

NEUROCIRUGIA CONTEMPORANEA

VOLUMEN 4 · NÚMERO 8
AGOSTO 2010

PUBLICACIÓN MENSUAL PARA FORMACIÓN CONTINUADA
EN NEUROCIRUGÍA

Fijación vertebral posterior guiada por Fluoro-TC y asistida con navegador. A propósito de 101 casos.

R. Florensa*, J. Muñoz *, I. Cardiel, A. Bescós, M. Tárdaguila, G. Plans *, C. J. Domínguez y S. Colet.

Servicio de Neurocirugía Hospital Germans Trias i Pujol (C/ Canyet s/n Badalona) y Centro Médico Teknon* (Marquesa de la Villalonga 12, 08017 Barcelona)

Correspondencia: Dr. Ramón Florensa. Servicio de Neurocirugía. Hospital Germans Trias i Pujol. Badalona.

rflorensa.germanstrias@gencat.cat

Resumen

Los autores aportan una serie de 101 casos de fijación vertebral posterior intervenidas desde septiembre del 2008 a septiembre del 2010 mediante la utilización de Fluoro 2D –TC asistida con navegador Vector Visión o Kolibri. (Brain LAB, Feldkirchen, Germany).

Material: La muestra fue de 57 varones y 44 hembras con edades comprendidas entre 24 y 75 años con una media de 50,57 años todos ellos con indicación para una fijación por distintas patologías.

Método: A todos se les realizó una TC previa a la cirugía según protocolo de navegación, las imágenes obtenidas se fusionaron en el navegador con las adquiridas en el quirófano con un Fluoro 2D, lo cual permitió realizar una reconstrucción 3D de alta calidad y así poder navegar de forma real-virtual. Para valorar los resultados se realizó una TC postoperatoria y se clasificó la posición del implante según la escala de Heary. Se valoró también el tiempo de calibración del material, número de disparos con el Fluoro-2D. Los resultados clínicos se valoraron con las escalas de VAS, Oswestry y JOA (L) así como el grado de satisfacción y aceptación con el procedimiento.

Resultados: Se implantaron un total de 490 tornillos distribuidos en 54 cervicales (24 en C1-C2), 38 dorsales, 312 lumbares y 86 sacros. Se realizó cirugía abierta en 36 casos, MIS 26 y percutánea en 39. La precisión del implante fue del 98,4% con una desviación global del 1,63% que según escala de Heary se distribuyeron en Grado II; 1 lumbar, grado III; 4 (1cervical, 2 dorsales, 1lumbar), grado IV; 3 (1 cervical, 2 lumbares). Tiempo medio global de calibrado por procedimiento fue de 3'25" y la media de exposición fluoroscópica fue de 1 disparo a nivel cervical y dorsal y 2 lumbar. La valoración clínica al mes de 98 pacientes fue de 8.2/2.7 en el VAS, 67,5% / 22,2% en Oswestry y 6,2/13,4 en JOA (L), dichos parámetros se mantuvieron estables a los 6 meses en 74 pacientes, el grado de satisfacción entre completamente y muy satisfechos fue en el 94.9% y aceptarían de nuevo el tratamiento un 94,0%.

Conclusión: La navegación con fluoro-2D TC es una técnica de muy alta precisión que disminuye complicaciones, el número de reintervenciones, la exposición de irradiación y el tiempo quirúrgico.

Palabras clave: Navegación vertebral, Cirugía guiada, Fijación vertebral percutánea, Tornillos pediculares

Summary

The authors present the results of a series of 101 cases of posterior vertebral fixation carried out from Sept 2008 to Sept 2010 using Fluoro 2D-TC assisted Vector Vision o Kolibri navigator. (Brain LAB, Feldkirchen, Germany).

Material: The sample included 57 males and 47 females. Age range was 24-75 with an average of 50.57, all with indication for fixation by different pathologies.

Method: Patients presenting vertebral lesions of varying etiology and lesion level with vertebral posterior fixation indication were included in the study. All patients underwent a CT before surgery, according to navigation protocol, and the images obtained were merged in the navigator with those obtained in the operating room with a Fluoro 2D, which allowed a high quality 3D reconstruction and thus the capacity to navigate in a real-virtual manner. To evaluate the results of the implant a post-op CT was performed and the position of the implant was defined according to the Heary scale. The calibration time of the material was also evaluated, number of shots with the Fluoro-2D, and for clinical evaluation VAS scales were employed, Oswestry and JOA (L), as well as the degree of satisfaction and acceptance of the procedure.

Results: A total of 490 screws were implanted, distributed in 54 cervical of which 24 were in C1-C2, 38 dorsal, 312 lumbar and 86 sacral. Open surgery was performed in 36 cases, MIS in 26 and percutaneous in 39. The precision of the implant was 98.4% with a global deviation of 1.63%, that according to the Heary scale was distributed in grade II. 1 lumbar grade III; 4 (1cervical, 2 dorsal, 1 lumbar), grade IV; 3 (1 cervical, 2 lumbar). General average time of calibration per procedure was 3 min. 25 seconds and the mean fluoroscopic exposure was one shot at C and D and 2L level. The clinical evaluation at one month of 98 patients was 8.2/2.7 in the VAS, 67.5% in Oswestry and 6.2/13.4 in JOA (L), with those parameters remaining stable at 6 months in 74 patients, and the degree of satisfaction between being completely and very satisfied with the procedure was 94.9%, and those who would submit to another treatment was 94%.

Conclusion: Navigation with Fluoro-2D Ct is a high precision technique that reduces complications as well the number of reinterventions, radiation exposure and surgical time.

Key Words: Vertebral navigation, guided surgery, percutaneous vertebral fixation, pedicle screws

Introducción

La fijación vertebral posterior es la técnica gold standard para el tratamiento de patologías degenerativas, traumáticas y tumorales. Se trata de una técnica avalada por un alto nivel de evidencia científica, pero no exenta de complicaciones, siendo estas mínimas en manos expertas pero que pueden conllevar gravedad importante según el nivel de la intervención.

La desviación de un tornillo 1, 2, 3, 4, 5 es la complicación más reportada con porcentajes del 12 hasta un 40%, de los cuales solo entre un 4 y 12 % dan sintomatología clínica.

Clásicamente la fijación posterior se ha realizado según unas referencias anatómicas vertebrales 6 con el soporte del fluoroscopio 2D intra-operatorio. Con el objetivo de mejorar la precisión del implante, se han

aportado diferentes métodos como cirugía guiada con Frameless 7 a nivel cervical, cirugía guiada con Fluoroscopia y TC 8, 9, RMN 10, monitorización neurofisiológica 11, el endoscopio 12 y la detección con ultrasonido 13 del trayecto de tornillo pedicular. Todos ellos permiten mejorar la precisión en la colocación del implante pero ninguno ofrece una imagen real-virtual directa del trayecto de los tornillos hasta la introducción de la Navegación.

La navegación, fue aplicada en la columna 8, 14 a partir del año 2000, pero debido a una limitación del software y hardware, a la lentitud del procedimiento, por una curva de aprendizaje difícil y por la relación beneficio coste económico, no fue integrada en el arsenal tecnológico para la cirugía de columna. Desde el 2007 y después de mejorar dichos aspectos, la navegación ha experimentado una expansión de su uso. Se han descrito diferentes sistemas de navegación para la fijación de columna según el método y obtención de imágenes radiológicas sea con Fluoro 2D-TC, Fluoro ISO C-3D, CT y RMN, esta última la menos consolidada, siendo las diferencias de precisión entre ellos insignificantes 3, 15, 16.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos, principalmente en cuanto a la precisión del implante en una serie prospectiva de 101 pacientes intervenidos por un mismo equipo entre el Servicio de Neurocirugía del H.G.T.P. de Badalona i Centro Médico Teknon.

Material y Método

Se trata de una muestra de 101 casos con indicación de una fijación vertebral posterior por diferentes patologías y niveles lesionales, utilizando para la navegación el modelo Kolibrí y Vector Visión (Brain LAB, Feldkirchen, Germany).

A todos los pacientes se les realizó un TAC preoperatorio según protocolo de navegación, consistente en cortes axiales de 1,5 mm tanto del nivel lesional como los inmediatos adyacentes con el objetivo de

obtener imágenes limitadas al marco anatómico de los espacios vertebrales a tratar. El paciente es colocado sobre la mesa de intervenciones en posición prono y una vez preparado el campo quirúrgico se marca con Rx el nivel lesional para colocar una pinza en la espinosa como soporte de las marcas referenciales reflectantes que serán captadas por la cámara foto-óptica del navegador. A continuación con el Fluoroscopia 2D, al cual se le adapta un Kit de fluoroscopia con múltiples marcas referenciales reflectantes, se adquiere una imagen en AP (Fig.1) que es transferida directamente al navegador, donde se comprueba la precisión anatómica con un puntero precalibrado y dicha precisión no debe superar los 1,5 mm de desviación. Se repite el mismo procedimiento en una proyección de perfil y a continuación con las imágenes obtenidas se realiza una fusión (Fig. 2) con las de la TC preoperatoria previamente introducidas al navegador obteniendo una imagen ósea tridimensional de alta calidad que nos permite navegar en tiempo real virtual.

A nivel cervical y dorsal, debido a las dificultades técnicas para la obtención de buenas imágenes radiológicas sólo se ha navegado con las imágenes de la TC preoperatoria necesitando tomar diferentes marcas anatómicas intraoperatorias de la vértebra o vértebras a intervenir según protocolo incluido en el software del navegador.

Para valorar los resultados de la precisión del implante se ha comparado las imágenes de planificación de todos los pacientes, almacenadas en el disco duro del navegador, con los resultados de la TC postoperatoria realizada también según protocolo de navegación. Con la escala de Heary¹⁷ se ha clasificado la situación del tornillo y además también se ha valorado el tiempo del registro y calibrado del instrumental, el tiempo total del procedimiento, la exposición radiológica según número de vistas o disparos con el Fluoro 2D y la valoración clínica mediante las escalas de VAS, índice de discapacidad de

Oswestry y JOA (L) así como el grado de satisfacción con el procedimiento.

Resultados

La serie de 101 casos se distribuyó en 56 varones y 44 hembras con una edad media de 50,5 años. Se implantaron 490 tornillos (Tabla.1) distribuidos en 398 lumbo-sacros, 38 dorsales y 54 cervicales, de estos últimos 24 en el segmento C1-C2. Todos los tornillos fueron pediculares a excepción de los 12 articulares de C1. La técnica quirúrgica empleada fue abordaje percutáneo en 39 pacientes, MIS en 26 y 36 a cielo abierto empleando diferentes una fijación rígida en 39 casos y semi-rígida o dinámica en 62 según patología del paciente.

La estancia media de los pacientes fue de 5,8 días, el tiempo medio quirúrgico de 3 h 36 m. y la exposición radiológica fue de 1 a 2 disparos para localizar el nivel en región cervical y dorsal y 2 disparos en región lumbar.

En la valoración por TC postquirúrgica, según escala de grados de Heary (Tabla 2), 482 tornillos fueron intrapediculares sin violación de pared, 5 con desviación lateral externa y 3 con desviación medial considerándose finalmente un 98,4 % de fiabilidad de la planificación con navegación. Como complicaciones una reintervención por dolor radicular debido a una mala posición del tornillo a nivel cervical y 3 casos de infección quirúrgica.

La valoración del VAS (tabla 3), Oswestry (tabla 5) y JOA (L) del preoperatorio respecto al mes de la cirugía fue de 8,2/2,7, 67,50%/22,20% y 6,20%/13,40% respectivamente manteniéndose esta mejoría con poca desviación a los 3, 6 y 12 meses en 40 pacientes controlados al año. En cuanto al grado de satisfacción con el tratamiento fue de un 94.9% (tabla 6) entre completamente y muy satisfecho que coincidió con el grado de aceptación en el supuesto de repetir el procedimiento.

Discusión

La fijación vertebral posterior es una técnica muy experimentada con alto índice de precisión y grado de evidencia motivo por el cual, condiciona a cirujanos de columna a prescindir de la navegación. A pesar de que la navegación fue introducida a principios del año 2000, su uso no tomó auge hasta el 2007 coincidiendo con las modificaciones técnicas introducidas en el software y hardware del navegador, que han facilitado y mejorado el global del procedimiento de navegación. El índice de precisión del implante con navegación, en nuestra serie, ha sido del 98,4% similar a la de otros autores siendo, entre otras ventajas, superior a las técnicas convencionales 4, 18,19. La valoración del implante se ha realizado mediante el control de una TC postoperatoria en 96 casos y aplicando la escala de Heary cuyos resultados se compararon con la planificación del trayecto de todos los casos almacenados en la memoria del navegador.

Como se ha mencionado, existen diferentes opciones de navegación y entre ellas la navegación con Fluoro 2D-TC utilizada para este trabajo, la Fluoro ISO-C 3D y la navegación por TC. Todas ellas tienen en común la necesidad de asociarse a un Navegador y que reducen la desviación del implante por debajo del 10% así como el número de reintervenciones⁴. Se diferencian principalmente por la adquisición de las imágenes ya que con el 3D como con la TC, estas son adquiridas directamente en el quirófano y en la misma posición quirúrgica del paciente. Con la Fluoro 2D-TC la adquisición se realiza previamente a la cirugía y en posición supina. Se ha mencionado que la diferente posición entre la adquisición de imagen y la quirúrgica podría influir en la planificación de la navegación²⁰ lo cual no ha sucedido con nuestro sistema ya que el software permite adaptar ambas posiciones sin presentar ninguna dificultad en la planificación y navegación. Entre otras diferencias técnicas, tanto con la Fluoro ISO C-3D como con la TC al adquirir en directo

las imágenes en 3D permiten la posibilidad de corregir los errores del implante en el mismo acto quirúrgico si fuera necesario. A favor de la Fluoro 2D respecto a los otros sistemas²⁰ está la posibilidad de adquirir mayor campo volumétrico con menor irradiación y coste económico además de no precisar de una mesa quirúrgica complementaria absolutamente radiotransparente.

La dificultad de la adquisición de buenas imágenes con el Fluoro 2D tanto a nivel cervical como dorsal dificulta una correcta fusión con las imágenes TC lo que obliga a navegar solo con TC mediante la adquisición de múltiples puntos de referencia bajo cirugía abierta y según protocolo determinado por el sistema de navegación. Esta dificultad en la adquisición de imagen, el diseño del instrumental y la naturaleza de la patología condicionó el tipo de cirugía realizada en nuestra serie, 62 casos a cielo abierto y 39 casos con técnica percutánea poco referida en la bibliografía con navegación.

A nivel cervical la cirugía se realizó a cielo abierto con la detección de múltiples marcas anatómicas según TC. Las dificultades y el riesgo de una fijación cervical pedicular posterior^{19,21}, principalmente en el segmento C1-C2, por posibles lesiones neurológicas o vasculares la convierten en una técnica de riesgo incluso en manos expertas pero con la aplicación del navegador estas complicaciones han disminuido, permitiendo una mayor seguridad del procedimiento y una menor curva de aprendizaje para los cirujanos no expertos. De los 6 casos intervenidos en C1-C2 ninguno presentó complicaciones y los tornillos se alojaron según la planificación a excepción de una desviación lateral interna sin repercusión clínica. En este segmento por sus características anatómicas y al predominar patologías con inestabilidad se aconseja poner el clamp de referencia en C2 lo que hicimos en dos casos de la serie mientras en el resto se individualizó cada vértebra no

encontrando diferencias apreciables de precisión en la navegación. Con otros sistemas de navegación se coloca el Clamp en el arco de fijación de Mayfield para navegar. Hay autores que han aportado cirugía guiada directa para fijación transarticular C1-C2 con el Fluoro ISO C-3D²².

En la columna cervical media y baja clásicamente se introducen tornillos articulares pero la navegación permite implantar tornillos transpediculares lo que confiere una mayor estabilidad biomecánica con menor riesgo de complicaciones²¹

. De los 54 tornillos de la serie solo uno presentó una desviación lateral interna que se manifestó con dolor radicular siendo necesario una reintervención, la única de la serie, para extracción del mismo. Se ha reportado que la precisión del implante a nivel cervical con navegador 23 (Fluoro 2D-TC) versus sin navegador en manos expertas es del 97 % y 91,7% respectivamente además de reducir el tiempo quirúrgico.

A nivel cérvico dorsal las dificultades de una fijación son bien conocidas por la escasa visualización radiológica debido a la interposición de los hombros y la disposición anatómica del segmento dorsal alto. La cirugía guiada con navegador elimina estos obstáculos al poder navegar solo con las imágenes de la TC preoperatoria permitiendo una correcta precisión del implante como sucedió en los dos pacientes de la serie.

A nivel dorsal, las indicaciones quirúrgicas de fijación más frecuente son las fracturas, aplastamientos y lesiones tumorales y para conseguir una fijación biomecánicamente estable y rígida debe extenderse a dos niveles adyacentes de la vértebra o vértebras lesionadas las cuales deben estar incluidas en el estudio TC prequirúrgico. Esta cirugía se realiza de forma abierta y se guía por TC utilizando la Fluoro 2D tan solo para marcar el nivel quirúrgico y en cambio con el sistema 3D y TC intra-operatorio se precisa más de una toma de imágenes por la limitación

volumétrica mencionada y por la tanto más irradiación.

La variabilidad de las dimensiones de los pedículos de las vértebras dorsales^{4, 15} y las alteraciones en la posición de las vértebras en determinadas patologías como por ejemplo en la escoliosis han causa de mal posicionamiento de tornillos^{24, 25, 26, 27,28} (3-42%) con serias complicaciones tanto neurológicas como pleurales y vasculares principalmente en el segmento D4-D9, las cuales podrían evitarse con el uso de la navegación. En nuestra serie de 38 tornillos no hubo ninguna complicación y todos fueron implantados según se planificaron y con un tiempo quirúrgico reducido. Al igual que en el segmento cervical, por su menor incidencia, la navegación aporta una confianza y seguridad a cirujanos poco expertos, difícil de conseguir con el método clásico como se demuestra en estudios comparativos²⁹ entre ambas técnicas, aportando 85% de tornillos bien colocados sin navegación precisando reintervención un 7% frente al 95% con navegación y sin ninguna reintervención.

A nivel lumbar es donde existe mayor experiencia del uso de la CGN por ser mayor la frecuencia de patología principalmente de origen degenerativo. La cirugía se realiza mediante la fusión de imágenes intraoperatorias adquiridas con el Fluoro 2D y las del TC prequirúrgico permitiendo realizar cirugía guiada con técnica abierta (36 casos) mini-open (26 casos) o percutánea (39 casos). El instrumental que utilizamos para la localización y perforación del pedículo está precalibrado y en cuanto al sistema de fijación a emplear no hay limitación ya que podemos calibrarlo con la matriz de calibración y así poder usar diferentes sistemas de fijación siempre con tornillos canulados.

La técnica percutánea la hemos realizado en pacientes con indicación de fijación a un solo nivel bien sea por una inestabilidad ligamentaria grado I y/o discopatía con o sin Módic, utilizado para ello instrumental

dinámico o semi-rígido. Cuando la indicación sobrepasa más de un segmento hemos realizado técnicas mini-open (26 casos) con incisiones paralelas para-vertebrales según Wiltse. En estas técnicas MIN el clamp se coloca en la espinosa seleccionada con una mínima incisión en línea media.

Los resultados obtenidos en relación a la precisión del implante han sido de 98,4% en 490 tornillos según escala de Heary con una desviación de 8 tornillos (1,6%). La desviación de un tornillo a nivel lumbar^{30,31} es variable y en relación a la experiencia del cirujano siendo la desviación del mismo la más referida con cifras 4 desde un 6,5% o de un 11,4% al 42,3% sin navegación versus 4,3% al 6,8% con Fluoro-CT o del 0,0 al 3,6% con Fluoro ISO-C 3D . La mayoría de los tornillos desviados (85%-90%) son clínicamente asintomáticos pero pueden influir en la biomecánica de la fijación o fusión a largo plazo. (Foto...)

Hemos intentado justificar la desviación de los tornillos de nuestra serie y para ello se revisó todo el procedimiento quirúrgico almacenado en el ordenador del Navegador concluyendo que existen diferentes motivos para justificar dichas complicaciones y entre ellas mencionar nuestra curva de aprendizaje en los primeros 17 casos , la rotación severa y luxación de la vértebra a nivel C1 y por no navegar con el porta-tornillos calibrado con el intento de reducir el tiempo quirúrgico al confiar con la guía de la aguja Kirchner introducida en el pedículo. La corrección de algunos de estos factores nos ha ayudado a mejorar el índice de precisión de forma progresiva.

La duración del procedimiento quirúrgico con navegación ha sido, entre otros, uno de los motivos de aversión a la técnica por parte de cirujanos de columna de forma errónea ya que en estudios comparativos³² de cirugía con y sin navegación el tiempo es menor con navegación. En nuestra serie el tiempo que se ha utilizado para el registro y calibrado del instrumental ha sido de 3'25" superada la curva de aprendizaje, lo cual no ha

repercutido en el tiempo global del procedimiento sino más bien que lo reduce ya que facilita la búsqueda de los puntos de inserción y dirección del tornillo.

Entre las ventajas de la cirugía guiada con navegación, además de su precisión, es la escasa irradiación de todo el equipo quirúrgico y paciente. Los autores no han cuantificado la irradiación con dosímetro pero si en número de disparos en proyección de perfil en región cervical y dorsal con una media de 1-2 respectivamente para localizar el nivel. A nivel lumbar, calibrado previamente el Kit. de fluoroscopia, se realizaron una media de 2 disparos por paciente cuando en un procedimiento sin navegación y principalmente percutáneo se necesita un mínimo de 4 o más disparos por tornillo para comprobar el trayecto del mismo. La exposición a la irradiación ha sido reportada en estudio comparativo con y sin navegación ³³, siendo prácticamente inapreciable la irradiación con navegación versus sin navegación (12,4 mili-REM) del equipo quirúrgico así como del paciente.

También hemos podido comprobar, aunque no era el principal objetivo de este trabajo, que la mejoría clínica postoperatoria del paciente tanto del dolor (VAS 2,7), como el índice de discapacidad de Oswestry (22,2%) JOA (L) 13,4 y grado de satisfacción con la técnica (94,9%) se justifica por la menor agresividad tanto de las partes blandas como óseas del procedimiento.

La indicación de la navegación espinal va ampliándose a otros campos, además de la instrumentación, como la realización de vertebroplastia^{34, 35}, guía en la artroplastia lumbar³⁶, resección de osteofitos en cirugía por vía anterior³⁷ y posibilidad de fijación anterior de odontoides³⁸. Los autores la han utilizado en biopsia guiada tumoral cervical y como guía en cirugía MIS para el implante intersomático.

Conclusiones

Superada la curva de aprendizaje de la técnica, la navegación aporta al procedimiento de la fijación vertebral posterior una mayor seguridad, una disminución del riesgo de lesión neurológica, vascular y de irradiación y facilita el aprendizaje para jóvenes cirujanos convirtiendo la técnica en un acto elegante, mínimamente invasivo e incluso de menor duración que un procedimiento convencional.

Bibliografía

- 1 R. Florensa, R. Noboa, J. Muñoz, S. Colet, JM Cladellas, A. Rodríguez y A. Ley. Complicaciones de la artrodesis transpedicular lumbar. Neurocirugía (Astur) 2001. Vol 12;3, 216
- 2 Florensa R, Noboa R, Muñoz J, Colet S, Cladellas JM, Rodríguez MA, Ley A. Results of C1-C2 transarticular screw fixation in a series of 20 patients. Neurocirugía (Astur). 2002 Dec; 13(6):429-35; discussion 436.
- 3 Reichle E, Sellenschloh K, Morlock M, Eggers C. Placement of pedicle screws using different navigation systems. A laboratory trial with 12 spinal preparations. Orthopade. 2002 Apr; 31(4):368-71.
- 4 Jaehon M. Kim, MD, Andrea L. Bowers, MD, and Kingsley R. Chin, MD. Intraoperative Imaging Techniques in Spine Surgery. J. Spinal Disord. Tech. 2007: Vol. 20 (4); 78-86.
- 5 Kosmopoulos V, Schizas C. Pedicle screw placement accuracy: meta-analysis. Spine (Phila Pa 1976). 2007 Feb 1;32(3):E111-20
- 6 Bauer, Kerschbaumer, Poisel. Cirugía Ortopédica, Columna. Edición original Georg Thieme Verlag. Marban Libros. Edición Española. 1998

- 7 Nolte L., Zamorano L, Arm E, et al. Image guided computer-assisted spine surgery: a pilot study on pedicle screw fixation. *Stereotact Funct Neurosurg* 1996; 66:108-17
- 8 Foley KT, Simon DA, Rampersaud YR. Virtual fluoroscopy: computer-assisted fluoroscopy navigation. *Spine* 2001 Feb 15; 26(4):347-51.
- 9 Schlenzka D, Laine T, Lund T. Computer-assisted spine surgery: principles, technique, results and perspectives. *Orthopade*. 2000 Jul; 29(7):658-69.
- 10 Woodard EJ, Leon SP, Moriarty TM, Quinones A, Zamani AA, Jolesz FA. Initial experience with intraoperative magnetic resonance imaging in spine surgery. *Spine* 2001 Feb 15; 26(4):410-7.
- 11 Balzer JR, Rose RD, Welch WC, Sciabassi RJ. Simultaneous somatosensory evoked potential and electromyographic recordings during lumbosacral decompression and instrumentation. *Neurosurgery* 1988 Jun; 42(6):1318-24; discussion 1324-5.
- 12 Assaker R, Cinquin P, Cotten, LejeuneJP. Image-guided endoscopic spine surgery: Part I. A feasibility study. *Spine* 2001 Aug 1; 26 (15):1705-10.
- 13 Koller H, Hitzl W, Acosta F, Tauber M, Zenner J, Resch H, Yukawa Y, Meier O, Schmidt R, Mayer M. In vitro study of accuracy of cervical pedicle screw insertion using an electronic conductivity device (ATPS part III). *Eur Spine J*. 2009 Sep; 18(9):1300-13. Epub 2009 Jul 3
- 14 Langston T. Holly, MD and Kevin T. Foley MD. Intraoperative Spinal Navigation. *Spine* 2003, 28:554-561.
- 15 Lekovic GP, Potts EA, Karahalios DG, Hall G. A comparison of two techniques image-guided thoracic pedicle screw placement: a retrospective study of 37 patients and 277 pedicle screws. *J Neurosurg Spine*. 2007 Oct; 7(4):393-8.
- 16 Holly LT, Foley KT. Intraoperative spinal navigation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003 Aug, 1; 28(15 Suppl):S54-61.
- 17 Heary, R.F., Bono, C.M., Black, M.: Thoracic pedicle screws postoperative computerized tomography scanning assessment. *J. Neurosurg* 2004; 100 (suppl Spine):325-331
- 18 S. Fuster, A. Vega, G. Barrios, I. Urdaneta, O. Ojeda, M. Macchia, A. Combalia, J. Berenguer y T. Pujol: Fiabilidad del navegador en la colocación de tornillos pediculares toracolumbares. *Neurocirugía* 2010; 21:306-311
- 19 Hott JS, Papadopoulos SM, Theodore N, Dickman CA, Sonntag VK. Intraoperative Iso-C C-arm navigation in cervical spinal surgery: review of the first 52 cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004 Dec 15; 29(24):2856-60.
- 20 Le Huec JC. Aunoble, S., Chalali M., Bourghli A.. Navigation and CT scan for navigation in spinal surgery. O-arm possibilities and limits. *Argos spine News & Journal*. 2010 April; Vol 22 Nº1 Focus 42
- 21 Kast E, Mohr K, Richter HP, et al. Complications of transpedicular screw fixation in the cervical spine. *Eur Spine J* 2006; 15: 327-34.
- 22 Rajasekaran S, Vidyadhara S, Shetty AP. Iso-C3D fluoroscopy-based navigation in direct pedicle screw fixation of Hangman fracture: a case report. *J Spinal Disord Tech*. 2007 Dec; 20(8):616-9.
- 23 Liu YJ, Tian W, Liu B, Li Q, Hu L, Li ZY, Yuan Q, Xing YG, Wang YQ, Sun YZ. Accuracy of CT-based navigation of pedicle

screws implantation in the cervical spine compared with X-ray fluoroscopy technique. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2005 Oct 15; 43(20):1328-30.

24 Kim Y, Lenke L, Bridwell K. Free Hand Pedicle Screw Placement in the Thoracic Spine: It is Safe? *Spine* 2004 Feb 1; 29 (3): 333-42.

25 Metz LN, Burch S. Computer-assisted surgical planning and image-guided surgical navigation in refractory adult scoliosis surgery: case report and review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008 Apr 20;33(9):E287-92.

26 Sarlak AY, Tosun B, Atmaca H, Sarisoy HT, Buluç L. Evaluation of thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2009 Dec, 18 (12): 1892-7

27 Papin P, Arler V, Marchesi D, et al. Unusual presentation of spinal cord compression related to misplaced pedicle screws in thoracic scoliosis. *Eur Spine J* 1999; 8:156-9.

28 Heini P, Scholl E, Wyler D et al. Fatal cardiac tamponade associated with posterior spinal instrumentation: a case report. *Spine* 1998;23: 2226-30.

29 Fritsch E, Duchow J, Seil R, Grunwald I, Reith W. Accuracy of fluoroscopic navigation of pedicle screws. CT-based evaluation of bone screw placement. *Orthopade*. 2002 Apr; 31(4):385-91. German.

30 Jutte P.C, Castelein R.M. et al. Complications of pedicle screws in lumbar and lumbosacral fusions in 105 consecutive primary operations. *Eur Spine J* 2002; 11: 594 - 598.

31 Amiot LP, Lang K, Putzier M. Comparative Results Between Conventional and Computer-Assisted Pedicle Screw

Installation in the Thoracic, Lumbar, and Sacral Spine. *Spine* 2000; 25 (5): 606-614

32 Quiñones-Hinojosa A, Robert Kolen E, Jun P, Rosenberg WS, Weinstein PR. Accuracy over space and time of computer-assisted fluoroscopic navigation in the lumbar spine in vivo. *J Spinal Disord Tech*. 2006 Apr; 19(2):109-13.

33 Kim CW, Lee YP, Taylor W, Oygur A, Kim WK. Use of navigation-assisted fluoroscopy to decrease radiation exposure during minimally invasive spine surgery. *Spine J*. 2008 Jul-Aug; 8(4):584-90. Epub 2007 Feb 20.

34 H. Gordon Deen HG, Nottmeier EW. Balloon kyphoplasty for treatment of sacral insufficiency fractures. Report of three cases. *Neurosurg Focus*. 2005 Mar 15; 18(3):E7.

35 Ohnsorge JA, Siebert CH, Schkommodau E, Mahnken AH, Prescher A, Weisskopf M. Minimally-invasive computer-assisted fluoroscopic navigation for kyphoplasty. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2005 Mar-Apr; 143(2):195-203. German.

36 Smith HE, Vaccaro AR, Yuan PS, Papadopoulos S, Sasso R. The use of computerized image guidance in lumbar disk arthroplasty. *J Spinal Disord Tech*. 2006 Feb; 19(1):22-7.

37 Baldauf J, Müller JU, Fleck S, Hinz P, Chiriack A, Schroeder HW. The value of intraoperative three dimensional fluoroscopy in anterior decompressive surgery of the cervical spine. *Zentralbl Neurochir*. 2008 Feb; 69(1):30-4.

38 Battaglia TC, Tannoury T, Crowl AC, Chan DP, Anderson DG. A cadaveric study comparing standard fluoroscopy with fluoroscopy-based computer navigation for screw fixation of the odontoid. *J Surg Orthop Adv*. 2005 Winter;14(4):175-8

Preguntas

La fijación vertebral posterior es la técnica Gold Standard para el tratamiento de patologías degenerativas, traumáticas y tumorales.

¿verdadero o falso?

Está exenta de complicaciones, y cuando surgen son leves.

¿verdadero o falso?

La desviación de un tornillo, es la complicación más reportada con porcentajes de hasta un 98 %, pero solo el 0,5 % dan sintomatología clínica.

¿verdadero o falso?

Clásicamente la fijación posterior se ha realizado según unas referencias anatómicas vertebrales con el soporte del fluoroscopio 2D intra-operatorio.

¿verdadero o falso?

La navegación fue introducida a principios del año 1950, su uso no tomó auge hasta 1970 coincidiendo con las modificaciones técnicas introducidas en el software y hardware del navegador

¿verdadero o falso?

La variabilidad de las dimensiones de los pedículos de las vértebras dorsales y las alteraciones en la posición de las vértebras en determinadas patologías como por ejemplo en la escoliosis son causa de mal posicionamiento de tornillos

¿verdadero o falso?

La fijación vertebral posterior asistida por navegador conlleva inevitablemente una

prolongación del tiempo quirúrgico respecto a los procedimientos convencionales.

¿verdadero o falso?

La instrumentación vertebral navegada, guiada por imágenes de Fluoro 2D-CT fusionadas implica menor exposición a radiación que los procedimientos convencionales.

¿verdadero o falso?

La escala de valoración tomográfica de Heary es un instrumento para validar la correcta colocación de los tornillos pediculares.

¿verdadero o falso?

La aplicación de la navegación espinal asistida por imagen es exclusiva de la instrumentación vertebral posterior.

¿verdadero o falso?

Tabla 1: . Esquema comparativo entre los diferentes sistemas de navegación espinal

Método	Fluoro TC y Navegación	Fluoro isocentric (3D) con navegación	Fluoro 2D virtual con navegación fluoroscópica
Imagen	3D, alta calidad de la anatomía ósea	3D, limitada a un volumen de 120 mm ³ , limitada en obesos	2D, limitada a obesos
Preoperatorio	TC obligatorio. Alta-resolución de la reconstrucción	No requiere imágenes preoperatorias	No requiere imágenes preoperatorias
Intraoperatorio	Registro manual. No corrige errores	Registro automático, corrección errores	Múltiples imágenes, registro automático, Quirúrgico largo
Postoperatorio	Puede ser necesario TC	No necesario CT	Puede se necesario CT

Tabla 2: Valoración implante según Escala topográfica de Heary

Grado	Descripción
I	Tornillo completamente contenido en el pedículo
II	Tornillo viola la pared lateral del pedículo pero la punta está totalmente contenida en el cuerpo vertebral
III	Tornillo perfora la pared lateral del pedículo
IV	Perforación de la pared medial o inferior del pedículo
V	Viola el cuerpo vertebral y pone en peligro la médula espinal, raíz o vasos y requiere reintervención

Tabla 3. Datos Generales.

Datos	Valores
Total de Pacientes	101
Edad (media)	50.57 años
Sexo (M/F)	57M / 44F
Estadía Hospitalaria (media)	5.87 días

Tabla 4. Distribución de tornillos por región.

Región	Nº. Tornillos
Cervical	54
Dorsal	38
Lumbar	312
Sacra	86
Total	490

Tabla 5. Procedimiento Quirúrgico II.

Tipo de abordaje	No.Pacientes	Inst.Rígida	Inst. Semirígida
Abierto	36	29	7
MIS	26	8	18
Percutáneo	39	2	37
Total	101	39	62

Tabla 6. Complicaciones

Evento	Nº
Desviación de tornillos: (sin necesidad de reintervención)	8 (1.63%)
Grado II: 1 (lumbar)	
Grado III: 4 (cervical 1, dorsal 2, lumbar 1)	
Grado IV: 3 (cervical 1, lumbar 2)	
(Escala Tomográfica de Heary)	
Reintervención	1 (0.9%)
Infección Postquirúrgica	3 (2.9%)

Tabla 7. Valoración Clínica.

Escalas	Preoperatorio	Post 1 mes	Post 3 mes	Post 6 mes	Post 12 mes
VAS	8.2 / 2.3	2.7 / 0.7	2.8 / 0.8	2.9 / 0.6	2.7 / 0.1
Oswestry	67.50%	22.20%	20.7%	21.6%	24.2%
JOA (L)	6.22	13.41	13.46	13.21	13.43

Preop.: 101 pacientes

Post 1m: 98 pacientes

Post 3 m: 84 pacientes

Post 6 m: 74 pacientes

Post 12 m: 40 pacientes

Gráfico 1. SR 22. Grado de satisfacción de la técnica

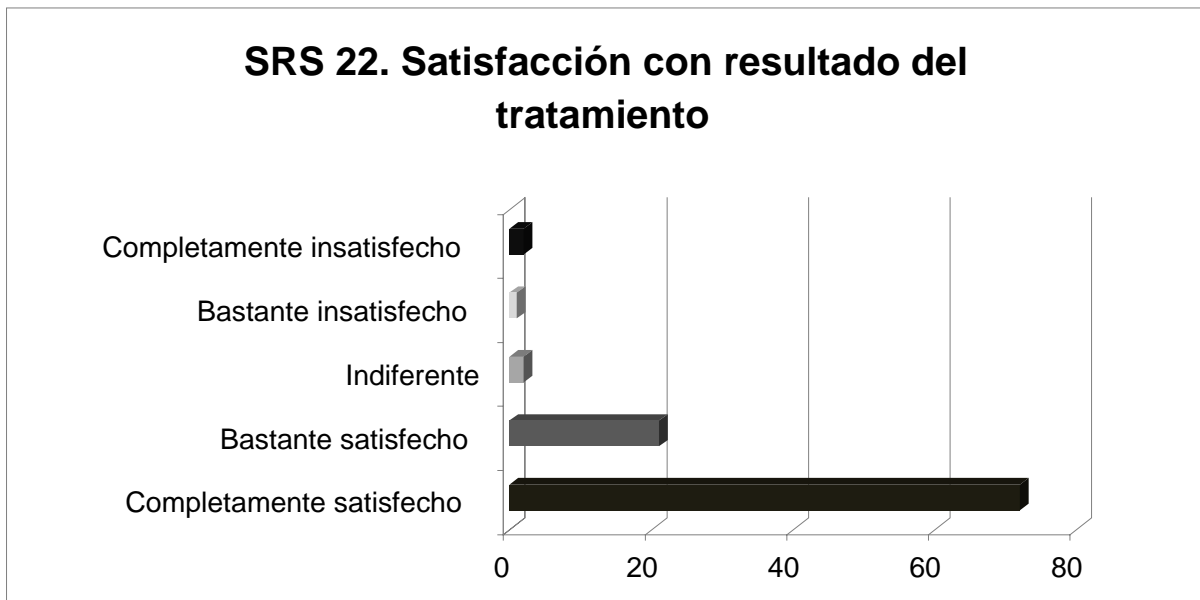


Gráfico 2. SR 22. Grado de aceptación de la técnica

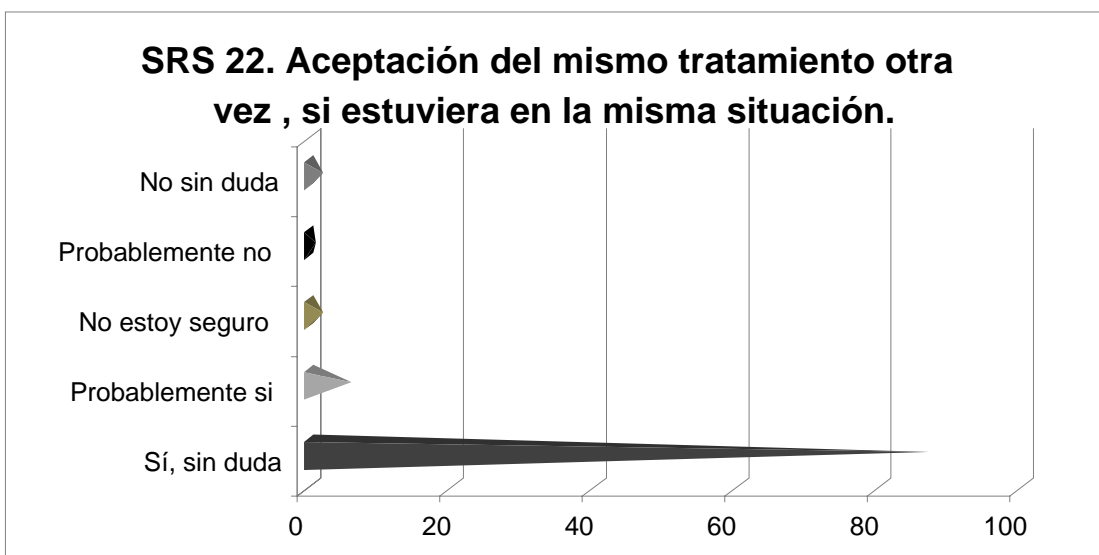


Fig.1. Rx. Ap. Con marcas referenciales y pinza en espinosa a intervenir.



Fig.2 Fusión imágenes TC y 2D intraoperatorias

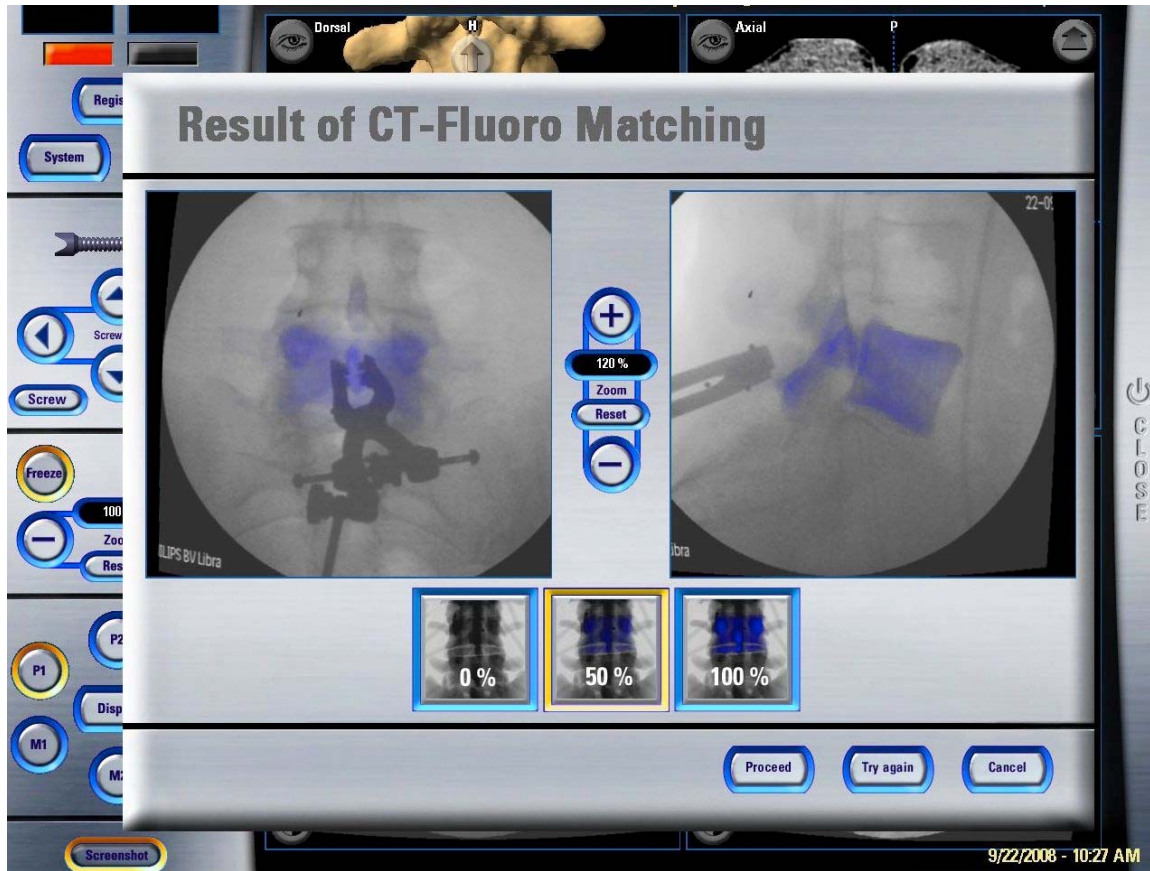


Fig.3. Navegación en tiempo real-virtual

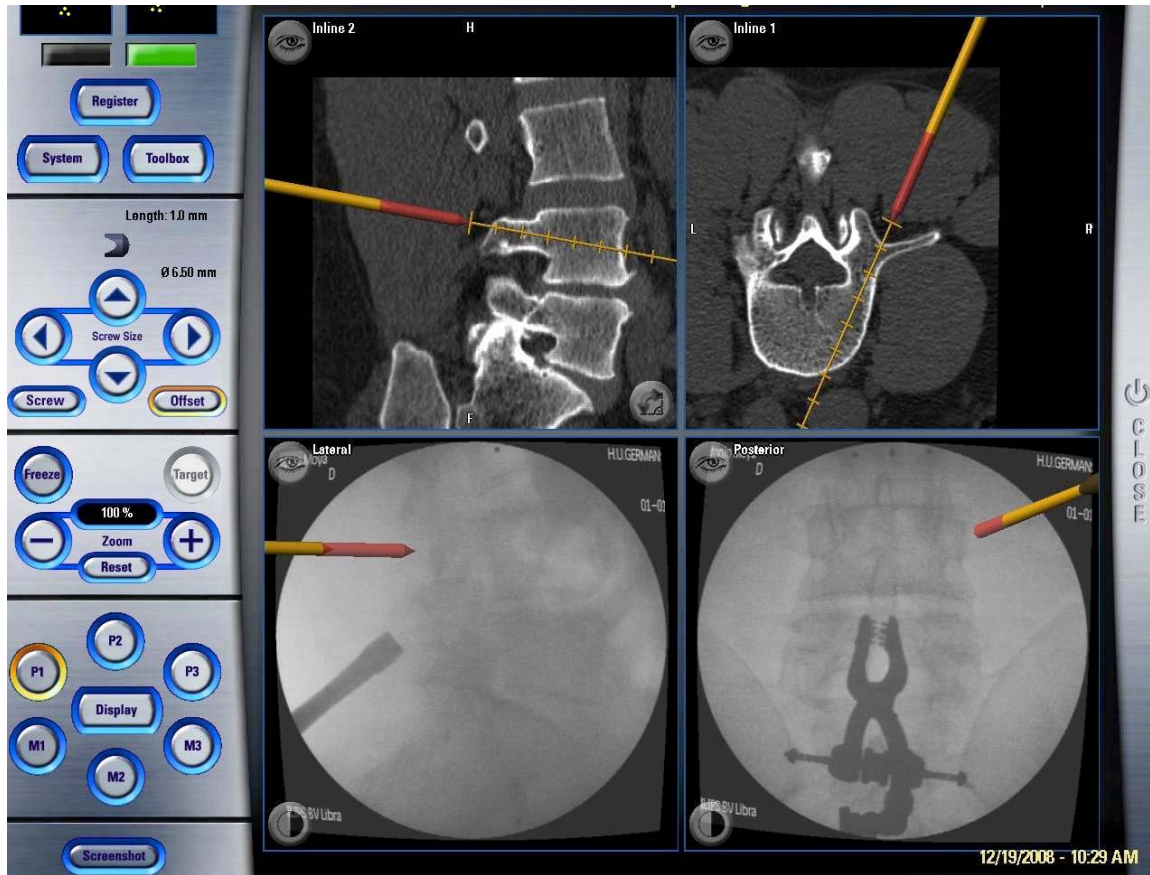


Fig.4. Navegación en C1 con TC

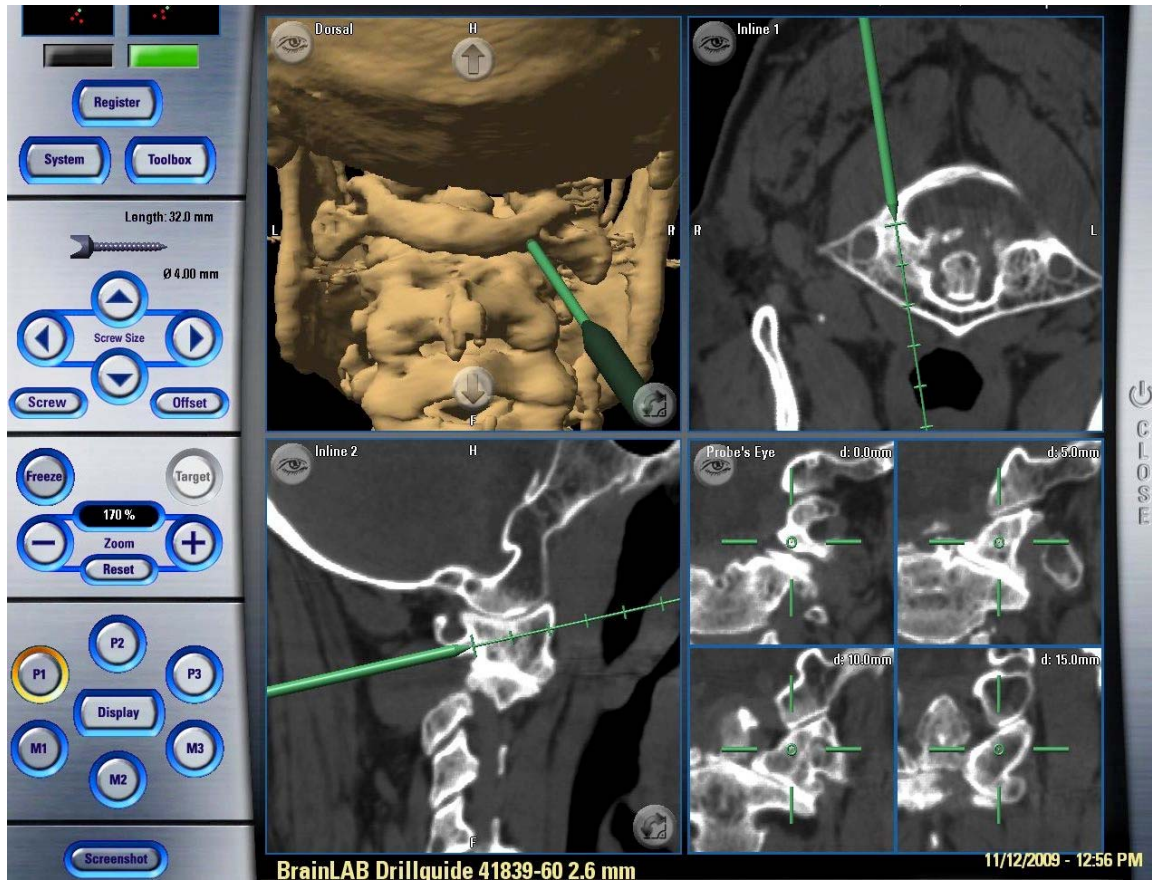


Fig. 5. Control TC postquirúrgico con grado I de Heary del implante

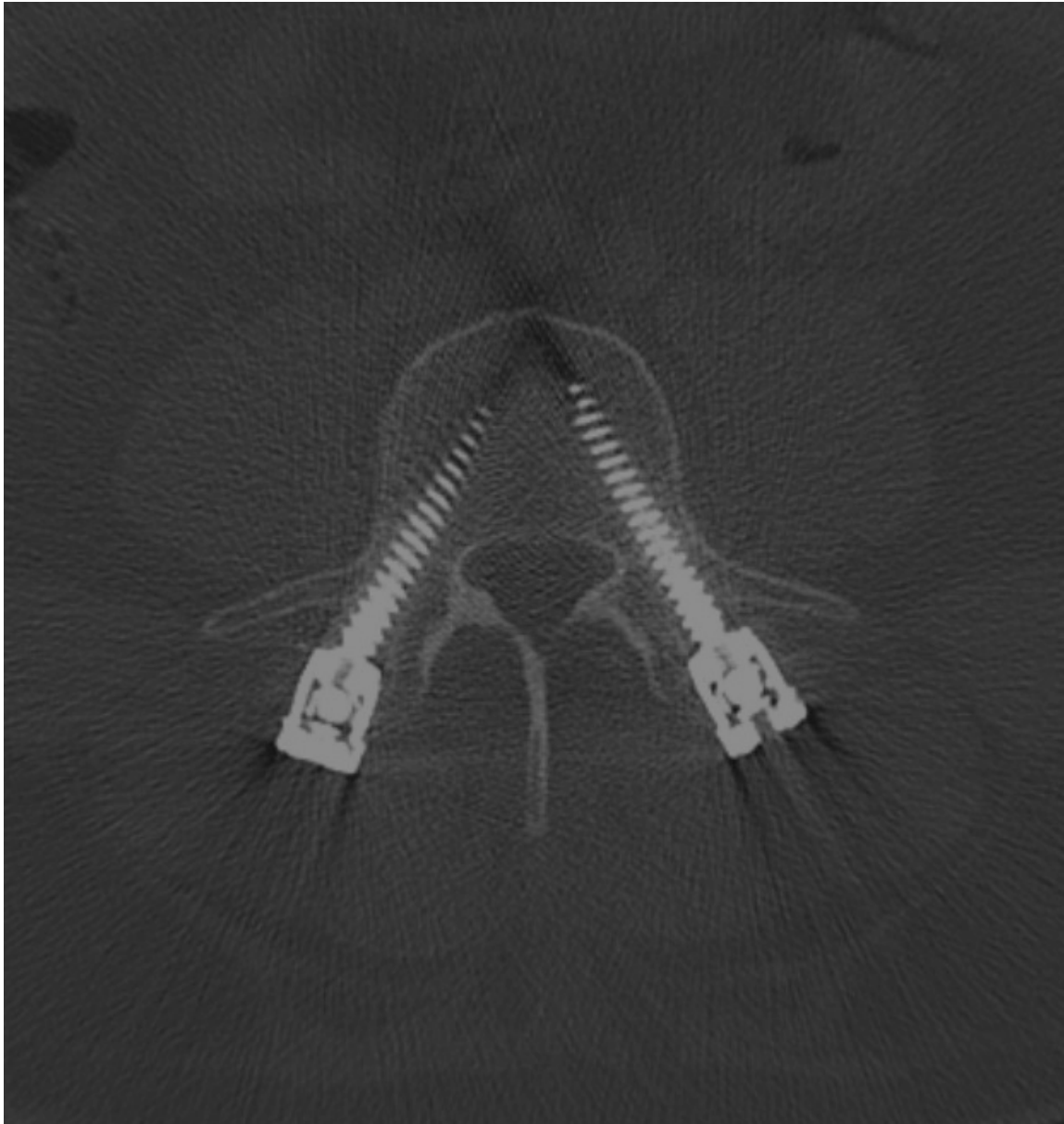


Fig. 6. Control sagital fijación percutánea dinámica



Fig. 7. Desviación grado III Heary de tornillo lumbar asintomático

