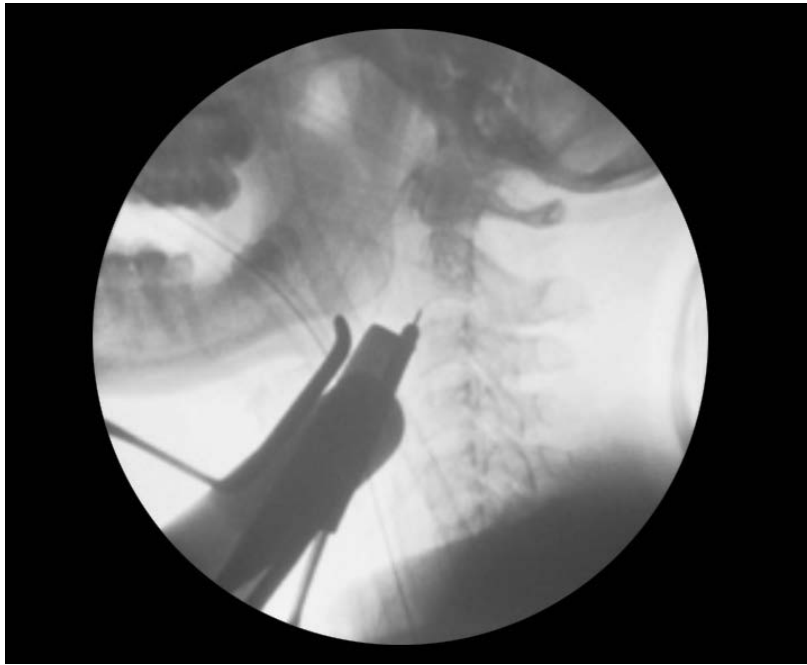
Radiografía en vista frontal

- ▶ Debe realizarse un abordaje anterior a la altura de C5-C6. Se realiza una disección anatómica hasta visualizar el espacio C2-C3. El punto de entrada del tornillo se sitúa en la porción anteroinferior del axis y es vital para el éxito de la técnica.



El tornillo debe ingresar en la parte inferior del borde anteroinferior de C2 y debe respetarse la cortical anterior.

Detalle del punto de ingreso del tornillo



Radiografía intraoperatoria del punto de ingreso del tornillo

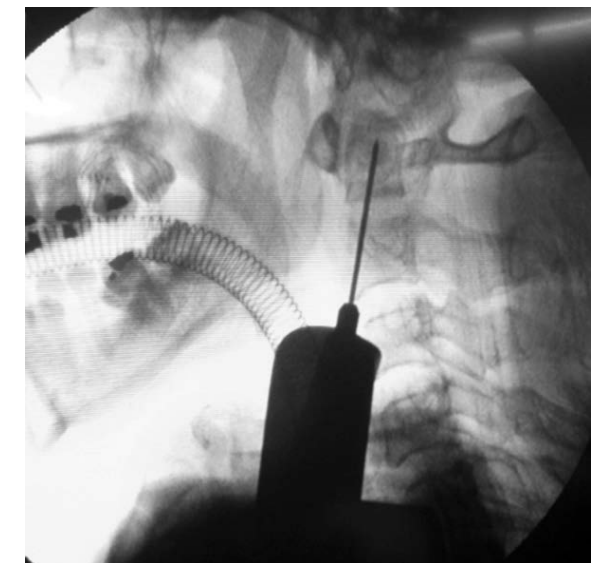


Se observa fractura tipo II.

Tomografía computada, reconstrucción sagital

- El control radioscópico biplanar es fundamental. Estudios biomecánicos (Hadley et al., 1988) y resultados clínicos (Fujii, Kobayashi y Hirabayashi, 1988) no mostraron diferencias entre la utilización de un tornillo único o dos tornillos. De esa forma, la mayoría de los cirujanos recomienda el uso de un tornillo. Los resultados referentes a la consolidación de la fractura con el uso del tornillo interfragmentario varían del 83% al 100% (Anderson y D'Alonzo, 1974; Dunn y Seljieskog, 1986; Esses y Bednar, 1991; Geisler, Cheng, Poka y Brumback, 1989; Jenkins, Coric y Branch, 1998).

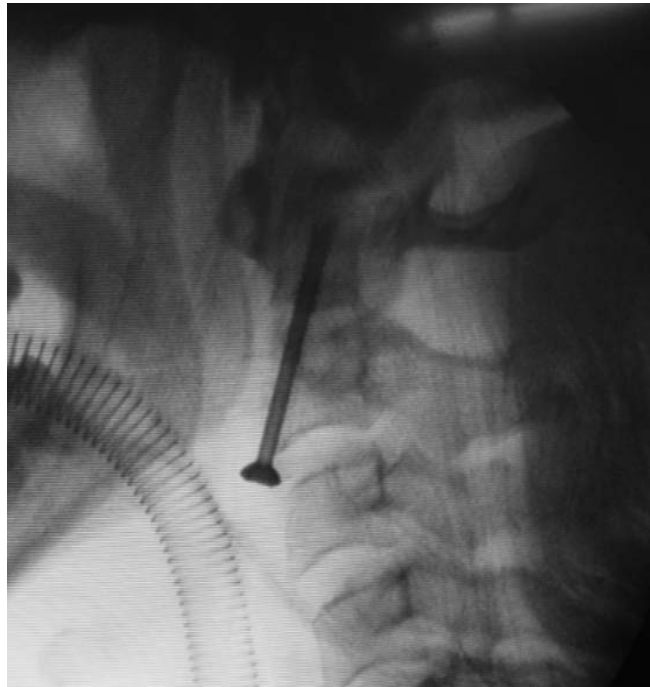
A continuación se muestran, a modo de ejemplo, las imágenes de una fractura de odontoides tratada con síntesis con un tornillo anterior.



Se observa el clavo guía en buena posición.

Radiografía intraoperatoria en imagen de perfil

Esta técnica no está indicada en fracturas irreductibles por métodos cerrados ni en lesiones crónicas. Los ancianos con osteoporosis y fracturas patológicas también constituyen contraindicaciones.



Se observa el tornillo definitivo.

Radiografía intraoperatoria de perfil

En algunos casos, la osteosíntesis no es técnicamente posible por las características del trazo de fractura. Con la intención de guiar la indicación de esta técnica, Grauer et al. (2005) dividieron las fracturas tipo II en tres subtipos, de acuerdo a la morfología del trazo de fractura.

Tipo IIA	Corresponde a las fracturas sin desplazamiento y puede realizarse la osteosíntesis con tornillo interfragmentario.
Tipo IIB	Corresponde a la fractura con desplazamiento y trazo de anterosuperior a posteroinferior o una fractura transversa. Este subtipo es considerado favorable y permite el uso del tornillo interfragmentario por la vía anterior.

Tipo IIC

Corresponde a un trazo de fractura que va de anteroinferior a posterosuperior o existe conminución significativa.

Este tipo no puede ser tratado de forma satisfactoria a través de la osteosíntesis.

En el posoperatorio, es recomendado el uso de un collar de Filadelfia hasta tener signos radiológicos de consolidación.

La complicación neurológica es infrecuente, pero se deben hacer controles periódicos en los dos planos durante la intervención.



La complicación más importante de este tipo de cirugía es el aflojamiento y desplazamiento de los tornillos con pérdida de corrección de la lesión, la cual puede necesitar una artrodesis C1-C2 para corregir el problema.

Otros tratamientos

- ▶ En los casos en que la osteosíntesis no esté recomendada, la fractura puede ser tratada con artrodesis entre C1 y C2 por la vía posterior, con la desventaja de la pérdida de gran parte de la rotación cervical. Hay diversas opciones para la artrodesis que fueron descritas anteriormente:
 - amarre con hilo de acero en asociación o no con inmovilización con halo;
 - tornillos transarticulares;
 - tornillos de masa lateral en C1 y de lámina en C2.
- ▶ La pseudoartrosis estable de las fracturas tipo II es de tratamiento controvertido. En los enfermos jóvenes, el tratamiento quirúrgico puede evitar complicaciones catastróficas y parece ser la opción más razonable. En los enfermos ancianos, el tratamiento quirúrgico está asociado a complicaciones inherentes al procedimiento y la decisión terapéutica debe ser analizada cuidadosamente.

Fracturas tipo III

La fractura de odontoides del tipo III es más estable que las fracturas tipo II y posee un buen aporte sanguíneo. En la mayor parte de los casos, las fracturas tipo III pueden ser tratadas por inmovilización externa (Anderson y D'Alonzo, 1974; Maiman y Larson, 1982; Pepin et al., 1985).



Síntesis: FRACTURA DE ODONTOIDES

La fractura de odontoides es una lesión muy frecuente. La solución mediante una síntesis anterior en los casos indicados fue ganando terreno en los últimos años, ya que no utiliza inmovilizaciones complejas y prolongadas, preservando la movilidad C1-C2.

Identificar correctamente el trazo de fractura permite hacer una correcta elección del método terapéutico.



6. ESPONDILOLISTESIS TRAUMÁTICA DEL AXIS

El tratamiento de estas lesiones es variado y depende del tipo de lesión.

A continuación se muestran, a modo de ejemplo, las imágenes de un paciente con espondilolistesis traumática del axis.

Fracturas tipo I

En las lesiones tipo I, el tratamiento consiste en el uso de collar cervical rígido tipo Filadelfia por doce semanas o halo-chaleco (Effendi, Roy, Cornish, Dussault y Laurin, 1981; Francis y Fielding, 1978; Levine y Edwards, 1985; Marar, 1975; Starr y Eismont, 1993; Wood – Jones, 1913).

Este tratamiento proporciona altos índices de consolidación.

Fracturas tipo II

En las fracturas tipo II, el tratamiento también es conservador la mayoría de las veces.

- ▶ El halo craneano es utilizado inicialmente para reducción y, si esta es obtenida, puede emplearse un halo-chaleco.
- ▶ La angulación de hasta 15° y desvíos de 4 mm son aceptables.

Las fracturas inestables o irreductibles pueden ser tratadas quirúrgicamente (Dussault, Effendi, Roy, Cornish y Laurin, 1983).

- ▶ La artrodesis anterior entre los cuerpos de C2 y C3 es una buena opción (Seljeskog, 1978). La discectomía y la utilización de una placa proporcionan un buen resultado y preservan el movimiento entre C1 y C2 (Cornish, 1968; Norrell y Wilson, 1970; Tuite, Papadoupoulos y Sonntag, 1992).
- ▶ Otra opción consiste en un abordaje posterior con la utilización de tornillos pediculares en compresión en C2, como en la técnica de Roy-Camille (Roy-Camille, Saillant, Judet, de Botton y Michel, 1980).



Se evidencia una fractura del istmo del axis tipo II.

Radiografía de perfil de columna cervical



Se muestra la consolidación de C2, posterior a los tres meses de uso de un collar rígido.

Radiografía de perfil de columna cervical postratamiento



El ligamento longitudinal anterior es, a veces, la única estructura intacta entre C2 y C3. Por esto, un abordaje posterior es una opción apropiada.



Generalmente, las lesiones tipo III no pueden ser reducidas por tracción y requieren una intervención quirúrgica.

Fracturas tipo IIA

En las fracturas tipo IIA, la tracción puede empeorar la lesión, que debe ser reducida con compresión suave y extensión.

Existe la necesidad de extender la artrodesis hasta C1 cuando una fijación adecuada no puede ser obtenida debido a las características de la fractura. La extensión de la artrodesis hasta C1 lleva a una importante restricción de amplitud de movimiento y eso debe ser tomado en consideración en la decisión terapéutica.

Fracturas tipo III

Las fracturas tipo III presentan luxaciones facetarias uni o bilaterales, son inestables y necesitan de tratamiento quirúrgico.

El mecanismo de trauma involucra fuerzas de compresión en flexión, produciendo falla en los pedículos que se extiende anteriormente (Tuite et al., 1992).

Las opciones incluyen una artrodesis posterior de C1 a C3 y artrodesis posterior entre C2 y C3 utilizando tornillos interfragmentarios en C2. Un abordaje anterior complementario puede ser necesario, con fusión de los cuerpos vertebrales de C2 y C3.



Síntesis: ESPONDILOLISTESIS TRAUMÁTICA DEL AXIS

En caso de fracturas tipo I, el tratamiento ortopédico es suficiente. Las fracturas tipo II se pueden habitualmente reducir y contener con tratamiento ortopédico. Las fracturas tipos IIA y III son lesiones muy inestables y es conveniente resolverlas mediante reducción y estabilización quirúrgica.

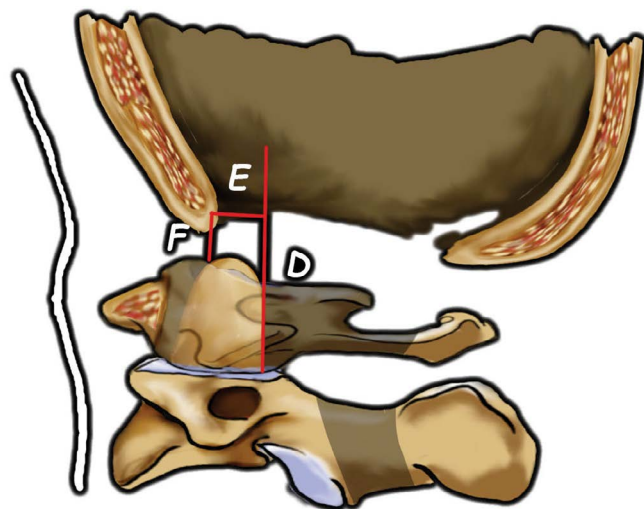


7. LUXACIÓN ATLANTOOCIPITAL

Los pocos sobrevivientes de la luxación atlantooccipital tienen déficit neurológico no muy severo y escaso desvío craneocervical. El retraso en el diagnóstico constituye un problema (Bellabarba et al., 2003; Bundschuh, Alley, Ross, Porter y Gudeman, 1992; Dickman et al., 1993) y puede resultar en agravación del déficit neurológico o muerte en hasta el 75% de las veces (Bellabarba et al., 2003; Ferrera y Bartfield, 1996; Montane, Eismont y Green, 1991).

En la radiografía, el aumento de la distancia entre el proceso odontoide y el basión y la separación entre los cóndilos occipitales y las masas de C1 son señales sugestivas de luxación atlantooccipital.

En el adulto normal, la distancia entre el basión y el proceso odontoide es de aproximadamente 9 mm (línea F). Una distancia mayor a 15 mm es considerada patológica. Según el método de Harris (línea E) una distancia mayor a 12 mm entre la línea D (retrodoidea) y el basión indica luxación hacia anterior.



F: Distancia entre el basión y el vértice de la apófisis odontoides (anormal: > a 15 mm)

E: Distancia entre el basión y la línea retrodoidea (D) (normal: < 12 mm)

D: Línea retrodoidea

Relaciones del pasaje craneocervical en un corte sagital

La reconstrucción sagital con TC permite realizar una buena evaluación de las relaciones entre el occipital y C1.

La resonancia magnética (RM) es de ayuda cuando hay duda diagnóstica y permite obtener informaciones con relación a eventuales compresiones sobre la médula espinal y lesión de ligamentos (Hadley et al., 2002b).

Debido a los aspectos anatómicos locales, la luxación atlantooccipital, en ausencia de lesiones óseas asociadas, es dos veces más común en los niños que en los adultos. Los niños tienen cóndilos occipitales de menor tamaño y articulaciones más horizontales en relación a las del adulto, que son más inclinadas y, por lo tanto, más estables.

La lesión craneocervical debe ser estabilizada para evitar la instalación o agravación de la lesión neurológica. Los collares no ofrecen seguridad para inmovilizar ese tipo de lesión. La tracción debe ser evitada por el riesgo de empeorar la distracción y el déficit neurológico (Hadley et al., 2002a; Page, Story, Wissinger, y Branch, 1973).

El tratamiento definitivo es controvertido, pero la mayoría de los cirujanos se inclina por la estabilización quirúrgica con artrodesis occipitocervical (Evarts, 1970; Gabrielson y Maxwell, 1966; Georgopoulos, Pizzutillo y Lee, 1987; Page et al., 1973; Woodring, Selke y Duff, 1981).

Las lesiones de ligamentos tienen menos posibilidades de autoestabilización, si comparadas a las lesiones óseas. Por lo tanto, si son tratadas con halo, pueden llevar a malos resultados (Hadley et al., 2002b).



Síntesis: LUXACIÓN ATLANTOOCIPITAL

Las luxaciones atlantooccipitales son lesiones muy infrecuentes, ya que muchos de los pacientes fallecen en los accidentes. Una vez diagnosticada, la estabilización occipitocervical parece ser la mejor conducta.



8. FRACTURA DE LAS MASAS LATERALES DE C2

Las fracturas de las masas laterales de C2 son lesiones poco frecuentes, que comparten el mismo mecanismo de trauma de las fracturas de las masas de C1, compresión axial y flexión lateral.

Generalmente, el enfermo no presenta déficit neurológico. La TC es importante para el diagnóstico.

El tratamiento, de acuerdo con el grado de riesgo de la estabilidad, puede ser hecho de las siguientes formas:

- inmovilización externa con ortesis;
- tracción en el halo craneano;
- artrodesis.

En casos de incongruencia significativa de la articulación, el enfermo puede evolucionar con artrosis y dolor cervical y puede necesitar de artrodesis C1-C2 en su evolución futura.



Síntesis: FRACTURA DE LAS MASAS LATERALES DE C2

Las fracturas de las masas laterales de C2 son poco frecuentes, y su tratamiento depende de la estabilidad de la lesión, desde la inmovilización con collar a la artrodesis.



9. CONSIDERACIONES FINALES

La transición craneovertebral presenta desafíos especiales por diferentes causas:

- anatomía diferente en relación a los demás segmentos de la columna;
- riesgos de lesión de la arteria vertebral;
- características biomecánicas adversas.



El conocimiento de varias técnicas (recursos) permite la resolución de diversas alternativas. El manejo de una técnica aislada podría causar grandes dificultades o, inclusive, no permitiría dar una buena solución a algunas lesiones.

La utilización de las técnicas más recientes necesita mayor tecnología, nuevos implantes y mayor costo, lo que dificulta el uso en centros no especializados.

Parece haber una tendencia a la utilización de técnicas que disminuyen el riesgo de lesión de la arteria vertebral. Sin embargo, las técnicas de Magerl y de Harms son y serán siempre muy útiles en la región de C1-C2.



Como las complicaciones en esta región son catastróficas, el cirujano debe utilizar las técnicas con las cuales esté más comfortable, debido a que los resultados iniciales de estas técnicas parecen similares.



BIBLIOGRAFÍA

Aebi, M., Etter, C. y Coscia, M. (1989) Fractures of the odontoid process. Treatment with anterior screw fixation. *Spine*, 14, 1065-1070.

Anderson, L. D. y D'Alonzo, R. T. (1974) Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am*, 56, 1663-1674.

Anderson, P. A y Montesano, P. X. (1988) Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine* 13, 731-736.

Apuzzo, M. L., Heiden, J. S., Weiss, M. H., Ackerson, T. T., Harvey, J. P. y Kurze, T. (1978) Acute fractures of the odontoid process. An analysis of 45 cases. *J Neurosurg*, 48, 85-91.

Bellabarba, C., Mirza, S. K., Mann, F. A., West, G. A., Newell, D. W. y Chapman, J. R. (2003, febrero) *Survival after craniocervical dissociation*. Presentado en 70th Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, New Orleans, LA.

Bohler, J. (1982) Anterior stabilization for acute fractures and nonunions of the dens. *J Bone Joint Surg Am*, 64, 18-27.

Brooks, A. L. y Jenkins, E. B. (1978) Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am*, 60, 279-284.

Bundschuh, C. V., Alley, J. B., Ross, M., Porter, I. S. y Gudeman, S. K. (1992) Magnetic resonance imaging of suspected atlanto-occipital dislocation. Two case reports. *Spine*, 17, 245-248.

Cornish, B. L. (1968) Traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Bone Joint Surg Br*, 50, 31-43.

Crisco, J. 3rd, Panjabi, M. y Dvorak, J. (1991) A model of the alar ligaments of the upper cervical spine in axial rotation. *J Biomech*, 24, 607-614.

Dickman, C. A., Greene, K. A. y Sonntag, V. K. (1996) Injuries involving the transverse atlantal ligament: Classification and treatment guidelines based upon experience with 39 injuries. *Neurosurgery*, 38, 44-50.

Dickman, C. A., Papadopoulos, S. M., Sonntag, V. K., Spetzler, R. F., Rekate, H. L. y Drabier, J. (1993) Traumatic occipitoatlantal dislocations. *J Spinal Disord*, 6, 300-313.

Dunbar, H. S. y Ray, B. S. (1961) Chronic atlanto-axial dislocations with late neurologic manifestation. *Surg Gynecol Obstet*, 113, 757-762.

Dunn, M. E. y Seljieskog, E. L. (1986) Experience in the management of odontoid process injuries. An analysis of 128 cases. *Neurosurgery*, 18, 306-310.

Dussault, R. G., Effendi, B., Roy, D., Cornish, B. y Laurin, C. A. (1983) Locked facets with fracture of the neural arch of the axis. *Spine*, 8, 365-367.

Dvorak, J., Schneider, E., Saldinger, P. y Rahn, B. (1988) Biomechanics of the craniocervical region: The alar and transverse ligaments. *J Orthop Res*, 6, 452-461.

Effendi, B., Roy, D., Cornish, B., Dussault, R. G. y Laurin, C. A. (1981) Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br*, 63(B), 319-327.

Esses, S. I. y Bednar, D. A. (1991) Screw fixation of odontoid fractures and nonunions. *Spine*, 16, S483-S485.

Evarts, C. M. (1970) Traumatic occipito-atlantal dislocations. Report of a case with survival. *J Bone Joint Surg*, 52(A), 1653-1660.

Ferrera, P. C. y Bartfield, J. M. (1996) Traumatic atlanto-occipital dislocation: A potentially survivable injury. *Am J Emerg Med*, 14, 291-296.

Francis, W. R. y Fielding, J. W. (1978) Traumatic spondylolisthesis of the axis. *Orthop Clin North Am*, 9, 1011-1027.

Fujii, E., Kobayashi, K. y Hirabayashi, K. (1988) Treatment in fractures of the odontoid process. *Spine*, 13, 604-609.

Gabrielson, T. O. y Maxwell, J. A. (1966) Traumatic atlanto – occipital dislocations with case report of a patient who survived. *AJR Am J Roentgenol*, 97, 624-639.

Gallie, W. E. (1939) Fractures and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg*, 46, 494-499.

Geisler, F. H., Cheng, C., Poka, A. y Brumback, R. J. (1989) Anterior screw fixation of posteriorly displaced type II odontoid fractures. *Neurosurgery*, 25, 30-37.

Georgopoulos, G., Pizzutillo, P. D. y Lee, M. (1987) Occipito-atlantal instability in children. A report of five cases and review of the literature. *J Bone Joint Surg*, 69(A) 429-436.

Govender, S., Maharaj, J. F. y Haffajee, M. R. (2000) Fractures of the odontoid process. *J Bone Joint Surg Br*, 82, 1143-1147.

Grauer, J. N., Shafi, B., Hilibrand, A. S., Harrop, J. S., Kwon, B. K., Beiner, J. M. et al. (2005) Proposal of a modified treatment oriented classification of odontoid fractures. *Spine J*, 5, 123-129.

Grob, D., Crisco, J. J. 3rd, Panjabi, M. M., Wang, P. y Dvorak, J. (1992) Biomechanical evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine*, 17, 480-490.

Grob, D., Dvorak, J., Panjabi, M. y Antinnes, J.A. (1994) The role of plate and screw fixation in occipitocervical fusion in rheumatoid arthritis. *Spine*, 19, 2545-2551.

Grob, D., Dvorak, J., Panjabi, M., Froehlich, M. y Hayek, J. (1991) Posterior occipitocervical fusion: A preliminary report of a new technique. *Spine*, 16, S17-S24.

Hadley, M. N., Browner, C. M., Liu, S. S. y Sonntag, V. K. (1988) New subtype of acute odontoid fractures (type IIA). *Neurosurgery*, 22, 67-71.

Hadley, M. N., Dickman, C. A., Browner, C. M. y Sonntag, V. K. (1989) Acute axis fractures. A review of 229 cases. *J Neurosurg*, 71, 642-647.

Hadley, M. N., Walters, B. C., Grabb, P. A., Oyesiku, N. M., Przybylski, G. J., Resnick, D. K. et al. (2002a) Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries. *Clin Neurosurg*, 49, 407-498.

Hadley, M. N., Walters, B. C., Grabb, P. A., Oyesiku, N. M., Przybylski, G. J., Resnick, D. K. et al. (2002b) Management of acute central cervical spine cord injuries. *Neurosurgery*, 50, S166-S172.

Hajek, P. D., Lipka, J., Hartline, P., Saha, S. y Albright, J. A. (1993) Biomechanical study of C1-C2 posterior arthrodesis techniques. *Spine*, 18, 173-177.

Han, S. Y., Witten, D. M. y Mussleman, J. P. (1976) Jefferson fracture of the atlas. Report of six cases. *J Neurosurg*, 44, 368-371.

Hanssen, A. D. y Cabanela, M. E. (1987) Fractures of the dens in adult patients. *J Trauma*, 27, 928-934.

Hanson, J. A., Deliganis, A. V., Baxter, A. B., Cohen, W. A., Linnau, K. F., Wlison, A. J. et al. (2002) Radiologic and clinical spectrum of occipital condyle fractures. *American Roentgen Ray Society*, 178, 1261-1268.

Hanson, P. B., Montesano, P. X., Sharkey, N. A. y Rauschnig, W. (1991) Anatomic and biomechanical assessment of transarticular screw fixation for atlantoaxial instability. *Spine*, 16, 1141-1145.

Harms, J. y Melcher, R. P. (2001) Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine*, 26, 2467-2471.

Jeanneret, B. y Magerl, F. (1992) Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: Indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disord*, 5, 464-475.

Jenkins, J. D., Coric, D. y Branch, C. L. Jr. (1998) A clinical comparison of one – and two-screw odontoid fixation. *J Neurosurg*, 89, 366-370.

Levine, A. M. y Edwards, C. C. (1985) The management of traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Bone Joint Surg*, 67(A), 217-226.

Levine, A. M. y Edwards, C. C. (1986) Treatment of injuries in the C1-C2 complex. *Orthop Clin North Am*, 17, 31-44.

Magerl, F. S. C. S. (1986) Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. En P. W. Kehr y A. Weidner (Eds), *Cervical spine* (pp. 322-327). Berlin: Springer-Verlag.

Marar, B. C. (1975) Fracture of the axis arch. *Clin Orthop*, 106, 155-165.

Maiman, D. J. y Larson, S. J. (1982) Management of odontoid fracture. *Neurosurgery*, 11, 471-647.

McGraw, R. W. y Rusch, R. M. (1973) Atlanto-axial arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 55(B), 482-489.

McGuire, R. A. Jr y Harkey, H. L. (1995) Primary treatment of unstable Jefferson's fractures. *J Spinal Disord*, 8, 233-236.

Montane, I., Eismont, F. J. y Green, B. A. (1991) Traumatic occipitoatlantal dislocation. *Spine*, 16, 112-116.

Norrell, H. y Wilson, C. B. (1970) Early anterior fusion for injuries of the cervical portion of the spine. *JAMA*, 214, 525-530.

Page, C. P., Story, J. L., Wissinger, J. P. y Branch, C. L. (1973) Traumatic atlanto-occipital dislocation. Case report. *J Neurosurg*, 39, 394-397.

Panjabi, M., Crisco, J. 3rd, Lydon, C. y Dvorak, J. (1998) The mechanical properties of human alar and transverse ligaments at slow and fast extension rates. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 13, 112-120.

Panjabi, M., Dvorak, J., Crisco, J. 3rd, Oda, T., Hilibrand, A. y Grob, D. (1991a) Flexion, extension, and lateral bending of the upper cervical spine in response to alar ligament transections. *J Spinal Disord*, 4, 157-167.

Panjabi, M., Dvorak, J., Crisco, J. 3rd, Oda, T., Wang, P. y Grob, D. (1991b) Effects of alar ligament transection on upper cervical spine rotation. *J Orthop Re*, 9, 584-593.

Panjabi, M., Oxland, T. R. y Parks, E. H. (1991) Quantitative anatomy of cervical spine ligaments. Part I. Upper cervical spine. *J Spinal Disord*, 4, 270-276.

Pepin, J. W., Bourne, R. B. y Hawkins, R. J. (1985) Odontoid fractures, with special reference to the elderly patient. *Clin Orthop Relat Res*, 193, 178-183.

Roberts, D. A., Doherty, B. A. y Heggeness, M. H. (1998) Quantitative anatomy of the occiput and the biomechanics of the occipital screw fixation. *Spine*, 23, 1100-1107.

Roy-Camille, R., Saillant, G., Judet, T., de Botton, G. y Michel, G. (1980) [Factors of severity in the fractures of the odontoid process (author's transl)]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 66, 183-186.

Ruf, M., Melcher, R. y Harms J. (2004) Transoral reduction and osteosynthesis C1 as a function-preserving option in the treatment of unstable Jefferson fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*, 29(7), 823-827.

Sasso, R., Doherty, B. J. y Crawford, M. J. (1993) Heggeness MH. Biomechanics of odontoid fracture fixation. Comparison of the one and two-screw technique. *Spine*, 18, 1950-1953.

Sasso, R. C., Jeanneret, B., Fischer, K. y Magerl, F. (1994) Occipitocervical fusion with posterior plate and screw instrumentation: A longterm follow-up study. *Spine*, 19, 2364-2368.

Seljeskog, E. L. (1978) Non-operative management of acute upper cervical injuries. *Acta Neurochir (Wien)*, 41, 87-100.

Schweigel, J. F. (1987) Management of the fractured odontoid with halo-thoracic bracing. *Spine*, 12, 838-839.

Smith, M. D., Anderson, P. y Grady, M. S. (1993) Occipitocervical arthrodesis using contoured plate fixation. *Spine*, 18, 1984-1990.

Solanki, G. A. y Crockard, H. A. (1999) Peroperative determination of safe superior transarticular screw trajectory through the lateral mass. *Spine*, 24, 1477-1482.

Starr, J. K. y Eismont, F. J. (1993) Atypical hangman's fractures. *Spine*, 18, 1954-1957.

Tuite, G. F., Papadopoulos, S. M y Sonntag, V. K. H. (1992) Caspar plate fixation for the treatment of complex hangman's fractures. *Neurosurgery*, 30, 761-765.

Wood-Jones, F. (1913) The ideal lesion produced by judicial hanging. *Lancet*, 1, 53.

Woodring, J. H., Selke, A. C. y Duff, D. E. (1981) Traumatic atlanto-occipital dislocation with survival. *AJR Am J Roentgenol*, 137, 21-44.

Wright, N. M. (2004) Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: Case series and technical note. *J Spinal Disord Tech*, 17, 158-162.

Wright, N. M. y Laurysen, C. (1998) Vertebral artery injury in C1-C2 transarticular screw fixation: Results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves. American Association of Neurological Surgeons/Congress of Neurological Surgeons. *J Neurosurg*, 88, 634-640.

Zimmerman, E., Grant, J., Vise, W. M., Yashon, D. y Hunt, W. E. (1976) Treatment of Jefferson fracture with a halo apparatus. *J Neurosurg*, 44, 372-375