

Atornillado transarticular C1/2 (técnica de Magerl)

D. Grob

Schulthess Clinic. Spine Center. Zürich. Switzerland.

El objetivo de la artrodesis entre el atlas y el axis es eliminar el movimiento relativo entre ambos. El atornillado descrito por Magerl muestra una estabilidad superior a las técnicas de artrodesis posterior convencionales. El aumento de la estabilidad proporcionado por los tornillos C1/C2 nos permite efectuar fusiones cortas, por ejemplo entre el occipital y C2, mientras que con otras técnicas es necesario prolongar la fijación hasta C4/5 para conseguir un brazo de palanca suficiente.

Hemos estabilizado mediante un atornillado transarticular una serie de 54 pacientes con artritis reumatoide, que presentaban una inestabilidad entre el atlas y el axis. Fueron estudiados de forma retrospectiva, con un seguimiento medio de 6 (2-13) años. El dolor en el momento de la revisión, valorado mediante la escala visual analógica (0-10) fue de 2, en comparación con un valor de 6 en el preoperatorio. El 79% de los pacientes respondió que volvería a repetir el procedimiento quirúrgico si se encontrase en la misma situación, el 16% no se mostró seguro en la respuesta a esta pregunta y el 5% respondió negativamente. El 78% de los pacientes se declaró muy satisfecho con el resultado obtenido; el 18% indicó que el resultado era satisfactorio y el 3% no se mostró contento con el resultado obtenido.

La artrodesis entre el atlas y el axis está indicada cuando existe una inestabilidad. Clínicamente, la inestabilidad puede manifestarse como un dolor persistente o como una mielopatía, consecuencia de un microtraumatismo repetitivo sobre la médula. Las técnicas de fusión convencionales, mediante alambres, son sencillas de efectuar pero comportan una considerable tasa de pseudoartrosis, en particular en condiciones desfavorables, como ocurre en la artritis reumatoide. El atornillado transarticular entre el atlas y el axis proporciona una estabilidad superior y disminuye la tasa de pseudoartrosis. La colocación de los tornillos requiere de un minucioso estudio anatómico, en particular de los istmos de C2, mediante cortes de tomografía axial computarizada o

resonancia magnética nuclear. La técnica quirúrgica es delicada, pero presenta una baja tasa de complicaciones.

Palabras clave: *fusión columna cervical, fusión C1/2, artritis reumática columna cervical.*

Atlantoaxial Screw Fixation (Magerl's technique)

The goal pursued by atlantoaxial arthrodesis is the elimination of any motion of the atlas and axis bones with respect to each other. The screw fixation procedure described by Magerl leads to higher stability rates than conventional posterior arthrodesis techniques. The greater stability afforded by C1/C2 screws makes it possible to perform short fusions, e.g. between the occipital bone and C2, whereas with other techniques fixation must be extended up to C4/5 in order to obtain a satisfactory lever arm.

In this study, we used transarticular screw fixation in order to stabilize a series of 54 patients suffering from rheumatoid arthritis, who presented with atlantoaxial instability. They were studied retrospectively with a mean follow-up of 6 years (range: 2-13 years). The pain score on examination, as assessed by means of the Visual Analog Scale (0-10), was 2, as compared with a preoperative score of 6. Seventy-nine percent of patients stated that they would subject themselves to the same surgical procedure if they found themselves in the same situation; 16% were not sure as to whether they would or would not and 5% said that they would not. Seventy-eight percent of patients declared themselves highly satisfied with the result obtained; 18% found the result satisfactory and 3% declared themselves dissatisfied with the result obtained.

Atlantoaxial arthrodesis is indicated in the event of instability. Clinically, instability can manifest itself as persistent pain or as myelopathy, resulting from repetitive microtrauma to the spinal cord. Conventional fusion techniques, based on the use of wires, are simple to perform but lead to considerable rates of pseudoarthrosis, particularly in patients with rheumatoid arthritis. Transarticular atlantoaxial screw fixation provides higher rates of stability and reduces the rate of pseudoarthrosis. Placement of the screws requires a detailed anatomical study, especially of the C2 pars interarticularis, through CT- or NMRI-scans. The surgical technique is rather challenging, but leads to a low rate of complications.

Correspondencia:

D. Grob.
Schulthess Clinic.
Spine Center.
Lengghalde 2.
CH-8008 Zürich, Switzerland.
Correo electrónico: dieter.grob@kws.ch

Recibido: septiembre de 2007

Aceptado: octubre de 2007

Key words: *cervical spine fusion, C1/C2 fusion, rheumatoid arthritis, cervical spine.*

ASPECTOS BIOMECÁNICOS DE LA FIJACIÓN ATLAS-AXIS CON TORNILLOS

El objetivo de la artrodesis entre el atlas y el axis es el de eliminar el movimiento relativo entre ambos. En este segmento el movimiento fisiológico principal es la rotación axial; la existencia de alteraciones como fracturas, lesiones ligamentosas o una pseudoartrosis de la apófisis odontoides pueden ocasionar una inestabilidad en el plano transversal. Dado que la conformación de las vértebras no es la ideal para proporcionar una estabilidad intrínseca, exceptuando el caso de una dislocación posterior del atlas con una apófisis odontoides intacta, cualquier implante deberá proporcionar una estabilidad multidireccional. Tal y como se ha demostrado en varios estudios en el laboratorio, el atornillado descrito por Magerl muestra una estabilidad igual o incluso superior a las técnicas de artrodesis posterior convencionales¹⁻³. La estabilidad inmediata proporcionada por los tornillos C1/C2 elimina el riesgo de aflojamiento, que puede observarse con la fijación posterior con alambres o cables¹, y procura la incorporación del injerto (fig. 1).

En aquellos casos en que se realiza una fijación occipitocervical, los tornillos transarticulares atlas-axis representan una importante contribución en la estabilidad de la instrumentación al eliminar la rotación atlantoaxial. Además, los tornillos proporcionan una integración real del atlas en la construcción, al fijar firmemente ambas masas laterales. El éxito de las técnicas posteriores convencionales, con una fijación por alambres del arco posterior del atlas, se sustentan en la calidad e integridad de este arco. El incremento de la estabilidad proporcionado por los tornillos C1/C2 nos per-

mite efectuar fusiones cortas, por ejemplo entre el occipital y C2, mientras que con otras técnicas es necesario prolongar la fijación hasta C4/5 para conseguir un brazo de palanca suficiente.

INDICACIONES

Patología degenerativa

Una indicación habitual para la fijación segmentaria con tornillos transarticulares es el dolor provocado por una artrosis entre las articulaciones del atlas y el axis^{4,5}. En aquellos casos en que sea necesario incluir en la fijación la articulación atlantooccipital, la fijación por tornillos puede integrarse con la instrumentación occipital⁶.

Artritis reumática

La inestabilidad producida por la destrucción del complejo osteoligamentoso C1/C2 provoca una inestabilidad multidireccional, que puede estabilizarse mediante el atornillado transarticular. La colocación apropiada del paciente en un halo y la manipulación intraoperatoria permite la fijación en una posición de reducción anatómica (fig. 2). La artrodesis atlantoaxial en un estadio temprano de la enfermedad previene el daño neurológico y la progresión de la migración craneal de la apófisis odontoides en el foramen magnum^{6,7}. Para la inserción segura de los tornillos es obligatoria la evaluación preoperatoria de las posibles alteraciones anatómicas.

Patología traumática

Las fracturas del anillo del atlas pueden ser estabilizadas mediante tornillos transarticulares C1/2. Si existe una luxación lateral deberá realizarse una tracción por halo o una manipulación intraoperatoria antes de la colocación de



Figura 1. (A) Reconstrucción mediante tomografía axial computarizada tridimensional en paciente de 76 años con dolor suboccipital debido a una artrosis avanzada de la articulación atlantoaxial izquierda. (B) y (C) Radiografías anteroposterior y lateral, en las que puede observarse la colocación ideal de los tornillos y la buena incorporación del injerto posterior entre C1/2.

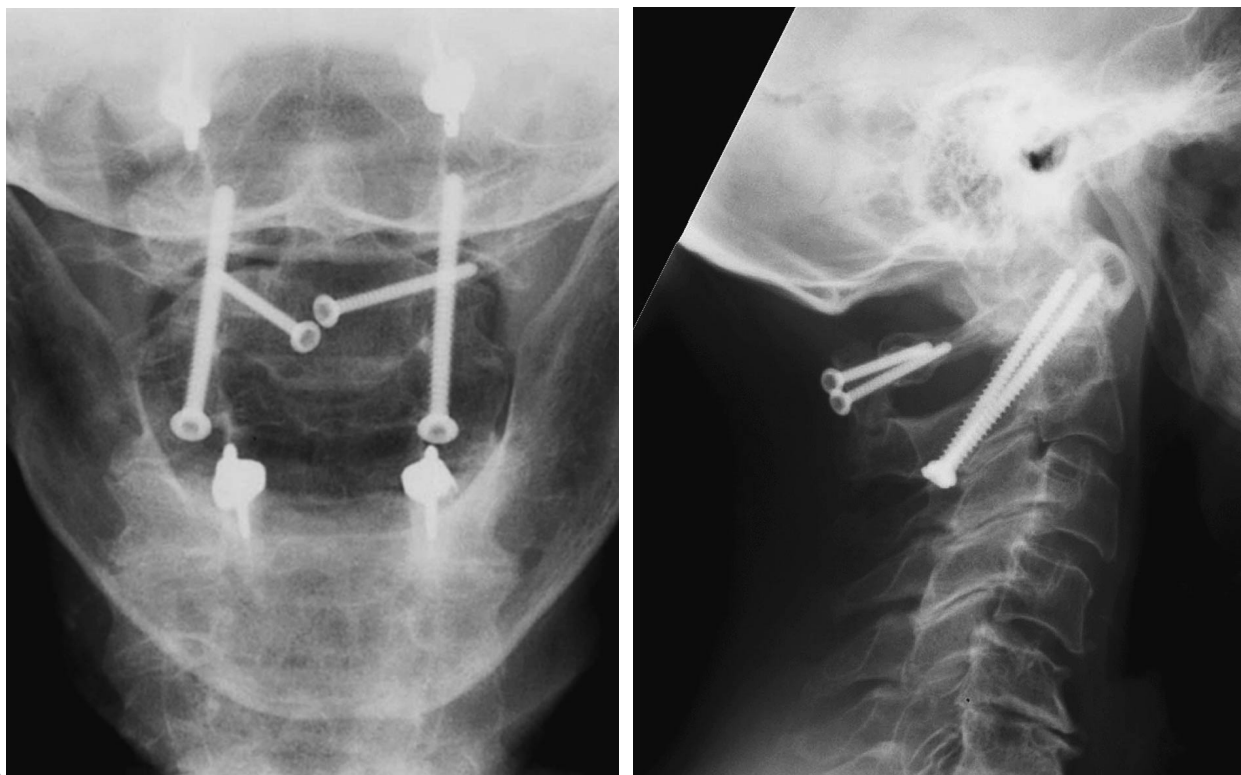


Figura 2. (A) y (B) Radiografías postoperatorias anteroposterior y lateral en un paciente que presentaba una inestabilidad C1/2 debida a una artritis reumática. Debido a la presencia de una espina bifida del atlas, en la misma intervención se utilizó el injerto colocado en la línea media para la reconstrucción y fusión del arco del atlas.

los tornillos. La presencia de una fractura inestable del anillo posterior del atlas requerirá su reconstrucción⁸ o la colocación de un injerto autólogo intraarticular⁹. Pueden ser estabilizadas mediante una fijación atlantoaxial aquellas fracturas de la apófisis odontoides que tengan una contraindicación para ser fijadas por un tornillo por vía anterior. De igual forma, las pseudoartrosis de la apófisis odontoides con inestabilidad entre C1/2¹⁰.

Alteraciones congénitas

Las alteraciones de la unión occipitocervical o el *os odontoideum* también pueden estabilizarse mediante una fusión posterior con la técnica del atornillado transarticular entre el atlas y el axis. Es obligatoria la exclusión de anomalías vasculares en el preoperatorio.

Infecciones/tumores

Las inestabilidades debidas a un déficit óseo por tumores o infecciones requieren de una reconstrucción adecuada, y ésta puede combinarse con el atornillado transarticular. Las resecciones óseas en las metástasis pueden crear una inestabilidad de la unión occipitocervical. El atornillado transarticular proporciona un suplemento a la estabilidad de la fijación occipitocervical.

Indicaciones pediátricas

Las subluxaciones rotatorias recurrentes entre el atlas y el axis en los niños pueden precisar una reducción y estabilización¹¹. La utilización de unos tornillos del tamaño apropiado, después del estudio anatómico de los istmos de C2, permitirá la aplicación de la técnica en los pacientes pediátricos¹².

TÉCNICA QUIRÚRGICA

Para la introducción segura deben verificarse en el preoperatorio la anatomía y dimensiones de los pedículos de C2 en una tomografía axial computarizada (TAC) o resonancia magnética nuclear (RMN) con reconstrucciones biplanares en cortes sagitales.

En cuanto a la anestesia y monitorización en los pacientes con una inestabilidad atlantoaxial, la anestesia se efectuará en condiciones ideales mediante una intubación guiada con fibroscopio. Esta técnica evita la extensión de la cabeza y el riesgo de alteraciones neurológicas por una luxación durante el procedimiento anestésico. La utilización de monitorización neurológica perioperatoria detectará la posible lesión intraoperatoria de la médula espinal. Durante la cirugía el anestesista y la monitorización de potenciales se situarán a los pies del paciente.

Colocación del paciente

La colocación del paciente es crucial para la correcta introducción de los tornillos. Los brazos se colocarán a lo largo del tórax. La cresta iliaca posterior se preparará de forma estéril para la extracción del injerto. La colocación de la columna cervical subaxial en posición recta y la flexión al nivel de la unión entre occipital y atlas, permitirá poder descender suficientemente la mano que conduce el taladro sobre la región cervicotorácica, para obtener la dirección ideal de la perforación. Esta posición se podrá conseguir mejor mediante una tracción craneal que permita la rotación alrededor de un eje transversal en la región suboccipital.

Acceso quirúrgico

Mediante una incisión posterior en la línea media desde el occipucio hasta la región cervical media (aproximadamente 10-12 cm), se dividirá longitudinalmente el ligamento nuchal, con precaución de permanecer en la línea media para disminuir la hemorragia.

La prominencia de la apófisis espinosa de C2 servirá como orientación al realizar la incisión. Se preservarán las inserciones musculares mediante su movilización hacia ambos lados, con un fragmento óseo de las apófisis espinosas bifidas, que habrá sido separado mediante la sierra oscilante¹³. Estas inserciones podrán reinsertarse en la apófisis espinosa al finalizar la intervención.

Las láminas de C2 se diseccionarán de forma subperióstica. Las referencias a tener en cuenta y bajo control son la articulación C2/3 y el borde medial del istmo de C2. Esta región, en donde el canal vertebral tiene su máxima amplitud, puede ser identificada siguiendo el contorno interno y curvado de la lámina y del pedículo de forma subperióstica, desinsertando la membrana atlantoaxial hasta el punto más lateral que sea posible. Si se ha planificado la colocación de un injerto intraarticular la disección subperióstica debe proseguirse hacia la zona anterior de la superficie del istmo, hasta alcanzar la inserción de la cápsula. Se abrirá la cápsula y podrá observarse la articulación.

Colocación de los tornillos

Recientemente, y con la finalidad de facilitar la inserción de los tornillos, se ha desarrollado la navegación guiada por TAC^{14,15}, así como otros instrumentos¹⁶. En el futuro, cuando se haya verificado su utilidad y exactitud, estas técnicas podrán ayudar al cirujano en la colocación de los tornillos con precisión y seguridad, pero actualmente la técnica estándar se apoya de forma principal en el conocimiento de la anatomía por el cirujano y en la ayuda de las imágenes radiológicas intraoperatorias, obtenidas mediante el intensificador de imágenes.

La colocación correcta de los tornillos debe efectuarse mediante control continuo en los dos planos: en el plano

frontal la posición del tornillo en este plano, por ejemplo más medial o más lateral, debe controlarse directamente en el campo quirúrgico. La referencia más importante es el borde medial del istmo de C2. La trayectoria de la broca debe pasar entre 2 y 4 mm lateral a este borde curvilíneo, que representa el límite lateral del canal espinal. El taladro debe orientarse en un estricto plano sagital, con la finalidad de que la broca siempre esté en el interior del hueso, entre la arteria vertebral por fuera y el canal espinal en la zona medial, y no debe sobrepasar la masa lateral del atlas por delante. El punto de entrada de la broca está situado 2-3 mm craneal al margen inferior de la lámina de C2, respetando el hueso cortical de la lámina (fig. 3). En el plano lateral la posición del tornillo en el plano sagital deberá ser controlada con el intensificador de imágenes. La imagen que veamos en el monitor debe mostrarnos un perfil estricto del atlas y del axis. Si existiera una rotación entre C1 y C2 no sería posible observar ambos huesos en perfil de forma simultánea, y sería imposible efectuar el atornillado. La trayectoria de la broca en el monitor debe ir desde el punto de entrada en la lámina de C2, atravesar la articulación atlas-axis es su tercio posterior y finalizar en la mitad superior de la porción lateral del anillo anterior del atlas, representado en la imagen en forma ovalada (fig. 1). Para conseguir una posición ideal de la broca puede ser necesaria su introducción percutánea y la colocación de los tornillos mediante una broca y un destornillador extralargos.

Estas referencias definen la posición del tornillo. Además, es recomendable la técnica de inserción de la broca mediante un avance lento de uno o dos milímetros hacia delante y retroceder, para comprobar después con la punta de la broca que estamos en el interior del hueso, es decir, que notamos resistencia ósea (*tap drilling technique*). Cuando no se perciba resistencia ósea en el extremo de la broca es obligado parar la perforación para evitar una posible lesión de la arteria vertebral. Cuando estemos ante un hueso osteoporótico, como ocurre en los pacientes con artritis reumática, puede ser difícil la aplicación de esta técnica.

Injerto óseo

No debe omitirse la colocación de un injerto óseo. Desde el punto de vista mecánico ésta es una parte esencial de la técnica para procurar una construcción estable basada en tres puntos de apoyo.

La técnica de colocación del injerto corresponde a la técnica clásica descrita por Gallie¹⁷. Después de la obtención de un injerto mono- o bicortical de la cresta iliaca posterior se preparará cuidadosamente el lecho del injerto. Se prestará una atención especial al efectuar la decorticación del arco posterior del atlas, ya que con frecuencia sólo existe una mínima cantidad de hueso esponjoso que pueda proporcionar un lecho viable para el injerto (cuando se produce una pseudoartrosis suele ser casi siempre a este nivel, en la porción más craneal del injerto, donde se observa una falta

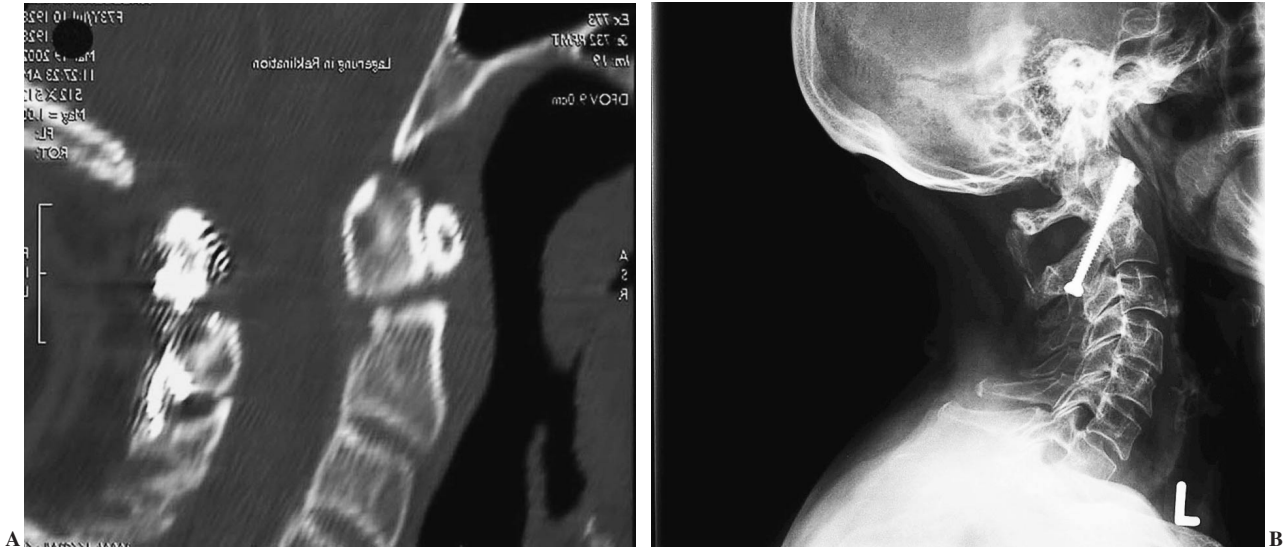


Figura 3. (A) Paciente de 26 años que presentaba una pseudoartrosis del diente del axis después de una fractura tipo II tratada con halo-caleco durante 12 meses. (B) Imagen radiológica a los 12 meses después de la fusión C1/2.

de osificación). Se cuentará el hueso cortical de la apófisis espinosa de C2 y se colocará el injerto entre el arco del atlas y esta apófisis, fijándose con alambre o sutura no reabsorbible.

Cuidados postoperatorios

Si se ha efectuado una técnica de atornillado transarticular correcta y se ha asociado un injerto óseo no será necesaria una inmovilización prolongada en el postoperatorio. Un simple collar blando, cuando el paciente esté de pie, será suficiente. La estabilidad conseguida con esta fijación, y el confortable postoperatorio, ha probado sus ventajas en particular tanto en los pacientes discapacitados, como en los afectados de una artritis reumática.

DIFICULTADES Y POSIBLES ERRORES

Alteración de la anatomía de C2

La TAC preoperatoria nos mostrará los detalles de la anatomía, que son esenciales para poder colocar los tornillos con seguridad. Una reconstrucción en el plano sagital del istmo de C2 permitirá calcular las dimensiones necesarias de los tornillos (habitualmente tornillos corticales de 3,5 mm). En los pacientes reumáticos pueden observarse erosiones óseas. No debe intentarse la colocación de un tornillo transarticular, a no ser que al menos en uno de los lados se haya comprobado que existe una suficiente cantidad de stock óseo. Se ha comprobado que la colocación de un solo tornillo en uno de los lados puede proporcionar una tasa de consolidación satisfactoria¹⁸, pero requiere de una inmovilización rígida durante dos meses.

Asimetría de la arteria vertebral

En la práctica diaria no efectuamos de forma rutinaria la exploración angiográfica de la arteria vertebral. Sólo la llevamos a cabo en aquellos casos en los que los síntomas indican una patología vascular. Si se observa una hipoplasia unilateral de la arteria vertebral la inserción del tornillo debería limitarse a una fijación unilateral en el lado donde existe la hipoplasia.

Colocación del tornillo en el plano lateral

La colocación del paciente es de crucial importancia. Debe procurarse una flexión máxima en la articulación atlantooccipital y una extensión en la columna cervical subaxial. Esta posición sitúa la anatomía en una situación favorable en relación con la caja torácica. Así es posible descender el taladro para una posición ideal del tornillo. En los pacientes obesos, o en aquellos con una marcada cifosis torácica, la técnica puede ser imposible de efectuar y debe ser evitada en favor de otras, como el injerto con alambres o los tornillos pediculares en el atlas y en el axis.

Colocación del tornillo en el plano frontal

Debe tenerse especial precaución en no desviarse de una colocación estrictamente sagital del tornillo. Esto nos puede ocurrir cuando la inserción de la broca se efectúa desde una incisión separada, a distancia, y el taladro no está adecuadamente orientado por interferencia con los tejidos blandos.

Dado que a este nivel el canal espinal ofrece un amplio espacio para la médula espinal, la perforación del hueso cortical al nivel del istmo, en su cara medial, es menos peligrosa que la colocación del tornillo excesivamente lateral, donde la arteria vertebral se encuentra fijada en el foramen

vertebral. Este hecho justifica la colocación del tornillo en la porción más medial del istmo.

PROCEDIMIENTOS DE RESCATE

Colocación del tornillo

Si surge alguna dificultad en la correcta colocación de alguno de los tornillos puede tolerarse la colocación de uno solo. Proporciona unas tasas suficientes de fusión si se utiliza una inmovilización rígida, y siempre que se añada un injerto óseo al nivel de la línea media.

Si durante la intervención se detecta una malposición de uno de los tornillos éste deberá retirarse y dejar una instrumentación unilateral.

Debe recordarse la posibilidad de efectuar una fijación al nivel de las masas laterales del atlas y del pedículo de C2, como alternativa a la técnica descrita. Los nuevos implantes con tornillos del tamaño apropiado y cabeza poliaxial facilitan esta técnica. No obstante, dado que la inserción de tornillos en la masa lateral del atlas y la técnica del atornillado del pedículo de C2, según Judet, no reduce el riesgo de lesión de estructuras anatómicas, requiere una disección amplia y duplica el riesgo (4 tornillos en comparación con 2); la técnica del atornillado transarticular sigue siendo nuestro procedimiento estándar.

Lesión de la arteria vertebral

La presencia de una hemorragia masiva después de brocar el istmo puede indicar una lesión de la arteria vertebral. Como medida de precaución no deberá colocarse el tornillo contralateral, a no ser que ya se haya hecho previamente. Como primera medida de hemostasia se introducirá el tornillo en el orificio. La monitorización de la tensión arterial y la situación neurológica del paciente indicará si se ha producido la esperada compresión o si prosigue el sangrado. En este último supuesto puede intentarse la ligadura de la arteria, pero para poder efectuarla correctamente será necesaria la extirpación de una cantidad significativa de hueso.

La hemorragia por fuera del orificio perforado puede también tener su origen en el plexo venoso que rodea la arteria vertebral. En este supuesto la inserción del tornillo habitualmente proporciona la hemostasia adecuada.

Reinstrumentación después de un fracaso de artrodesis

Si fracasa la integración del injerto los tornillos podrán romperse al nivel de la articulación entre atlas y axis y con posterioridad se aflojarán. La persistencia de la inestabilidad y el dolor serán una indicación para una nueva fijación del segmento C1/2. En este supuesto deberemos efectuar un estudio metódico de la anatomía y de la posición de los

tornillos al nivel del istmo de C2, para detectar posibles alternativas y nuevas opciones a la colocación de los tornillos.

Se podrá utilizar el mismo acceso, a través de la línea media, al igual que en la primera intervención. Se extraerán los tornillos; si estuvieran aflojados y el istmo de C2 tuviera el grosor adecuado podrían cambiarse los de 3,5 mm por otros de cortical de 4,5 mm. Si lo que se produce es una rotura del tornillo, podrá extraerse el fragmento posterior e insertar uno nuevo de 3,5mm, pasando al nivel del atlas por dentro o por fuera, dependiendo de la anatomía.

La observación de una pseudoartrosis y una rotura de los tornillos transarticulares puede ser una correcta indicación para efectuar la técnica de fijación mediante 4 tornillos. Después de retirar los fragmentos posteriores de los tornillos en C2 el mismo orificio puede utilizarse con un tornillo nuevo, más corto y más grueso. Únicamente si la anatomía no nos lo permite será necesario buscar una nueva posición para el tornillo en el pedículo. Los tornillos en las masas laterales del atlas pueden colocarse con seguridad después de visualizar el punto de entrada, disecciondo de forma subperióstica la superficie caudal del atlas. Mediante la disección subperióstica de sus límites laterales pueden identificarse con claridad las masas. La existencia de un plexo venoso a este nivel puede provocar una hemorragia considerable.

Es obligatoria la resección extensa del tejido fibroso cicatricial y la decorticación del lecho del injerto para procurar la osteointegración del nuevo injerto de cresta iliaca.

RESULTADOS

Se han estabilizado mediante un atornillado transarticular una serie de 54 pacientes con artritis reumatoide, que presentaban una inestabilidad entre el atlas y el axis. Fueron estudiados de forma retrospectiva con un seguimiento medio de 6 (2-13) años. La revisión de los datos mostró un tiempo quirúrgico medio de 78 (50-145) minutos y una pérdida media de sangre de 250 cc. El dolor en el momento de la revisión, valorado mediante la escala visual analógica (0-10) fue de 2, en comparación con un valor de 6 en el preoperatorio. El 79% de los pacientes respondió que volvería a repetir el procedimiento quirúrgico si se encontrase en la misma situación, el 16% no se mostró seguro en la respuesta a esta pregunta y el 5% respondió negativamente. El 78% de los pacientes se declaró muy satisfecho con el resultado obtenido, el 18% indicó que el resultado era satisfactorio y el 3% no se mostró contento con el mismo.

El examen de las radiografías de este grupo de pacientes, afectos de una artritis reumatoide, mostró una reducción del intervalo entre atlas y odontoides desde una media de 9,3 mm en el preoperatorio hasta los 3,6 mm en el postoperatorio. En 47 pacientes se observó una fusión sólida en las radiografías; en 6 de los restantes 7 pacientes se apreció una

rotura de los tornillos como signo indirecto de un retardo de fusión, pero sólo dos pacientes presentaban una inestabilidad persistente y una pseudoartrosis (3,9%). No se observó ninguna complicación en toda la serie.

CONCLUSIONES

La artrodesis entre el atlas y el axis está indicada cuando existe una inestabilidad. Clínicamente, la inestabilidad puede manifestarse como un dolor persistente o como una mielopatía, consecuencia de un microtraumatismo repetitivo sobre la médula. Las técnicas de fusión convencionales, mediante alambres, son sencillas de efectuar, pero comportan una considerable tasa de pseudoartrosis, en particular en condiciones desfavorables como ocurre en la artritis reumatoide. El atornillado transarticular entre el atlas y el axis proporciona una estabilidad superior y disminuye la tasa de pseudoartrosis. La colocación de los tornillos requiere de un minucioso estudio anatómico, en particular de los istmos de C2, mediante cortes de TAC o RMN. La técnica quirúrgica es delicada, pero presenta una baja tasa de complicaciones si el cirujano sigue las instrucciones y conoce bien la anatomía de la región. El tornillo debe colocarse cercano al borde medial del istmo de C2 siguiendo una orientación sagital. La inclinación del tornillo se controla con el intensificador de imágenes. La correcta incorporación del injerto de cresta iliaca está en relación con la técnica utilizada, que comporta una correcta decorticación y colocación del injerto.

La técnica de fijación mediante 4 tornillos, dos en las masas laterales del atlas y dos en los istmos de C2, en nuestra experiencia representa la técnica “de segunda elección” en aquellos casos con pseudoartrosis o que precisen una reintervención.

BIBLIOGRAFÍA

1. Crawford NR, Hurlbert RJ, Choi WG, Dickman CA. Differential biomechanical effect of injury and wiring at C1-C2. *Spine*. 1999;24:1894-902.
2. Crisco JJ, Panjabi MM, Oda T, Grob D, Dvorak J. Bone graft translation of four upper cervical spine fixation techniques in a cadaveric model. *J Orthop Res*. 1991;9:835-46.
3. Grob D, Crisco JJ 3rd, Panjabi MM, Wang P, Dvorak J. Biomechanical Evaluation of four different posterior atlantoaxial fixation techniques. *Spine*. 1992;17:480-90.
4. Dvorak J, Wälchli B. Kopfschmerzen beim Zervikalsyndrom. *Ther Umsch*. 1997;54(2):94-7.
5. Grob D. Atlantoaxial immobilization in rheumatoid arthritis: a prophylactic procedure? *Eur Spine J*. 2000;9:404-9.
6. Grob D, Dvorak J, Panjabi M, Froehlich M, Hayek J. Posterior occipito-cervical fusion. *Spine*. 1991;16 Suppl 3:S17-24.
7. Dvorak J, Grob D, Baumgartner H, Gschwend N, Grauer W, Larsson S. Functional evaluation of the spinal cord by magnetic resonance imaging in patients with rheumatoid arthritis and instability of upper cervical spine. *Spine*. 1989;14:1057-64.
8. Floyd T, Grob D. Translaminar screws in the atlas. *Spine*. 2000;25:2913-5.
9. Magerl F, Seemann P. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. En: Kehr P, Weidner A, editors *Cervical Spine*. Strassbourg, Wien, New York: Springer Verlag; 1986. p. 322-7.
10. Jeanneret B, Magerl F. Primary posterior fusion C1/C2 in odontoid fractures: indications, technique and results of transarticular screw fixation. *J Spine Disord*. 1992;5:464-75.
11. Subach BR, McLaughlin MR, Albright AL, Pollack IF. Current management of pedicular atlantoaxial rotatory subluxation. *Spine*. 1998;23:2174-9.
12. Grob D. Atlantoaxial instability in odontoid hypoplasia. A long term follow up after atlantoaxial screw fixation. En: 17 Meeting Cervical Spine Research Society, ES. Turin, Italy; 2001.
13. Yonenobu K, Ono K. Laminoplasty, in cervical spondylosis and similar disorders. En: Ono K, Dvorak J, Dunn E, editors. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong: World scientific; 1998. p. 501-22.
14. Dickman C, Sonntag V. Posterior C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial arthrodesis. *Neurosurgery*. 1998;43:275-80.
15. Wigfield C, Bolger C. A technique for frameless stereotaxy and placement of transarticular screws for atlantoaxial instability in rheumatoid arthritis. *Eur Spine J*. 2001;10:264-8.
16. Goffin J, Van Brussel K, Martens K, Vander Sloten J, Van Audekercke R, Smet MH. Three-dimensional computed tomography-based, personalized drill guide for posterior cervical stabilization at C1-C2. *Spine*. 2001;15:1343-7.
17. Gallie WE. Fractures and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg*. 1939;46:495-9.
18. Grob D, Jeanneret B, Aebi M, Markwalder T. Complications of atlanto-axial fusion with transarticular screw-fixation. *J Bone Joint Surg Br*. 1993;75B Suppl II:178.

Declaración de conflicto de intereses

El autor ha declarado no tener ningún conflicto de intereses.