



ORIGINAL

Osteosíntesis asistida con navegación 2D con tornillos iliacosacros percutáneos en lesiones del anillo pélvico posterior

Sergio Alvarez Alvarez^{a,*}, Pablo García Sánchez^a, Claudia Junquera Méndez^a, Verónica Fernández Rodríguez^b y José María Fernández-Valdés Fernández^c

^a Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, España

^b Servicio de Urgencias, Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, España

^c Unidad de Cirugía de Columna Vertebral y Ortopedia Infantil, Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Universitario Central de Asturias, Oviedo, España

Recibido el 1 de noviembre de 2021; aceptado el 16 de junio de 2022

Disponible en Internet el 5 de agosto de 2022

PALABRAS CLAVE

Sistemas de
Navegación
Quirúrgica;
Huesos Pélvicos;
Articulación
Sacroiliaca

Resumen

Introducción: La osteosíntesis percutánea sacroiliaca guiada por radioscopya en lesiones del anillo pélvico posterior sigue siendo la técnica de referencia. Sin embargo, el desarrollo de técnicas como la cirugía asistida por navegación 2D/3D o por tomografía han mejorado la facilidad y seguridad en la colocación de los tornillos.

Objetivo: Presentar la técnica de fijación asistida por navegación en 2D y los resultados clínicos y radiológicos obtenidos.

Materiales y métodos: Se revisaron 23 pacientes con disrupción del anillo pélvico posterior (luxación y/o fractura sacroiliaca) intervenidos mediante fijación percutánea asistida por navegación 2D (Sistema Synergy de Medtronic®) en el hospital desde 2017 hasta la actualidad. Se recogieron variables demográficas, de clasificación, terapéuticas y las complicaciones derivadas. Se utilizó la escala modificada de valoración POS (Multicenter Study Group Pelvis Outcome Scale) para evaluar el resultado clínico, radiológico y social.

Resultados: Ocho pacientes presentaban luxación sacro-iliaca y 15 tenían fractura a través del sacro. Se implantaron 40 tornillos iliacosacros. El tiempo quirúrgico medio fue de 20 minutos para cada tornillo. Fueron necesarios ocho pulsos de radioscopya de media por intervención. Hubo tres tornillos (7.5%) mal posicionados. 15 pacientes obtuvieron un resultado bueno o excelente en el formulario POS.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: sergio_bc@hotmail.com (S. Alvarez Alvarez).



Conclusiones: La técnica asistida por navegación es una alternativa con buenos resultados. Facilita al cirujano la colocación correcta de los tornillos en el corredor óseo sacro, acortando el tiempo quirúrgico y con una menor exposición a radiaciones ionizantes. Es útil para todo tipo de lesiones del anillo y cuando son necesarias maniobras de reducción.

© 2022 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Surgical navigation systems;
Pelvic bones;
Sacroiliac joint

2D computer navigation assisted iliosacral screw fixation in posterior pelvic ring injuries

Abstract

Introduction: Percutaneous osteosynthesis of the sacroiliac joint guided by fluoroscopy in posterior pelvic ring lesions, described by Matta in the 1990s, remains the gold standard technique. However, the development of novel techniques such as 2D/3D navigation-assisted or CT-assisted surgery brings improvements in terms of ease and safety.

Objective: To present the 2D navigation-assisted percutaneous sacro-iliac fixation technique, as well as the clinical and radiological results of the patients operated.

Materials and methods: Twenty-three patients with a diagnosis of posterior pelvic ring disruption (sacroiliac dislocation and/or fracture) operated by 2D navigation-assisted percutaneous fixation (Medtronic Synergy System) in our hospital from 2017 to present were reviewed. Demographic, classification, therapeutic variables and derived complications were collected. The modified POS (Multicenter Study Group Pelvis Outcome Scale) rating scale was used to assess clinical, radiological and social outcome.

Results: Eight patients had sacro-iliac dislocation and 15 had fracture through the sacrum. A total of 40 iliosacral screws were implanted. The mean operative time was 20 min for each screw. An average of eight fluoroscopy pulses were required per procedure. There were three malpositioned screws (7.5%). Fifteen patients had good or excellent results on the POS form.

Conclusions: Navigation-assisted percutaneous iliosacral fixation is an alternative to the classic method guided by radioscopia, with good results. It facilitates the surgeon the correct placement of the screws, shortening the surgical time and with less exposure to ionizing radiation. It is useful for all types of ring lesions and when reduction maneuvers are necessary.

© 2022 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Las lesiones del anillo pélvico son lesiones graves que se acompañan frecuentemente de inestabilidad hemodinámica llegando hasta un 34% de mortalidad hospitalaria¹. El manejo inicial se encuadra dentro de los protocolos de control de daños establecido por el Advanced Trauma and Life Support (ATLS) del Colegio Americano de Cirujanos, basado la estabilización urgente mediante fijación externa y resuscitación del paciente, y posteriormente la fijación definitiva de la fractura. La osteosíntesis de la articulación sacroiliaca es una técnica quirúrgica exigente debido a motivos como la variabilidad de la anatomía ósea del anillo pélvico² y los dismorfismos del segmento sacro superior³.

En las lesiones del anillo pélvico posterior se ha realizado tradicionalmente la fijación percutánea con tornillos iliacosacros bajo control radioscópico, descrita inicialmente por Matta y Saucedo⁴. Debido a la difícil visualización del "corredor sacro" por donde deben implantarse los tornillos con la técnica radioscópica habitual, coincidiendo con la primera y segunda vértebras sacras, están aumentando las

técnicas de navegación asistidas por ordenador (2D y 3D)⁵ y por Tomografía Computarizada (TC)⁶, con el objetivo de disminuir la exposición radiológica y aumentar la seguridad en la correcta colocación de los implantes.

En la técnica estándar guiada por radioscopia la proporción de mal posicionamiento es variable según la bibliografía. Según el trabajo el trabajo de Zwingmann et al⁷ es del 2-15%, aunque para Behrendt et al⁵ llega hasta el 26%. Para las técnicas asistidas con navegación 2D/3D se estima en 1.3%⁷, si bien hay descritas proporciones hasta del 18% con la navegación 2D⁵. En cuanto a las técnicas asistidas con TC, existe una proporción de mal posicionamiento estadísticamente más baja que las anteriores, siendo del 0.1%⁸. En este estudio se presenta la técnica y resultados de la fijación asistida por sistema de Navegación 2D.

Material y método

Se realizó un estudio observacional retrospectivo del total de pacientes diagnosticados con disrupción del anillo pél-

vico posterior, bien por lesión ósea o ligamentosa, desde la introducción en el hospital en 2017 de la técnica de fijación percutánea iliacosacra asistida por navegación 2D (Sistema Synergy de Medtronic®) hasta la actualidad. Se obtuvo consentimiento informado por escrito de todos los pacientes para la intervención. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos del Principado de Asturias y se aceptó la exención del Consentimiento Informado escrito para la inclusión en el mismo. Se solicitó a través de consulta telefónica consentimiento verbal para la inclusión en el estudio y se realizó seguimiento a los pacientes, llevándose a cabo la encuesta a los 12 meses de la intervención, una vez alcanzada la estabilidad en su evolución postoperatoria.

Análisis estadístico

La base de datos fue recogida usando Microsoft Excel (Microsoft Corporation®, Redmon, WA) que se exportó para su análisis estadístico al programa SPSS 25 (SPSS Inc®, Chicago, Illinois). Se realizó un análisis descriptivo de los resultados. Se utilizaron frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas, y medias, rangos y desviaciones estándar para las variables cuantitativas.

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión en el estudio fueron el diagnóstico mediante tomografía computarizada de lesión inestable del anillo pélvico posterior y pacientes a los que se realizó una osteosíntesis iliacosacra mediante la técnica de fijación percutánea asistida por navegación 2D (Sistema Synergy de Medtronic®) en el hospital desde enero de 2017 hasta la actualidad. Se excluyeron pacientes tratados mediante la técnica convencional, pacientes pediátricos (menores de 14 años) y pacientes que por su crítica situación vital tras el politraumatismo no pudieron ser intervenidos. No hubo pérdida de pacientes durante el seguimiento.

Técnica quirúrgica

La cirugía se lleva a cabo bajo anestesia general y sondaje urinario. La preparación gastrointestinal en las 12 horas previas a la cirugía fue fundamental para disminuir la cantidad de gas y heces en el sigma y recto, mejorando así la calidad de las imágenes necesarias en la intervención.

Se coloca al paciente decúbito supino sobre una mesa radiotransparente y una almohadilla bajo el sacro para facilitar el abordaje quirúrgico. Se realizan maniobras de reducción mediante la aplicación de tracción sobre el miembro inferior e inmovilización conjunta de ambas piernas en ligera rotación interna sujetadas con vendaje de esparadrapo. En caso de precisar osteosíntesis del anillo pélvico anterior, ésta se realiza en un primer tiempo.

Se dibuja una línea longitudinal al eje diafisario del fémur pasando por el centro del trocánter mayor y se traza una perpendicular a ésta pasando por la espina ilíaca anterosuperior (EIAS). Se obtienen así cuatro cuadrantes, localizando el punto de entrada en el cuadrante posterosuperior.

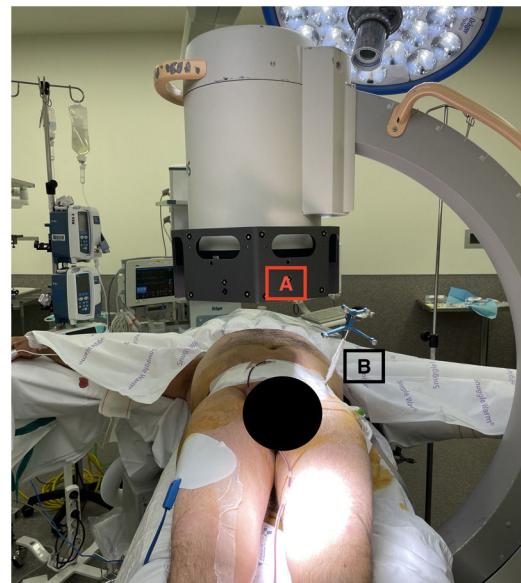


Figura 1 Colocación tambor (A) en radioscopio. Localizador en EIAS (B).

Tras la preparación de un nuevo campo quirúrgico en condiciones de asepsia, se coloca el localizador de la navegación en la EIAS (fig. 1) o en la espina ilíaca posterosuperior, en caso de realizarlo decúbito prono, que capta las referencias espaciales y que debe conectarse mediante infrarrojos con el detector de señal del navegador (fig. 2). Tras colocar un accesorio llamado tambor en el intensificador del arco de radioscopia, se toma la “imagen en vacío”, que recibe ese nombre porque se dispara un pulso de escopia sin incidir sobre el paciente, para el cálculo de coordenadas por el navegador y su calibración. Una vez finalizada, se

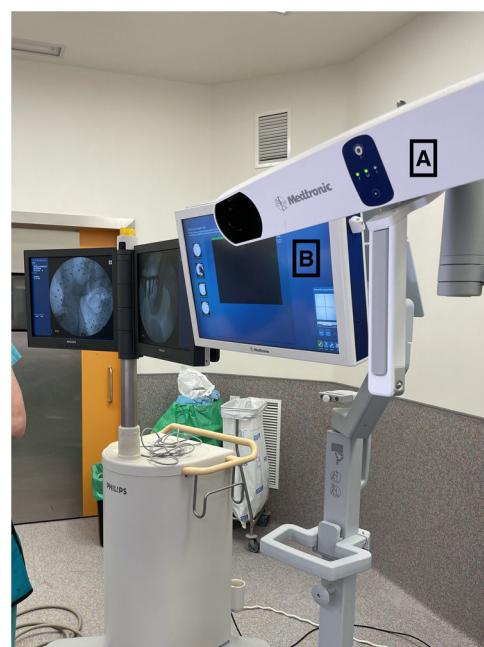


Figura 2 Detector (A) y pantalla de navegador (B).

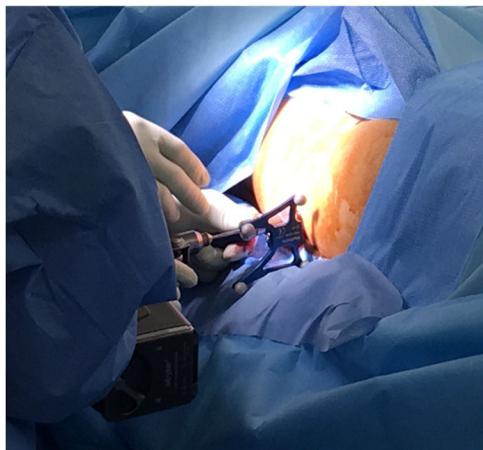


Figura 3 Guía canulada con antena de localizador.

toman las cuatro proyecciones necesarias para llevar a cabo la navegación: anteroposterior, lateral, inlet y outlet.

Con la técnica del navegador se localiza el punto de entrada en el cuadrante posterosuperior utilizando la guía canulada con otra antena del localizador (fig. 3) y se realiza una incisión de 1 cm en la piel. Se obtiene así una visualización virtual de la trayectoria de la aguja a través del corredor sacro (fig. 4). El corredor sacro se visualiza en la proyección lateral en la zona de intersección entre el cuerpo de S1 y la densidad cortical del ilíaco (fig. 5). A través de la guía canulada se hace pasar una aguja guía hasta la profundidad deseada y se obtiene una imagen radioscópica para comprobar su localización y profundidad. Se mide la longitud y se realiza un brocado del hueso con el motor en modo

oscilante para evitar dañar las estructuras vasculonerviosas durante este paso (fig. 6).

Para la fijación de fracturas del sacro el tornillo debe ser preferentemente de rosca completa, sin aplicar compresión, y perpendicular al cuerpo de S1. En el caso de luxaciones sacroiliacas se preferirá un tornillo de rosca parcial para aplicar compresión y que debe orientarse perpendicular a la articulación sacroiliaca, y se añadirá una arandela para evitar el hundimiento de la cabeza del tornillo en el ilíaco durante la compresión (fig. 7).

Manejo postoperatorio

Cuando la situación general del paciente lo permitió, se autorizó la sedestación a partir de las 24-48 horas tras la intervención. En los casos con fijación aislada del anillo posterior con fijación iliacosacra unilateral, se permitió la deambulación con muletas sin carga de peso en el lado intervenido hasta las 8 semanas tras la fijación. En los casos bilaterales y en aquellos que precisaron fijación del anillo pélvico anterior, la deambulación se retrasó de forma completa hasta la 8^a semana postoperatoria (fig. 8). A partir de ese momento, se permitió una carga protegida y progresiva de peso.

Los pacientes fueron revisados en consultas a la 2^a, 4^a, 8^a y 12^a semana tras la intervención. El seguimiento radiográfico se realizó mediante radiografía simple de pelvis, reservándose la TC para casos con evolución insatisfactoria y ante sospecha de complicaciones o malposición del implante en las radiografías.

Si la evolución era favorable, las revisiones se realizaban cada 6 meses, siendo alta cuando el paciente se había rein-

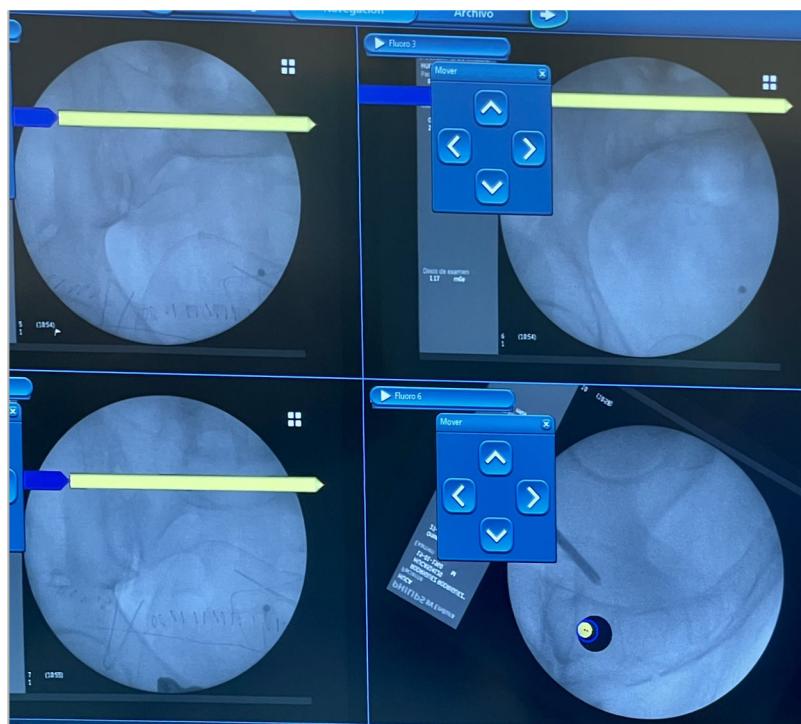


Figura 4 Trayectoria virtual del tornillo en cuatro proyecciones simultáneas.

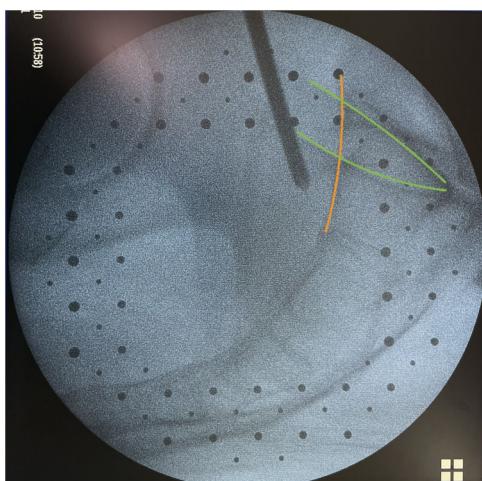


Figura 5 Identificación corredor óseo sacro.

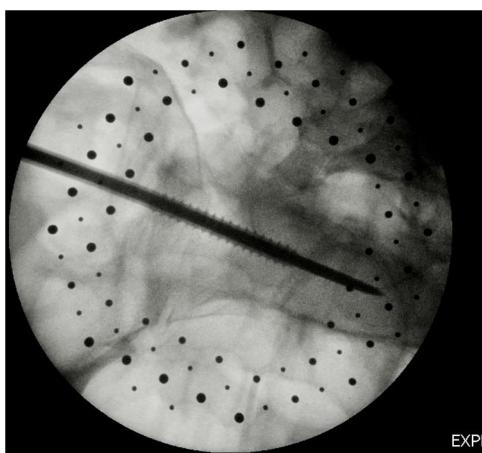


Figura 6 Colocación aguja guía y brocado óseo.



Figura 7 Tornillo iliacosacro de compresión.

corporado a sus actividades sociales y laborales previas, o bien su evolución clínica se había estabilizado.

Variables de estudio

Se analizaron las siguientes variables: sociodemográficas (sexo y edad, causa del traumatismo, presencia de lesión medular y número de éxitus), de diagnóstico y clasificación (tipo de lesión del anillo posterior, clasificación de la lesión del anillo pélvico AO Trauma-Tile y clasificación según Denis de las fracturas sacras), terapéuticas (colocación al ingreso de fijación externa y tracción transesquelética, número y



Figura 8 Resultado tras osteosíntesis de anillo pélvico anterior y posterior.

disposición de los tornillos iliacosacros implantados, tipo de tornillo y de osteosíntesis, tiempo quirúrgico, número de pulsos de escopia intraoperatoria, asociación de estabilización del anillo pélvico anterior y necesidad de fijación quirúrgica de otras fracturas), complicaciones (intraoperatorias, postoperatorias relacionadas con el implante y postoperatorias no relacionadas con el implante) y análisis de resultados (proporción de malposición, de revisión y formulario POS, [tabla 1](#)).

La escala POS^{7,9} es una escala que valora de forma objetiva el resultado radiológico de la osteosíntesis y añade un importante componente subjetivo del paciente en cuanto al resultado clínico, donde se valoran aspectos como el dolor, deficiencias neurológicas, urológicas y sexuales; y social, entendido como la reintegración del paciente a las actividades de ocio y laborales que realizaba previamente al accidente. Se revisaron las pruebas de imagen del seguimiento ambulatorio de cada paciente para cumplimentar el apartado radiográfico de la escala. Se graduó a los pacientes en cuatro grupos según su puntuación: resultado excelente (9-10 puntos), bueno (7-8 puntos), aceptable (5-6 puntos) y malo (3-4 puntos). En esta serie se realizó la encuesta a los 12 meses de la intervención habiéndose alcanzado la estabilidad clínica postoperatoria.

Resultados

Se incluyeron 23 pacientes, 16 hombres y siete mujeres con un rango de edad entre 17 y 76 años (media 44 ± 17 años).

La causa más frecuente fue el atropello con seis pacientes, seguido del accidente de tráfico y la precipitación autolítica con cinco casos cada uno.

No hubo fallecidos en la serie.

Se distinguió entre lesiones del anillo posterior con luxación sacroiliaca por lesión ligamentosa con ocho casos, de aquellas con lesión ósea a través del sacro en 15 pacientes.

Todos los pacientes fueron clasificados por el mismo cirujano atentando a la clasificación de AO-Tile ([tabla 2](#)).

15 pacientes presentaban una disruptión del anillo pélvico posterior a través de un trazo de fractura en el sacro, agrupándolos según la Clasificación de Denis en tipo 1 (lateral a forámenes sacros, siete pacientes), tipo 2 (a través de

Tabla 1 Escala Pelvis Outcome Scale (POS)

Resultado clínico	
4 puntos	Sin dolor. No disfunción neurológica ni urológica. Sin limitación funcional.
3 puntos	Dolor si esfuerzo severo (pero sin necesidad de analgesia oral). Leve limitación funcional (cojera ocasional). Leve limitación neurológica (sin repercusión subjetiva del paciente).
2 puntos	Dolor persistente tras esfuerzo (analgésicos ocasionales). Limitación funcional significativa (cojera o necesidad de muleta). Limitación neurológica motora (aunque el paciente no lo considera relevante) y/o Alteraciones sensitivas, pero sin pérdida de ROTs protectores.
1 punto	Dificultades al orinar (sin retención) y/o impotencia parcial. Dolor continuo, en reposo. Necesita analgésicos con frecuencia. Uso continuo de muletas o silla de ruedas por el dolor pélvico. Alteraciones sensitivas o motoras que sí alteran vida cotidiana. Dificultad al orinar (con retención), impotencia sexual o incontinencia fecal/urinaria.
Resultado radiológico	
3 puntos	Reconstrucción del anillo posterior. Desplazamiento residual del pubis < 5 mm y/o Desplazamiento residual máximo pubis/isquion < 10 mm.
2 puntos	Desplazamiento residual posterior máximo 5 mm y/o Desplazamiento residual del pubis 6-10 mm y/o Desplazamiento residual máximo pubis/isquion 10-15 mm.
1 punto	Desplazamiento residual posterior máximo > 5 mm y/o Desplazamiento residual del pubis > 10 mm y/o Desplazamiento residual máximo pubis/isquion > 15 mm.
Reintegración social	
3 puntos	Realiza misma profesión que previo al accidente. Realiza deporte y actividades de ocio sin limitación. Vida social sin limitación.
2 puntos	Mismo trabajo, pero con limitación. Actividades deportivas limitadas. Necesidad de ayuda en ocasiones en actividades.
1 punto	Incapacidad para realizar el mismo trabajo. No puede hacer deporte. Actividades de ocio muy limitadas. Vida social muy limitada o abandonada. Necesidad de ayuda con frecuencia en actividades.

Tabla 2 Clasificación según AO-Tile

Subgrupo	AO Tile B	Subgrupo	AO Tile C
B1 (Open Book)	5	C1	11
B2 (Closed Book)	4	C2	0
B3 (Bilateral)	1	C3	2
Total	10	Total	13

los forámenes, siete pacientes) y tipo 3 (medial a forámenes sacros, un paciente).

De los 23 pacientes estudiados se realizó fijación externa urgente a 13, la cual se mantuvo como tratamiento definitivo del anillo anterior en siete de ellos. Se aplicó una tracción transesquelética al ingreso como maniobra asociada de reducción en seis pacientes.

Se aplicaron un total de 40 tornillos iliacosacro en los 23 casos incluidos en el estudio. La conformación más frecuente fueron los dos tornillos iliacosacosros ipsilaterales (12

pacientes), seguido de un único tornillo (nueve pacientes). En un paciente se colocaron dos tornillos paralelos ipsilaterales asociados a un tornillo contralateral, y en otro paciente se implantaron dos tornillos en cada articulación sacroiliaca.

A 12 pacientes se les aplicaron tornillos de rosca parcial a compresión (ocho en casos en luxaciones sacroiliacas y cuatro en fracturas Denis tipo 1). A los 11 restantes, se les aplicaron tornillos de rosca completa sin compresión interfragmentaria, siendo todos ellos casos que asociaban fractura sacra tipo 1, 2 y 3.

Se contabilizó el tiempo de la intervención desde el momento de la colocación del localizador de la navegación en la EIAS hasta el cierre de la incisión en la piel, obteniendo una media de 20 minutos (desviación estándar -DS- 4) para la colocación de un tornillo.

Se contabilizó una media de 8 pulsos (DS 1.2) de radioescopia intraoperatoria por cirugía.

Se asoció estabilización anterior del anillo pélvico en 13 pacientes, mediante placa atornillada en síntesis pubiana

en seis pacientes y manteniendo el fijador externo como tratamiento definitivo en el resto.

Durante la colocación del tornillo en un paciente se lesionó el paquete vascular glúteo superior, siendo embolizado por parte del Servicio de Radiología Vascular Intervencionista.

Dos pacientes presentaron movilización del implante por aflojamiento mecánico y precisaron de extracción de los tornillos por intolerancia.

La raíz L5 resultó lesionada en cuatro pacientes. Todos ellos presentaban una lesión del anillo pélvico posterior con lesión ósea a través del sacro, siendo tratados mediante fijación con tornillos de rosca completa sin compresión. Sólo se relacionó de forma directa la lesión de la raíz a la malposición del tornillo en un paciente, comprobado mediante TC pélvico, justificando los otros tres casos por la disociación sacroiliaca que se produce en este tipo de lesiones.

Para cuantificar la dismetría por elevación residual de la hemipelvis por consolidación viciosa se tomaron como valores de referencia en las mediciones radiográficas los siguientes: dismetría leve (menos de 1 cm), moderada (entre 1 y 1.5 cm) y severa (mayor de 1.5 cm). Presentaron dismetría ocho pacientes, seis de ellos con lesiones tipo C y dos en lesiones tipo B. A la mitad de ellos se les implantó únicamente un tornillo y a la otra mitad se les colocaron dos o más, lo que sugiere una reducción insuficiente más que una fijación precaria. Para su cuantificación, se realizó telemetría de pelvis y miembros inferiores en el seguimiento en consulta ambulatoria, resultando todas ellas inferiores a 1.5 cm (leves o moderadas). No hubo ningún caso de lesión del nervio femorocutáneo lateral, aparición de osificaciones heterotópicas o de pseudoartrosis.

En cuanto a complicaciones postoperatorias no relacionadas con el implante, se presentó una infección de la herida quirúrgica en procedimiento asociado en el pubis (en ningún caso del abordaje percutáneo a la sacroiliaca), infección del tracto urinario (presente en 10 pacientes), infección por Covid19 en dos, neumonía bacteriana en uno y desarrollo de complicaciones trombóticas como el embolismo pulmonar, también un paciente.

Se comprobó mediante TC la malposición de tres tornillos del total de la muestra, estableciendo una proporción de mal posicionamiento de 7.5%. En todos ellos se realizó la extracción del material.

Fue necesario reintervenir a cinco pacientes para extracción de un total de seis tornillos: tres por malposición, dos por aflojamiento mecánico y uno de forma voluntaria tras consolidación de la fractura sacra.

Se resumen las complicaciones relacionadas con la cirugía aparecidas en la [tabla 3](#).

De los 22 pacientes a los que se aplicó la escala POS, se obtuvo una puntuación máxima en el resultado radiológico (3 puntos) en 18 de ellos. El resultado global fue bueno o excelente en 15. Las puntuaciones obtenidas en la escala POS modificada se resumen en la [tabla 4](#).

En los ocho casos con dismetría, el resultado en la valoración POS fue bueno o excelente en cinco. En la puntuación radiográfica, los dos casos por lesión rotacional (61 B1), y cuatro de los seis casos con lesión combinada (61C1) obtuvieron una puntuación máxima (3 puntos) al lograr la restitución del anillo posterior. En cuanto al resultado clínico, cinco de los seis casos con lesión 61 C1 obtuvieron una puntuación de

Tabla 3 Resumen de complicaciones

Complicaciones	Número
Lesión paquete vascular glúteo superior	1
Movilización por aflojamiento mecánico	2
Lesión raíz L5	4
Dismetria por elevación hemipelvis	8
Mal posicionamiento del tornillo iliacosacro	2
Revisión quirúrgica	5
Intolerancia material de osteosíntesis	2
Mal posicionamiento	2
Retirada electiva	1

3 o 4 puntos, y 3 de ellos se reintegraron de forma completa a su vida social previa. De los dos casos con lesión rotacional 61B1, uno logró un resultado clínico bueno (3 puntos) y social aceptable (2 puntos), mientras que el otro obtuvo resultados pobres con importante limitación social y laboral.

Discusión

Los principales objetivos de este estudio retrospectivo han sido describir la técnica quirúrgica empleada y analizar los resultados obtenidos en nuestro centro aplicando la técnica de osteosíntesis asistida por navegación 2D. Aunque la técnica estándar sigue siendo la fijación percutánea guiada por radioscopía descrita por Matta⁴, es una técnica exigente que requiere un conocimiento alto de la anatomía pélvica y una amplia experiencia quirúrgica. Para su realización son necesarias cuatro proyecciones radiográficas no simultáneas: anteroposterior, lateral, inlet y outlet. La colocación inadecuada del tornillo conduce a complicaciones relacionadas con el propio implante por lesión de estructuras neurovasculares (sobre todo la raíz de L5 y el paquete vascular glúteo superior), estimada entre el 0.5-7.7%, según Van Den Bosch et al¹⁰: un error en el posicionamiento de tan solo 4° puede conducir a estas lesiones¹¹. Presenta varios aspectos negativos que han favorecido el auge de las novedosas técnicas guiadas por ordenador o TC: la visualización del "corredor" sacro es complicada en presencia de obesidad, gas intestinal o displasias pélvicas. Además, la calidad de las imágenes es técnico-dependiente y sólo es posible visualizar una de las cuatro proyecciones al mismo tiempo. Esto puede conducir a intentos repetidos de colocación de la aguja guía con la consecuente pérdida de stock óseo sacro y el aumento de la tasa de fracaso o lesión de estructuras vasculares y nerviosas⁸. En la serie descrita por Tasker et al¹² presentan una tasa de reintervención del 18% y en la realizada por Tonetti et al¹³ presenta una tasa de malposición por trayectoria extraósea del tornillo hasta del 19.8%.

La cirugía asistida por navegación 2D/3D^{5,14} se desarrolló con el objetivo de disminuir la exposición a radiación ionizante del paciente y del equipo quirúrgico, así como aumentar la seguridad en la colocación de los implantes y disminuir la tasa de revisión. Tiene como ventajas su utilidad en todo tipo de lesiones del anillo pélvico (incluidas AO 61 B y C) y cuando son necesarias maniobras de reducción

Tabla 4 Resultados escala POS modificada: variables y global

Puntos	Variables			Global (n=22)
	Radiológico	Clínico	Social	
4	-	3	-	Excelente (9-10) 5 Bueno (7-8) 10
3	18	12	7	Aceptable (5-6) 6
2	2	4	9	Malo (3-4) 1
1	2	3	6	

u otros actos quirúrgicos asociados, como la fijación anterior del anillo pélvico. Mejora la visualización del corredor óseo sacro, permitiendo su visión en directo en las cuatro proyecciones simultáneamente, disminuyendo la necesidad de intentos repetidos y con ello una menor pérdida ósea y menor tasa de complicaciones neurovasculares.

Por todo ello las técnicas asistidas con navegación 2D/3D constituyen la alternativa más accesible y resultados favorables en la fijación iliacosacra en cualquier tipo de lesión del anillo pélvico y cuando sea necesario asociar otras intervenciones, como son la mayoría de estas lesiones AO 61 B y C que precisan habitualmente la asociación de un acto quirúrgico a nivel del anillo pélvico anterior. Son técnicas que, gracias al procesado digital de las proyecciones radiográficas tomadas al inicio de la intervención, permiten trabajar al cirujano con mayor comodidad y espacio al no tener el intensificador de imágenes en el campo quirúrgico durante la intervención, facilitando la colocación de los implantes. Además, la posibilidad de controlar la progresión de la técnica en las cuatro proyecciones del navegador simultáneamente implica una menor exposición del equipo quirúrgico y del paciente a las radiaciones ionizantes.

Nuestra experiencia con la osteosíntesis percutánea asistida por navegación 2D ha sido favorable desde su introducción en 2017. Hemos evidenciado una reducción franca del tiempo quirúrgico, pasando de un tiempo de 37 minutos de media en la implantación de un tornillo con la técnica convencional (medido desde la localización con radioscopia del punto de incisión hasta el cierre de la piel) a un tiempo medio de 20 minutos con la técnica de navegación.

Así mismo, hemos reducido la exposición a radiaciones ionizantes del paciente y del equipo quirúrgico durante la intervención. Esta radiación se conoce como "dosis efectiva", que cuantifica la cantidad de radiación absorbida corregida por la diferente sensibilidad al daño de los distintos órganos y tejidos, y que se mide en miliSievert (mSv)¹⁵. Si bien sería interesante cuantificar de forma protocolizada esta variable, el hecho de que el radioscopio ajuste de forma automática la dosis administrada en función de la distancia de trabajo, región anatómica e interposición de material quirúrgico metálico ha dificultado su medición exacta. Sin embargo, teniendo en cuenta que el factor que más aporta a la reducción de la dosis absorbida es el tiempo^{15,16}, lo hemos cuantificado de forma indirecta con base al número de pulsos utilizados durante la intervención de forma que, reduciendo este número, se reduce el tiempo de exposición a la radiación y con ello la dosis efectiva a la que se expone el paciente y cirujano. En nuestro centro, el mismo equipo quirúrgico

que realiza la cirugía asistida por navegación necesitaba una media de 40 pulsos de radioscopia para la colocación de un tornillo iliacosacro, mientras que con la técnica de navegación el número de pulsos se reduce a una media de ocho.

Hemos presentado una proporción de mal posicionamiento del tornillo del 7.5%, un resultado favorable si lo comparamos con la de la técnica convencional de hasta el 15%⁷ e incluso del 26%⁵ que se recogen en la literatura. Comparando con los resultados de estos autores en cirugía navegada, encontramos proporciones de malposición entre el 1.3% de la serie de Zwingmann et al⁸ y el 18% de la de Behrendt⁵. La lesión neurológica de la raíz L5 secundaria a la implantación del tornillo sólo se pudo confirmar en uno de los cuatro pacientes que la presentaron, coincidiendo con la descrita en el trabajo de Zwingmann⁷ que la estima entre el 0.5 y 7.7%. En cuanto a la complicación intraoperatoria por lesión del paquete vascular glúteo superior, hemos tenido un caso, resultando inferior al 8.8% del grupo alemán^{7,10}.

De nuestra serie, ocho pacientes presentaron una elevación residual de la hemipelvis como consecuencia de una inadecuada reducción de la fractura y/o luxación, fundamentalmente a expensas de lesiones anteriores del anillo pélvico manejadas con fijación externa definitiva, al no poder llevarse a cabo una reducción abierta y fijación interna del anillo anterior debido al mal estado general de los pacientes, consecuencia de las comorbilidades derivadas del politraumatismo. De esto deriva una limitación importante en el tratamiento de estos pacientes: la reducción de la lesión se dificulta por el tiempo necesario para la optimización y estabilización clínica prequirúrgica de los pacientes hasta la fijación definitiva. Para mejorar la reducción anatómica de estas lesiones, sería necesario asociar maniobras de reducción consistentes en la fijación de la hemipelvis sana con un marco a la mesa ortopédica y tracción de la extremidad afectada, pero no disponemos de este dispositivo en nuestro centro. A pesar de ello, cinco de los ocho pacientes obtuvo un resultado bueno (7-8 puntos) o excelente (9-10 puntos) en la escala de valoración POS. Esto nos lleva a una idea importante ya presentada por los autores de la escala, quienes en su artículo original afirman que los pacientes con peores puntuaciones en la escala son aquellos en quienes sólo se realiza la reconstrucción anterior del anillo pélvico, sin fijación sacroiliaca asociada⁹. En nuestro caso, el 100% de los pacientes fue sometido a una reconstrucción del anillo posterior, y por ello hemos obtenido una puntuación máxima (3 puntos) en el apartado de resultado radiológico en 18 pacientes. Estos resultados se explican a pesar de presentar ocho casos con elevación residual de la hemipelvis precisamente en la restitución de la continuidad

del anillo posterior (criterio para obtener 3 puntos en la escala radiológica), sin lograrla en su parte anterior.

Como puntos débiles de nuestro trabajo encontramos la naturaleza retrospectiva del mismo, el modesto tamaño muestral y la falta de una cohorte de pacientes tratados con la técnica convencional que permita la comparación de resultados. Como puntos fuertes encontramos que se trata de una cohorte homogénea de pacientes procedentes de un mismo centro sanitario, clasificados y tratados por el mismo equipo quirúrgico. Además, se trata del único trabajo de estas características que describa la citada técnica quirúrgica en lengua castellana.

Conclusiones

La técnica de fijación iliacosacra asistida por navegación 2D se plantea como una alternativa válida frente a la técnica convencional guiada por radioscopia. Constituye una ayuda para el cirujano que facilita el correcto posicionamiento de los tornillos en el corredor óseo sacro gracias a la visualización del recorrido en las cuatro proyecciones simultáneamente. Además, permite realizar la intervención de una forma más cómoda y, por tanto, más segura al no necesitar el arco radioscópico de forma continua en el campo quirúrgico, reduciendo así la dosis efectiva de radiación ionizante emitida durante la intervención.

Financiación

Los autores declaran que no se ha recibido financiación ni beca por parte de ninguna entidad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener relaciones comerciales ni de financiación que puedan suponer un conflicto de intereses con la publicación de este manuscrito.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.rccot.2022.06.009](https://doi.org/10.1016/j.rccot.2022.06.009).

Bibliografía

- Forward D. Pelvic Ring. En: Buckley RE, Moran CG, Apivatthakakul T, editores. AO Principles of Fracture Management. 3^a ed. Suiza: Thieme; 2017. p. 717–44, [http://dx.doi.org/10.1055/b-0038-160811](https://doi.org/10.1055/b-0038-160811).
- Routt ML Jr, Simonian PT, Agnew SG, Mann FA. Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: a cadaveric and clinical study. *J Orthop Trauma*. 1996;10:171–7, <http://dx.doi.org/10.1097/00005131-199604000-00005>.
- Miller AN, Routt ML Jr. Variations in sacral morphology and implications for iliosacral screw fixation. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20:8–16, <http://dx.doi.org/10.5435/JAAOS-20-01-008>.
- Matta JM, Saucedo T. Internal fixation of pelvic ring fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;242:83–97.
- Behrendt D, Mütze M, Steinke H, Koestler M, Josten C, Böhme J. Evaluation of 2D and 3D navigation for iliosacral screw fixation. *Int J CARS*. 2012;7:249–55, <http://dx.doi.org/10.1007/s11548-011-0652-7>.
- Ebraheim NA, Coombs R, Jackson WT, Rusin JJ. Percutaneous computed tomography-guided stabilization of posterior pelvic fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;307:222–8.
- Zwingmann J, Südkamp NP, König B, Culemann U, Pohleman T, Aghayev E, Scmal H. Intra- and postoperative complications of navigated and conventional techniques in percutaneous iliosacral screw fixation after pelvic fractures: Results from the German Pelvic Trauma Registry. *Injury. Int. J. Care Injured*. 2013;44:1765–72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2013.08.008>.
- Zwingmann J, Hauschild O, Bode G, Südkamp NP, Schmal H. Malposition and revision rates of different imaging modalities for percutaneous iliosacral screw fixation following pelvic fractures: a systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133:1257–65, <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-013-1788-4>.
- Pohleman T, Gänsslen A, Schellwald O, Culeman U, Tscherne H. Outcome after pelvic ring injuries. *Injury*. 1996;27Suppl2:B31–8.
- Van den Bosch EW, van Zwienen CM, van Vugt AB. Fluoroscopic positioning of sacroiliac screws in 88 patients. *J Trauma*. 2002;53:44–8, <http://dx.doi.org/10.1097/00005373-200207000-00009>.
- Templeman D, Schmidt A, Freese J, Weisman I. Proximity of iliosacral screws to neurovascular structures after internal fixation. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;329:194–8, <http://dx.doi.org/10.1097/00003086-199608000-00023>.
- Tasker AJB, Odutola A, Fox R, et al. Complications associated with the use of ilio-sacral screw fixation in posterior pelvic ring injuries. *Injury Extra*. 2010-12-01;41(Issue 12):151, <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2010.07.459>.
- Tonetti J, van Oorschot J, Sadok B, Vouaillat HA. Percutaneous ilio-sacral screw insertion Fluoroscopic techniques. *Eid Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. 2013;99:965–72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.otsr.201308010>.
- Yu T, Cheng XL, Qu Y, Dong RP, Kang MY, Zhao JW. Computer navigation-assisted minimally invasive percutaneous screw placement for pelvic fractures. *World J Clin Cases*. 2020;8:2464–72, <http://dx.doi.org/10.12998/wjcc.v8.i12.2464>.
- Matityahu A, Duffy RK, Goldhahn S, Joeris A, Richter PH, Gebhard F. The great unknown – A systematic literature review about risk associated with intraoperative imaging during orthopaedic surgeries. *Injury*. 2017;48:1727–34, <http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2017.04.041>.
- Frane N, Megas A, Stapleton E, Ganz M, Bitterman AD. Radiation exposure in orthopaedics. *JBJS Reviews*. 2020;8:e0060, <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00060>.