

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Cirugía



TESIS DOCTORAL

**Utilidad de la ecografía en la colocación de las fichas supra-
acetabulares de los osteotaxos pélvicos**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Manuel Cuervas-Mons Cantón

Directores

Francisco Chana Rodríguez
Javier Vaquero Martín

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Programa Doctorado en INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA



UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA EN LA COLOCACIÓN DE LAS FICHAS SUPRA-ACETABULARES DE LOS OSTEOTAXOS PÉLVICOS

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Manuel Cuervas-Mons Cantón

Bajo la dirección de los doctores

Dr. D. Francisco Chana Rodríguez
Prof. Dr. D. Javier Vaquero Martín

Madrid, 2015

TÍTULO

Utilidad de la ecografía en la colocación de las fichas supra-acetabulares de los osteotaxos pélvicos.

DOCTORANDO

Manuel Cuervas-Mons Cantón

LUGAR DE PRESENTACIÓN

Facultad de Medicina

Universidad Complutense

Madrid

LUGAR DE INVESTIGACIÓN

Departamento de Cirugía de la Universidad Complutense.

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

DIRECTORES:

Dr. D. Francisco Chana Rodríguez

Prof. Dr. D. Javier Vaquero Martin

Doctor D. Javier Vaquero Martín, Profesor Titular de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Universidad Complutense de Madrid, y Jefe de Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid

CERTIFICA:

Que el presente trabajo, titulado **Utilidad de la ecografía en la colocación de las fichas supra-acetabulares de los osteotaxos pélvicos**, realizado bajo mi dirección por el licenciado don Manuel Cuervas-Mons Cantón, reúne todos los requisitos científicos y formales para proceder a su lectura y defensa como Tesis Doctoral, para optar al grado de Doctor en Medicina.

Y para que conste a todos los efectos oportunos, y a petición del interesado, firmo el presente certificado en Madrid, con fecha 20 de octubre de 2015.



Fdo.: Prof. Javier Vaquero Martín

Doctor D. Francisco Chana Rodríguez, Profesor Asociado de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Universidad Complutense de Madrid, y Médico Adjunto del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid

CERTIFICA:

Que el presente trabajo, titulado **Utilidad de la ecografía en la colocación de las fichas supra-acetabulares de los osteotaxos pélvicos**, realizado bajo mi dirección por el licenciado don Manuel Cuervas-Mons Cantón, reúne todos los requisitos científicos y formales para proceder a su lectura y defensa como Tesis Doctoral, para optar al grado de Doctor en Medicina.

Y para que conste a todos los efectos oportunos, y a petición del interesado, firmo el presente certificado en Madrid, con fecha 20 de octubre de 2015.



Fdo.: Francisco Chana Rodríguez

A Lucía

AGRADECIMIENTOS

...

A los doctores D. Francisco Chana y D. Javier Vaquero, cuya dirección y asesoramiento ha permitido la culminación de esta Tesis.

A mis compañeros del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital General Universitario Gregorio Marañón, por su amistad y los buenos momentos vividos durante los años de mi residencia, y en especial a Juan Arnal Burró y Borja Sobrón Caminero, por sus valiosos consejos y su apoyo incondicional.

A Lucía, a mi hermano Valentín y a mi madre, la doctora Teresa Cantón, por su ayuda, su paciencia y por el ánimo infundido.

Por último y de manera muy especial a mi padre, el Prof. Dr. D. Valentín Cuervas-Mons. Sin su constante apoyo y su profundo cariño no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

En principio, la investigación necesita
más cabezas que medios.

Severo Ochoa

(1905-1993)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRACIONES

LISTA DE TABLAS

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

1. Introducción

2. Justificación, hipótesis y objetivos

3. Material y métodos

4. Resultados

5. Discusión

6. Conclusión

7. Referencias

ANEXO A: COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

Introducción

La fractura de pelvis es una causa potencial de inestabilidad hemodinámica en los pacientes politraumatizados. La fijación externa es un tratamiento capaz de estabilizar estas lesiones en la cirugía de control de daños. La colocación de fichas supra-acetabulares es la opción que aporta mayor estabilidad biomecánica, pero requiere la utilización de radioscopia intraoperatoria. El objetivo de este estudio es analizar la utilidad de la ecografía en la colocación de las fichas supra-acetabulares de los osteotaxos pélvicos.

Material y Método

Estudio transversal en dos etapas. Etapa 1: Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en sujetos sanos, dividido en dos subetapas. Etapa 1.1: Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en sujetos sanos, reproducibilidad inter-observador y variabilidad intra-observador; y Etapa 1.2 Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en pacientes sin patología pélvica. Se realizó un análisis de datos demográficos (edad, sexo, IMC), estudio de la región supra-acetabular (EAIS, escotadura innominada, EIAl, reborde acetabular y cabeza femoral), y medición ecográfica de espina iliaca anteroinferior (EIAl) en plano sagital y coronal. Se analizó la reproducibilidad inter-observador (coeficiente Kappa, k) y la variabilidad intra-observador (correlación intraclase, CCI). Etapa 2: Precisión

de la implantación de fichas guiado por ecografía. Análisis de la colocación en pelvis de cadáver, realizando comprobación indirecta, con control radiológico, y comprobación directa mediante disección y estudio anatómico.

Resultados

Etapa 1.1: Se analizaron 28 caderas en 14 voluntarios sanos, con una altura media de 1,71m (+/- 0,09; 1,55-1,84) e IMC medio de 21,43 kg/m² (+/- 2,22; 17,78-24,69). En todos los casos se realizó visualización completa de la región supra-acetabular (k=+ 1; concordancia absoluta). El valor medio de la EIAI en plano sagital fue de 1,42cm (+/- 0,39; 0,8-2,43) y de 0,94cm (+/- 0,25; 0,57-1,76) en el plano coronal, con una correlación positiva entre el tamaño en plano coronal y la talla (r=0,40). Se obtuvo una baja variabilidad intra-observador, con un CCI de 0,95 (0,89-0,98 al 95%; p < 0,001).

Etapa 1.2: Se analizaron 148 caderas en 74 pacientes, con una edad media de 62 años, altura media de 1,70cm (+/- 0,1; 1,48-1,91) e IMC medio 25,95 Kg/m² (+/- 4,81; 15,62-39,71).

Etapa 2: Se implantaron 14 fichas supra-acetabulares en 7 pelvis de cadáver guiadas por ecografía. En la valoración indirecta mediante control radiológico se obtuvo una colocación excelente en todos los casos. En la valoración directa se observó una colocación excelente en el 100% de los casos. Tras la disección anatómica se observó lesión del nervio femorocutáneo en un caso.

Conclusión

La colocación de fichas supra-acetabulares guiadas por ecografía es una técnica posible y eficaz. Los estudios realizados hasta la fecha indican que su colocación sin necesidad de radiología intra-operatoria es viable, sin comprometer la fiabilidad de su colocación. Es necesario corroborar los resultados con un mayor número de casos, aunque la aplicación de esta nueva técnica en la práctica clínica de nuestro centro aporta resultados esperanzadores.

Descriptor: pelvis, hueso pélvicos, ultrasonografía

Introduction

Pelvic fracture in trauma patients can lead to hemodynamic instability. External fixation is a treatment capable of stabilizing these injuries in damage control surgery. Supra-acetabular half-pin offer the greater biomechanical stability but requires the use of intraoperative fluoroscopy. The aim of this study is to analyse our results with surgical procedure of supra-acetabular pin placing guided by ultrasonography.

Material and Methods

Cross-sectional study in two stages. Stage 1: Anatomic ultrasound-guided study of the supra-acetabular region divided into two sub-stages. Stage 1.1 an anatomic ultrasound-guided study of the supra-acetabular region in healthy volunteers, interobserver reproducibility and intraobserver variability, and Stage 1.2 an anatomic ultrasound-guided study of the supra-acetabular region in patients without pelvic pathology. Analysis of demographic data (age, sex, BMI), supra-acetabular region study (ASIS, innominate line, AIIIS, acetabular rim and femoral head) was performed. Ultrasound measurement of anterior superior iliac spine (AIIIS) was performed in sagittal and coronal plane. The interobserver reproducibility (Kappa coefficient, k) and intraobserver variability (intraclass correlation coefficient, ICC) were analysed. Stage 2: Ultrasound-guided half-pin placement precision study in cadaveric specimens. Double evaluation was performed: indirect evaluation with radiological control, and direct evaluation by anatomical dissection study.

Results

Stage 1.1: Analysis of 28 hips in 14 volunteers. Average height 1.71m (+/- 0.09; 1.55-1.84) and mean BMI 21.43 kg/m² (+/- 2.22; 17.78-24.69). In all cases a complete supra-acetabular display was conducted. $k = + 1$ (complete agreement). Mean ASIS in sagittal plane 1.42cm (+/- 0.39; 0.8-2.43) and 0.94cm (+/- 0.25; 0.57-1.76) in the coronal; positive correlation between coronal plane size and height ($r=0.40$) and ICC=0.95 (95% from 0.89 to 0.98; $p < 0.001$).

Stage 1.2: Analysis of 148 hips in 74 patients, with a mean age of 62 years. Mean height of 1.70cm (+/- 0.1, 1.48 to 1.91) and mean BMI 25.95 kg/m² (+/- 4.81; 15.62 to 39.71).

Stage 2: 14 ultrasound-guided supra-acetabular half-pins were placed in 7 cadaveric specimen pelvises. Excellent placement in all cases, evaluated with radiological control. Good qualitative bone fixing after dissection. There was one femoral cutaneous nerve injury.

Conclusion

Ultrasound-guided supra-acetabular half-pin placement is a feasible and effective technique. Studies to date indicate that placement without intraoperative radiology is feasible without compromising the reliability of its placement. Future studies are needed, although the application of this new technique in clinical practice of our centre brings encouraging results.

Descriptors: pelvis, pelvic bones, ultrasonography

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. La pelvis	4
1.1.1. Recuerdo anatómico	4
1.1.2. Clasificación de la fractura de pelvis	6
1.1.3. Tratamiento de la fractura de pelvis	10
1.1.4. Fichas supra-acetabulares	19
1.1.5. Técnica habitual de colocación de fichas supra-acetabulares bajo control fluoroscópico	21
1.2. La ecografía	24
1.2.1 Principios físicos	24
1.2.2 Componentes del ecógrafo	26
1.2.3 Conceptos básicos en ecografía	27
1.2.4 Aplicación clínica de la ecografía en Cirugía Ortopédica y Traumatología	31
1.2.5. Disponibilidad de la ecografía en Cirugía Ortopédica y Traumatología	32
2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	33
2.1. Justificación.....	34
2.2. Hipótesis	35
2.3. Objetivos	36
3. MATERIAL Y MÉTODOS	37
3.1. Diseño del estudio.....	38
3.2. Población estudiada	38
3.3. Variables analizadas	40
3.4. Identificación de las estructuras anatómica pélvicas mediante ecografía.....	41
3.5. Técnica de colocación de fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico.	48
3.6. Análisis estadístico.....	57
4. RESULTADOS.....	58
4.1. Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en sujetos sanos.....	59
4.1.1. Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en voluntarios sanos. Reproducibilidad inter-observador y variabilidad intra-observador.	59
4.1.2. Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en pacientes sin patología pélvica	62

4.2. Precisión de la implantación de fichas supra acetabulares guiadas por ecografía.	63
5. DISCUSIÓN	68
5.1. Exposición a radiación en la cirugía percutánea.....	69
5.2. Identificación de la anatomía y experiencia del explorador.	70
5.3. Implantación correcta de las fichas supra-acetabulares.	71
5. 4. Complicaciones de la técnica de implantación de fichas supra- acetabulares.	73
5.5. Ventajas del uso de la ecografía frente a la radiología intraoperatoria.	81
5.6. Limitaciones del estudio.....	83
6. CONCLUSIONES	85
7. REFERENCIAS.....	87
8. ANEXOS	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Tile y Pennal para las fracturas de pelvis	9
Tabla 2. Opciones terapéuticas según el tipo de fractura pélvica	13
Tabla 3. Valor de la espina iliaca antero inferior (EIAI) en plano sagital y coronal de catorce voluntarios sanos en dos mediciones realizadas por el mismo investigador en días no consecutivos.	61
Tabla 4. Región supra-acetabular en pacientes: datos demográficos y medición de la espina iliaca antero inferior.....	62

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Lesión pélvica en función de la dirección de la fuerza aplicada	7
Figura 2. Configuración de fijador externo de pelvis supra-acetabular	14
Figura 3. Imagen de fijador externo de pelvis: fichas supra-acetabulares, montaje con una barra	16
Figura 4. Protocolo de manejo del paciente politraumatizado	19
Figura 5. Representación gráfica de la visión del punto de entrada recomendado en una proyección obturatriz de pelvis	22
Figura 6. Representación gráfica de la dirección de la ficha supra-acetabular	23
Figura 7. Diagrama de flujo de pacientes incluidos y excluidos en las diferentes etapas del estudio	40
Figura 8. Ecógrafo M-Turbo® ultrasound system (Sonosite®; Fujifilm®)	42
Figura 9. Representación gráfica de estructuras visualizadas en proyección antero-posterior de pelvis	42
Figura 10. Referencias anatómicas a visualizar en la exploración de región supra-acetabular	43
Figura 11. Medición de la EIAI en el plano sagital: transductor paralelo a la línea que une EIAS-EIAI	44
Figura 12. Representación esquemática de la visión en el plano sagital	44
Figura 13. Medición de la EIAI. Visión en el plano sagital	45
Figura 14. Medición de la EIAI en el plano coronal: transductor perpendicular a la EIAI	46

Figura 15. Representación esquemática de la visión en el plano coronal	46
Figura 16. Medición en la EIAI. Visión en plano coronal	47
Figura 17. Detalle de la introducción de fichas en cadáver	49
Figura 18. Punto de entrada para la introducción de la ficha	50
Figura 19. Detalle de la introducción de fichas en cadáver	51
Figura 20. Detalle de colocación de la ficha supra-acetabular.....	52
Figura 21. Detalle la ficha supra-acetabular tras su colocación. Visión lateral	53
Figura 22. Detalle la ficha supra-acetabular tras su colocación. Visión anteroposterior	53
Figura 23. Colocación de la ficha en la EIAI. Visión en plano sagital	54
Figura 24. Comprobación del punto de entrada correcto a 6mm de la EIAI. Visión en plano coronal.	54
Figura 25. Proyección intraoperatoria de la lágrima supra-acetabular	56
Figura 26. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra- acetabular implantada	64
Figura 27. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra- acetabular implantada	64
Figura 28. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra- acetabular implantada	65
Figura 29. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra- acetabular implantada	65
Figura 30. Control de escopia, proyección anteroposterior con ficha supra- acetabular implantada	66

Figura 31. Control de escopia, proyección obturatriz con ficha supra-acetabular implantada	66
Figura 32. Detalle del nervio femorocutáneo íntegro tras la colocación de la ficha supra-acetabular en cadáver	67
Figura 33. Detalle de la relación de ficha supra-acetabular con la articulación de la cadera tras la disección en cadáver	72
Figura 34. Detalle anatómico de la relación del nervio femorocutáneo y la ficha supra-acetabular	75
Figura 35. Detalle anatómico del trayecto del nervio cutáneo femoral lateral durante la colocación de la ficha.....	76
Figura 36. Detalle anatómico del trayecto del nervio cutáneo femoral lateral durante la colocación de la ficha.....	78
Figura 37. Visualización de la articulación coxofemoral en ecografía	79
Figura 38. Visualización de la articulación coxofemoral en relación a la ficha supra-acetabular en ecografía. Visión coronal	80

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ATLS: Advance Trauma Life Support

CCI: Coeficiente de correlación intraclase

EIAI: Espina iliaca antero inferior

EIAS: Espina iliaca antero superior

FE: Fijación externa

IMC: Índice de masa corporal

LFCN: Nervio femorocutáneo lateral

RAFI: Reducción abierta y fijación interna

TÍTULO

Utilidad de la ecografía en la colocación de las fichas supra-acetabulares en ostoetaxos pélvicos.

1. INTRODUCCIÓN

La fractura de pelvis representa entre el uno y el tres por ciento de todas las fracturas (1), y únicamente el 13% de éstas se producen como lesiones aisladas (2). Suele ser consecuencia de mecanismos de alta energía, como accidentes de tráfico o caídas desde altura, siendo su incidencia de hasta el 20% en pacientes politraumatizados (3). Actualmente constituyen la tercera causa de muerte en los accidentes de tráfico, precedidas en orden de frecuencia por las lesiones del sistema nervioso central y las lesiones torácicas, siendo una situación singular en el ámbito de la Traumatología, ya que no sólo pone en riesgo la funcionalidad del paciente, sino también su vida.

Generalmente se presenta como una fractura inestable en el contexto de un paciente politraumatizado. Estas lesiones pueden producir, o asociarse a otras lesiones por el mecanismo lesional, una inestabilidad hemodinámica del paciente, situación en la que se precisa un tratamiento rápido y efectivo para evitar un desenlace fatal. El tratamiento más eficaz actualmente para estabilizar hemodinámicamente al paciente es la reducción de la fractura, ya que al restaurar la anatomía del retroperitoneo se produce un efecto de taponamiento, que se traduce en recuperación de la estabilidad hemodinámica y aumento de la supervivencia (4). En estas situaciones es necesario una cirugía de control de daños.

Históricamente las fracturas de pelvis han supuesto un problema diagnóstico y terapéutico. Antes de la década de los años 80 del siglo pasado se trataban de manera ortopédica y en general con resultados poco satisfactorios (5). Desde los años 80 en adelante los resultados mejoraron notablemente gracias a la aplicación de tratamientos más agresivos. Trabajos

clásicos de autores como Peltier (6), Penal (7) o Tile (8, 9) ofrecieron una visión más estructurada del tratamiento de estas lesiones, y en los años posteriores se desarrollaron nuevas técnicas quirúrgicas y tecnologías. Sin embargo, la información existente actualmente sobre la evolución del paciente es limitada (10), ya que no hay suficiente bibliografía científica que aporte información fiable sobre los resultados funcionales del tratamiento de estas fracturas (11) y algunos pacientes no consiguen una recuperación adecuada (5).

1.1. La pelvis

1.1.1. Recuerdo anatómico

La pelvis es un complejo óseo de estructura tridimensional en forma de anillo, que protege las vísceras abdominales y aporta estabilidad estructural, rotacional en el plano horizontal y de carga en el plano vertical. La pelvis está formada por los dos huesos ilíacos, unidos en su parte anterior por la sínfisis del pubis; y el sacro, al cual se unen en su parte posterior mediante las articulaciones sacroilíacas. El hueso ilíaco está formado por la unión de los huesos ilion, isquion y pubis en su parte externa a nivel del acetábulo (10).

El anillo pélvico tiene una estabilidad ósea inherente (5), y su integridad estructural se ve reforzada por la presencia de ligamentos de conexión anteriores y posteriores que se oponen a las fuerzas deformantes. Aunque es difícil determinar la contribución específica de cada estructura ligamentosa (5), se considera que los más relevantes son los ligamentos sacroilíacos posteriores, sacrotuberosos, sacroespinosos y ligamentos de la sínfisis del pubis (12).

Las vísceras que protege el anillo pelviano son el sistema genitourinario (vejiga, uretra y porción terminal de los uréteres), sistema genital interno (próstata en varones y útero en mujeres) y parte del sistema digestivo (sección terminal del intestino grueso y recto).

Existe un complejo sistema vascular para la vascularización ósea y visceral. Las principales arterias son las dos ilíacas internas o hipogástricas, ramas de la arteria ilíaca común, que se bifurcan en una rama anterior y otra posterior, dando múltiples divisiones posteriores para irrigar las estructuras contenidas en la pelvis (músculos y vísceras pélvicas), genitales externos y

parte de la musculatura de la extremidad inferior. Existen también en la pelvis dos arterias impares: la arteria sacra media, rama terminal de la aorta; y la arteria rectal superior, rama terminal de la arteria mesentérica inferior (10).

Los elementos nerviosos del anillo pélvico incluyen el plexo lumbosacro, que tiene unas relaciones relativamente constantes con los elementos pélvicos. La parte lumbar del plexo es una estructura anatómicamente abdominal, mientras que la parte sacra es una estructura pélvica que se forma en la concavidad del anillo y descansa sobre la parte anterolateral del sacro, discurriendo hacia el inferior de la pelvis hasta pasar por la escotadura ciática mayor en su recorrido hacia los miembros inferiores (10).

Con la fractura de pelvis, además de las posibles lesiones viscerales, se origina un sangrado procedente de tres orígenes: óseo, arterial y venoso. Es importante conocer las relaciones anatómicas para poder establecer una correlación entre el tipo de fractura pélvica y la posible lesión vascular. Se estima que el sangrado arterial se produce en alrededor del 10% de los casos, mientras que el sangrado desde los focos de fractura y desde el plexo venoso sacro son más frecuentes, por lo que el control del sangrado venoso parece más prioritario que el arterial en estos pacientes (13).

1.1.2. Clasificación de la fractura de pelvis

La extensión de la lesión en la pelvis depende del mecanismo lesional, combinando: intensidad, dirección y localización de la fuerza aplicada (5). Atendiendo a estas características, las fracturas de pelvis se pueden clasificar según la intensidad del mecanismo lesional o según la dirección de la fuerza aplicada (14).

1. Intensidad o magnitud

El tipo de lesión del anillo pélvico es diferente según que el traumatismo sea de baja o de alta energía.

Los traumatismos de baja energía producen lesiones que generalmente no comprometen la integridad de la estructura del anillo pélvico. Suelen producir fracturas de huesos aislados (incluyendo lesiones por avulsión de las espinas iliacas o tuberosidad isquiática), típicas de individuos jóvenes; o fracturas simples del anillo (rotura del anillo en un punto), generalmente a nivel de las ramas del pubis, frecuente en ancianos por caídas desde su propia altura.

Los traumatismos de alta energía producen una lesión ósea mayor, capaz de comprometer la estabilidad del anillo pélvico en diferentes planos. Estas lesiones frecuentemente se asocian a lesiones de tejidos blandos y viscerales.

2. Dirección de la fuerza aplicada

Las direcciones principales de una fuerza que actúa, sola o de manera combinada, sobre el anillo pélvico son: compresión lateral, compresión anteroposterior y cizallamiento vertical (5).

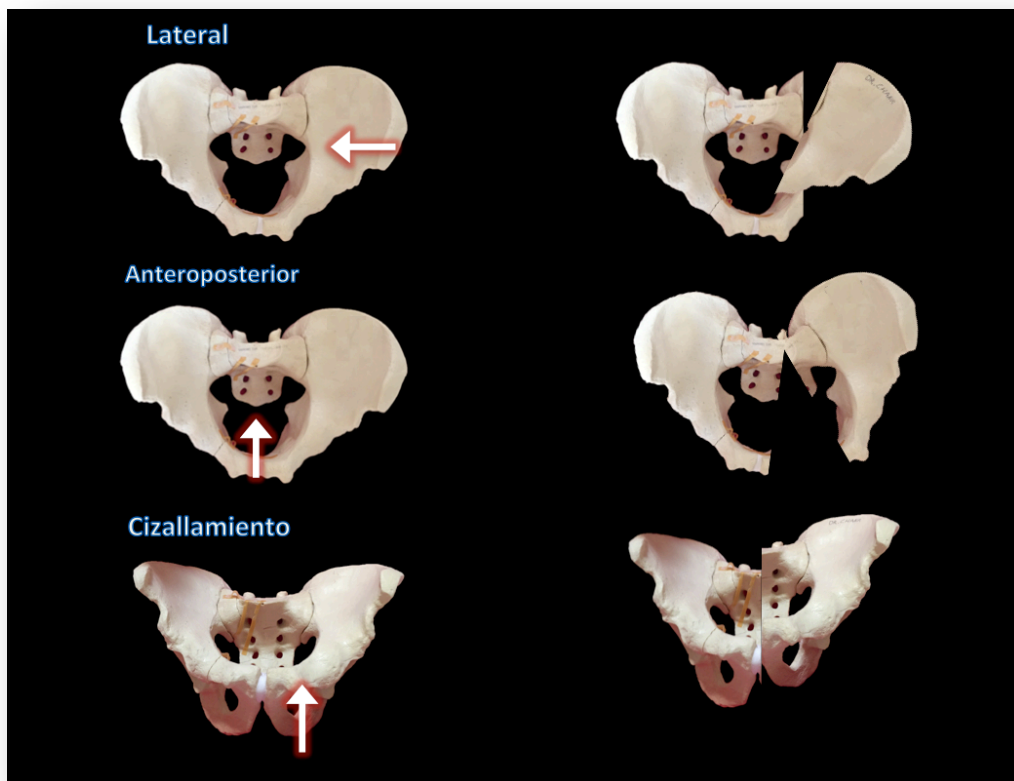


Figura 1. Lesión pélvica en función de la dirección de la fuerza aplicada.

Las fuerzas de compresión lateral producen un fenómeno de colapso del anillo. A nivel anterior, rotación interna del hueso ilíaco con patrón de fractura transversa, y a nivel posterior, compresión del sacro, pudiendo acompañarse de lesión ligamentosa de la articulación sacroilíaca. La magnitud de la deformidad en rotación interna y el grado de inestabilidad

rotacional depende de la lesión sufrida con el complejo sacroilíaco posterior (5).

Las fuerzas de compresión anteroposterior lesionan estructuras anteriores del anillo, produciendo una rotación externa de la hemipelvis lesionada (5), ocasionando un fenómeno de apertura de la pelvis. Este patrón fractuario se denomina “en libro abierto”, con una rotación externa de uno o ambos ilíacos, ocasionando una inestabilidad rotacional de la pelvis.

Las fuerzas de cizallamiento o compresión vertical, se producen por transmisión de fuerzas a través de los miembros inferiores en extensión, o por transmisión de fuerzas en dirección craneocaudal a través de la columna vertebral (15), frecuentes en caídas desde altura. Esto produce una disrupción del anillo a nivel anterior (sínfisis púbica o ramas) y un desplazamiento vertical por lesión posterior (fractura del sacro o fracaso de la articulación sacroilíaca), que se traduce en una rotura extensa de las partes blandas y una desplazamiento notable de las estructuras óseas (5), presentado inestabilidad global y pudiendo desplazarse en cualquier plano.

3. Sistemas de clasificación

Se han elaborado distintos sistemas de clasificación. Los más relevantes son los que combinan la magnitud y dirección de la fuerza aplicada, donde destacan la clasificación de Tile-Pennal y la de Young-Burgess. Actualmente la más utilizada por la mayoría de cirujanos es la de Tile-Pennal (8) que clasifica las fracturas según la pérdida de integridad del anillo pélvico y la presencia de inestabilidad, tanto en el plano rotacional como

vertical (tabla 1). Es una clasificación pronóstica y terapéutica que combina patrones direccionales de disrupción pélvica con las imágenes radiológicas.

Clasificación de Tile y Pennal para las fracturas de pelvis

Tipo A Estables

- A1** Fracturas que no afectan al anillo, avulsiones.
- A2** Desplazamiento mínimo, estables pero afectan al anillo.
- A3** Fracturas transversas de cóccix y sacro.

Tipo B Rotacionalmente inestables, verticalmente estables

- B1** Fracturas en libro abierto.
- B2** Fracturas por compresión lateral, homolaterales.
- B3** Lesiones tipo B bilaterales.

Tipo C Rotacional y verticalmente inestables

- C1** Unilaterales.
- C2** Bilateral: un lado tipo C el otro tipo B.
- C3** Tipo C bilateral.

Tabla 1. Clasificación de Tile y Pennal para las fracturas de pelvis (16)

1.1.3. Tratamiento de la fractura de pelvis

El objetivo principal del tratamiento es la reducción y estabilización de la fractura, siendo de vital importancia la valoración de la inestabilidad hemodinámica que ésta pueda generar.

Los objetivos secundarios incluyen:

- Restauración de la anatomía ósea.
- Control analgésico.
- Recuperación y movilización precoz del paciente.

Históricamente el tratamiento de estas fracturas ha consistido en reposo absoluto con tracción de los miembros inferiores, suspensión en hamaca o sujeción con bandas circulares (17). Hasta la publicación de los trabajos de Tile no se tuvo en cuenta el mecanismo lesional ni la inestabilidad de la fractura, así como la realización de un tratamiento temporal o definitivo de las mismas (8).

En el tratamiento de la fractura de pelvis tenemos que diferenciar en dos momentos diferentes en el tiempo: el tratamiento inicial cuando el paciente ingresa en el Servicio de Urgencias, donde se realiza un tratamiento temporal; y el tratamiento definitivo de la fractura.

A. Tratamiento temporal

Existen múltiples opciones de tratamiento. Cuando el paciente ingresa en el Servicio de Urgencias se tiene que valorar la estabilidad hemodinámica,

las posibles comorbilidades del paciente y el tipo de fractura que presente. Combinando estos elementos se elige una u otra opción, realizando un tratamiento que no interfiera posteriormente con el tratamiento definitivo de la fractura.

La tracción de los miembros inferiores puede ser útil en el caso de segmentos verticalmente inestables, aunque este tratamiento tiene escasa utilidad como opción definitiva y está relegado a casos de pacientes que no pueden soportar una intervención quirúrgica (18).

Los pacientes con una fractura inestable asociada a inestabilidad hemodinámica necesitan una estabilización provisional de la pelvis. El método más utilizado para el tratamiento inicial es la compresión circunferencial con una sábana o el cinturón pélvico prefabricado (19). Una vez el paciente ingresa en el Servicio de urgencias, el tratamiento temporal del paciente se realiza mediante el uso de un osteotaxo (fijador externo) o un C-Clamp.

La fijación externa es un tratamiento capaz de estabilizar fracturas en rotación externa (lesiones del anillo anterior, patrón en libro abierto), aunque no controla desplazamientos verticales ni posteriores en disrupciones completas del anillo (fracturas tipo C). Se usa principalmente en las fracturas tipo B de Tile, siendo de máxima utilidad para el control de la hemorragia al disminuir el volumen pélvico. Está indicado en las fracturas con inestabilidad rotacional, pero no logra estabilizar la pelvis en los casos de disrupción del anillo posterior, que asocian inestabilidad vertical.

El uso del C-Clamp para el control de la estabilidad de la pelvis posterior todavía no ha demostrado superioridad sobre otras técnicas,

además limita el uso de tornillos iliosacros por comprometer el abordaje y tiene una alta tasa de lesiones iatrogénicas (20, 21).

Actualmente el tratamiento quirúrgico temporal de elección es la fijación externa (22).

B. Tratamiento definitivo de la fractura

El tratamiento definitivo de la fractura se puede realizar de manera conservadora o quirúrgica, en función del patrón fractuario al que nos enfrentemos.

B.1. Tratamiento conservador

En las fracturas estables (tipo A de Tile) se debe realizar tratamiento conservador, con reposo relativo del paciente. Hace años se utilizaron los pantalones neumáticos *antishock*, un sistema ideado para prevenir el colapso circulatorio. Se han descrito casos en los que con su uso se pueden desplazar determinadas fracturas. Además, los pantalones neumáticos *antishock* dificultan el acceso al paciente, su exploración física y en ocasiones pueden interferir con la ventilación pulmonar debido a la compresión abdominal (4). Por ello actualmente se desaconseja su uso y se recomienda el tratamiento conservador.

B.2. Tratamiento quirúrgico

En las fracturas inestables (tipos B y C de Tile) se recomienda actualmente el tratamiento quirúrgico. Las distintas opciones quirúrgicas se muestran en la tabla 2, y consisten en (8, 23, 24):

- Fijación externa.
- Reducción abierta y fijación interna.
- Fijación interna por medio de técnicas percutáneas.

Tipos de fractura de pelvis	Estabilización
Tipo A Estables	No requiere
Tipo B Rotacionalmente inestables Verticalmente estables	
B1 Fracturas en libro abierto. - Sínfisis abierta < 2 cm. - Sínfisis abierta > 2 cm.	No requiere FE ¹ u RAFI ² de la sínfisis.
B2 Fracturas por compresión lateral, homolaterales.	No precisa
B3 Lesiones tipo B bilaterales. - Si deformidad >1.5 cm.	FE ¹ o RAFI ²
Tipo C Rotacional y verticalmente inestables	FE ¹ + RAFI ² +/- tracción esquelética

Tabla 2. Opciones terapéuticas según el tipo de fractura pélvica

¹ FE: fijador externo

² RAFI: reducción y fijación interna

B.2.1. Fijación externa

Este tratamiento se puede utilizar de manera temporal o como tratamiento definitivo (4), aunque proporciona menos estabilidad biomecánica que la osteosíntesis (fijación interna) (5).

El fijador externo es un sistema de fijación ósea mediante un montaje externo al cuerpo que se conecta a los fragmentos óseos por una ficha o pin. El fijador externo consta básicamente de tres componentes: fichas (pines), barras y rótulas (figura 2).

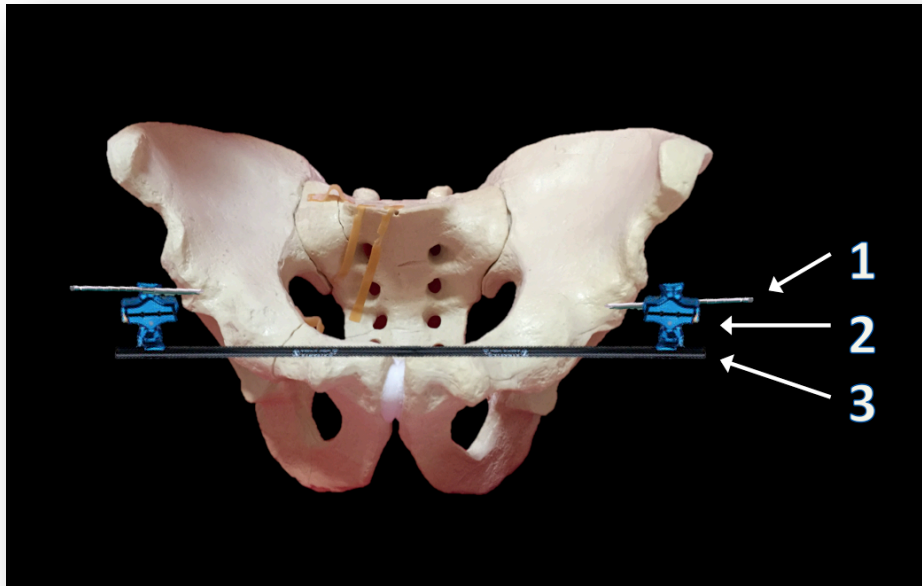


Figura 2. Configuración de fijador externo de pelvis supra-acetabular.

- ¹ Pin (ficha) en localización supra-acetabular.
- ² Rótula.
- ³ Barra.

La colocación combinada de estos tres componentes en diferentes posiciones permite múltiples configuraciones que se adaptan a las necesidades del cirujano para reducir la fractura en función del patrón de la misma. Diversos estudios han analizado la rigidez y capacidad de estabilización de los diferentes montajes (24-26), que varía en función de la localización de los pines y la configuración de las barras, siendo las rótulas un elemento de conexión entre ambos elementos.

Las fichas o pines se utilizan principalmente en dos localizaciones: cresta iliaca y reborde supra-acetabular. La colocación en la cresta iliaca es

una técnica quirúrgica de baja complejidad, por la fácil palpación de la misma, incluso en pacientes obesos (27). La colocación supra-acetabular es técnicamente más compleja, ya que requiere mayor habilidad por parte del cirujano y control fluoroscópico de su colocación. No obstante, la colocación supra-acetabular ofrece una fijación más estable que la localización en cresta ilíaca (28, 29) y debido a sus ventajas se considera actualmente la técnica de elección o *gold standard* (23).

Las barras se pueden colocar en diferentes configuraciones geométricas (barra simple, doble barra). La configuración en doble barra puede ser útil cuando es necesaria una cirugía abdominal en la que la presencia del fijador pueda dificultar el acceso, puesto que se puede retirar o ajustar una barra mientras se mantiene la estabilidad con la otra, pasando a una configuración más simple cuando ya no sea necesario. Varios estudios recientes han analizado la estabilidad de los montajes con una o dos barras, llegando a la conclusión que no parece necesario el uso de montajes complejos o muy elaborados, ya que no aportan mayor estabilidad que una configuración con barra simple (figura 3) (23, 24, 30).

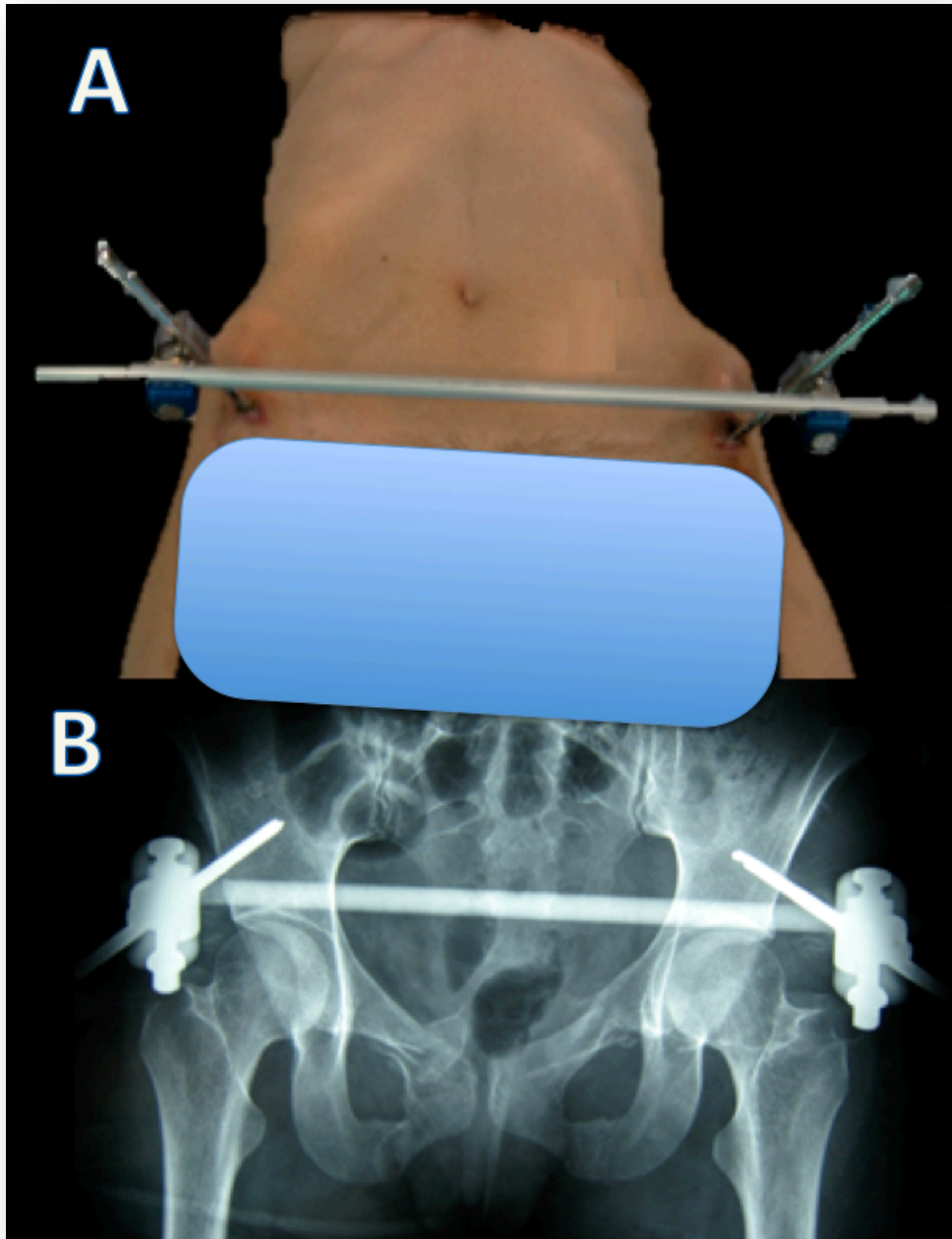


Figura 3. Imagen de fijador externo de pelvis: fichas supra-acetabulares, montaje con una barra.

^A Imagen clínica.

^B Imagen radiológica.

B.2.2. Fijación interna

La reducción abierta y fijación interna (RAFI) u osteosíntesis es el tratamiento definitivo que aporta mayor estabilidad biomecánica (5). Se puede realizar con una o más placas, anteriores o posteriores, tornillos iliosacros, o combinaciones de estos elementos. Para la elección del tipo de osteosíntesis adecuada se deben tener en cuenta determinados aspectos como tipo de fractura, situación general del paciente, lesiones acompañantes, obesidad, medios técnicos, habilidad y experiencia del cirujano.

En las fracturas tipo C, con inestabilidad rotacional y vertical, es útil la combinación de fijación de la pelvis anterior (mediante fijadores externos u osteosíntesis) con fijación de la pelvis posterior (osteosíntesis abierta o técnicas percutáneas como los tornillos iliosacros). Esa indicación viene dada por estudios biomecánicos que muestran que los marcos anteriores solos no aportan suficiente estabilidad para permitir la carga precoz en disrupciones bilaterales del anillo o en las inestabilidades concurrentes anteriores y posteriores (20, 25).

B.2.3 Técnicas percutáneas

En los últimos años se están desarrollando técnicas percutáneas, como los fijadores internos anteriores subcutáneos (31), que combinan los conceptos de fijación interna y externa, permitiendo una estabilización pélvica anterior definitiva sin las complicaciones del tratamiento prologando con una fijación externa.

C. Tratamiento coadyuvantes

La hemorragia es la complicación más grave asociada a las fracturas de pelvis (13).

Existe una relación entre el patrón radiológico de la fractura y el riesgo de lesión vascular asociada. La lesión de un vaso arterial intra-pélvico debe sospecharse cuando no consigue restablecer la estabilidad hemodinámica con la reducción y estabilización de la fractura, mediante el tratamiento con fijación externa. En estos casos está indicada la realización de una arteriografía, para detectar el punto sangrante y eventualmente embolizar de manera selectivamente los puntos de sangrado activo.

En la situación del paciente politraumatizado hay que descartar además otros posibles focos de origen del shock (sangrado digestivo, lesiones de vísceras abdominales, etc.). Para el manejo del paciente politraumatizado, las guías recomiendan aplicar el protocolo *Advance Trauma Life Support* (ATLS) (4, 5) como se muestra en el algoritmo de la figura 4.

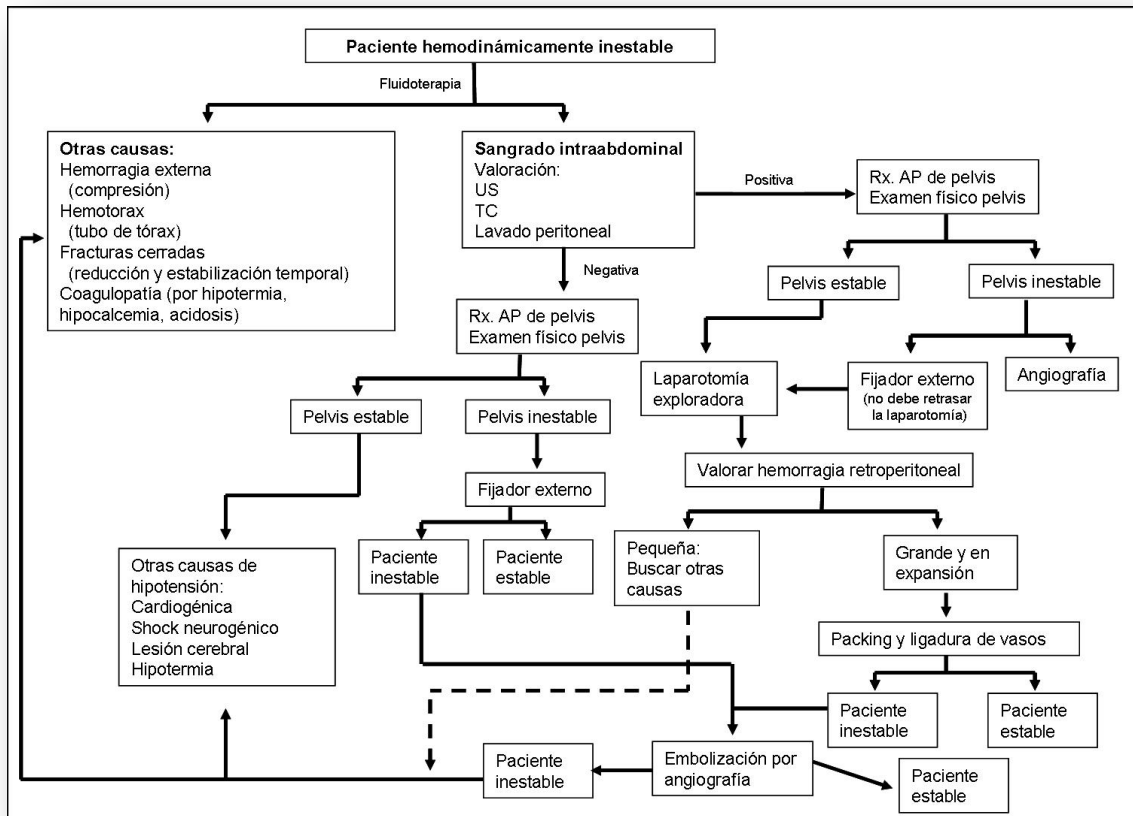


Figura 4. Protocolo de manejo del paciente politraumatizado (Modificado de Kyle Dickson et. al, *OTA Basic fracture course* 1999) (4)

1.1.4. Fichas supra-acetabulares

Las fichas en localización supra-acetabular es la opción con mejor relación riesgo-beneficio para implantar un fijador externo de pelvis. Con la localización supra-acetabular de las fichas se consigue mayor estabilidad que con otras localizaciones (29), aunque es importante conocer que la sujeción biomecánica que proporcionan las fichas no depende sólo de su localización, sino también de otros factores, como la calidad del hueso y el tipo de ficha utilizada.

Las principales causas de aflojamiento de las fichas son el estrés cíclico y la infección, llegando en algunas series incluso hasta el 33% (29). Rubel (32) estudió la sujeción biomecánica de las diferentes opciones, obteniendo que hasta 47% de los tornillos en la cresta ilíaca estaban pobremente sujetos. Este autor utiliza el marco de Hannover (ficha única supra-acetabular) con el que consigue una importante fijación entre la ficha y el hueso, obteniendo mayor resistencia a las fuerzas de expansión, y mayor brazo de palanca al presentar una zona de agarre de mayor espesor, permitiendo una mejor manipulación de la pelvis para su reducción (32) .

Otras ventajas que ofrece la colocación supra-acetabular de las fichas frente al resto de opciones son: (i) eficiencia, ya que el número de componentes necesarios (2 pines, 2 rótulas y una barra) para obtener un montaje estable es menor que con la colocación en cresta iliaca, (ii) no interfiere con futuros abordajes quirúrgicos (vías clásicas de abordaje para RAFI de pelvis ni cirugía abdominal), y (iii) cobertura de partes blandas, obteniendo una tasa de complicaciones infecciosas esperable inferior que con la técnica de fichas en cresta iliaca.

Entre sus inconvenientes cabe destacar: (i) la necesidad de una curva de aprendizaje larga y personal experimentado y (ii) la recomendación de su colocación bajo control fluoroscópico. Una potencial complicación es la lesión del nervio femorocutáneo en su trayecto cercano a la espina iliaca anterosuperior (EIAS). Clásicamente se describen lesiones de este nervio hasta en el 13 % de los casos (33, 34), aunque autores como Surucu y cols, realizaron un estudio de 5 especímenes cadavéricos y no encontraron lesiones en ningún caso (35).

1.1.5. Técnica habitual de colocación de fichas supra-acetabulares bajo control fluoroscópico

Se coloca al paciente en decúbito supino sobre una mesa radiotransparente, y se realiza el procedimiento bajo anestesia general.

La espina ilíaca anteroinferior (EIAI) se localiza mediante palpación manual, o bajo control fluoroscópico en pacientes con gran panículo adiposo. Una vez localizada la EIAI se realiza a ese nivel una incisión en la piel con bisturí, en dirección transversal, y se procede a la disección roma de las partes blandas con un mosquito, en dirección longitudinal, hasta llegar al hueso.

Se localiza la EIAI y se coloca la ficha inmediatamente inferior a la EIAI, que será el punto de inserción (figura 5). Este punto de comprueba mediante fluoroscopia, con proyecciones anteroposterior (AP), *inlet* o de entrada, *outlet* o de salida, proyecciones alar y obturatriz; modificándolo si fuera necesario. Una vez confirmado el punto de inserción, con la propia ficha se establecen los límites lateral y medial del hueso, y se procede a la introducción llevando una dirección de 20 grados medial en el plano sagital, y 70 a 80 grados en dirección craneal (figura 6).

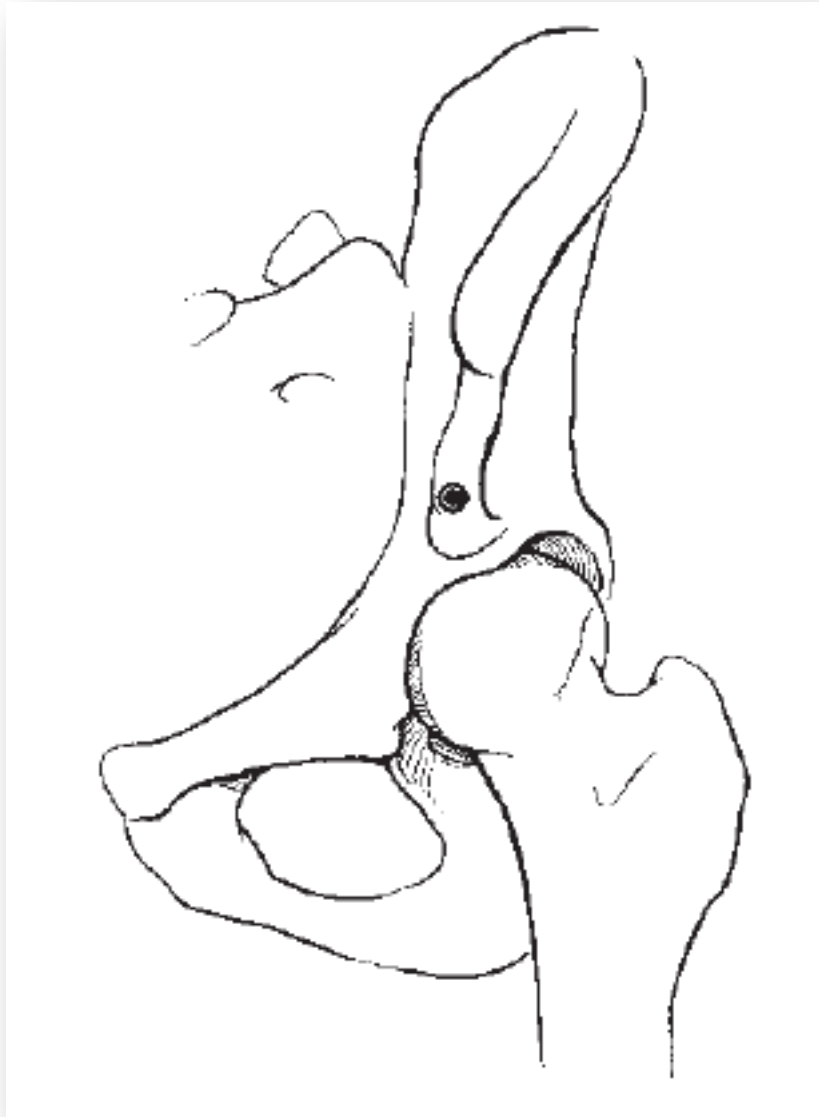


Figura 5. Representación gráfica de la visión del punto de entrada recomendado en una proyección obturatriz de pelvis. Imagen tomada de Haidukewych y cols (25).

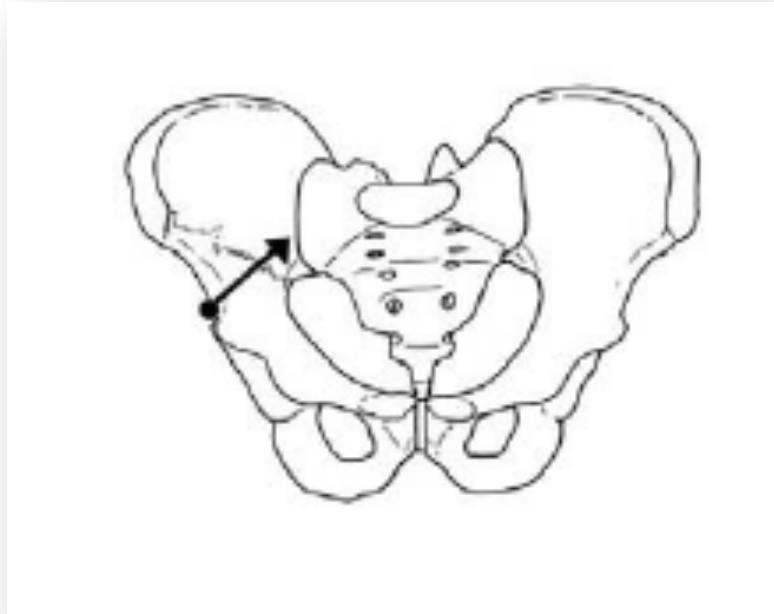


Figura 6. Representación gráfica de la dirección de la ficha supra-acetabular. Imagen tomada de Giannoudis y cols (36).

Se realiza control fluoroscópico en el proceso de introducción de la ficha, modificando su introducción si fuera necesario. Este proceso de repite en la hemipelvis contralateral. Una vez colocadas, se reducen la fractura con las maniobras necesarias, incluso utilizando las propias fichas a modo de “joystick” .

Después se procede al montaje del fijador, conectando las fichas a las barras mediante las rótulas. Con el montaje completo se procede a conseguir una reducción lo más anatómica posible y se deja fijado el dispositivo en esa posición.

1.2. La ecografía

La ecografía, también llamada ultrasonografía o ecosonografía, es una técnica de diagnóstico por imagen que emplea el ultrasonido para crear imágenes bidimensionales o tridimensionales dinámicas en tiempo real.

La utilización de la ecografía en el ámbito sanitario comenzó hace más de medio siglo, aunque no se generalizó su uso hasta los años 80 del siglo pasado, con la aparición de las sondas de alta frecuencia y de alta resolución. Actualmente la ecografía es una de las técnicas de diagnóstico por imagen más versátil y usadas en Medicina por su utilidad, accesibilidad, coste y seguridad, ya que no asocia efectos biológicos adversos (37). La amplia difusión de la ecografía en Traumatología ha originado que haya sido denominada por algunos autores como el “fonendoscopio del traumatólogo” (38).

1.2.1 Principios físicos (39)

Los principios físicos, que combinados nos permiten utilizar la ecografía como herramienta diagnóstica, son la impedancia acústica y el efecto piezoléctrico.

A. Impedancia acústica

Es la característica del medio que mide la oposición o inercia que ofrece a la propagación de una onda sonora. Lo que mide es la eficiencia con que la señal se propaga en un determinado tejido. Cuando se realiza la

emisión de un ultrasonido, este se propaga por un medio material al hacer vibrar sus partículas. El ultrasonido al propagarse va “encontrándose” elementos a su paso que según sus características hacen que parte de la energía del ultrasonido se absorba, parte se refracte, parte se disperse y parte se refleje en forma de eco, que es recibido y posteriormente interpretado.

B. El efecto piezoeléctrico

Es un fenómeno que se da en materiales con capacidad de modificar su forma cuando se les aplica un campo eléctrico, así como de generar potenciales eléctricos cuando son comprimidos. Los más habituales son los cristales de cuarzo o turmalita. Los cristales de cuarzo tienen la capacidad de deformarse mecánicamente al aplicarles un voltaje y transmitir esta vibración al medio. Los transductores piezoeléctricos aplicados sobre el cuerpo humano pueden transmitir pulsos de ultrasonidos y recibir ecos de los diferentes tejidos y órganos (40), transformando energía eléctrica en mecánica, y viceversa, mediante una línea de cristales con propiedades piezoeléctricas que se encargan de emitir la señal.

1.2.2 Componentes del ecógrafo

El ecógrafo se compone básicamente de tres elementos: transmisor, transductor y receptor.

- A. Transmisor: Es el componente que emite pulsos de energía eléctrica (voltaje) al transductor.
- B. Transductor: Es el componente que recibe los pulsos de energía, y debido a que contiene cristales con propiedades piezoeléctricas, puede transformar la energía eléctrica en ultrasonidos que emite al organismo; y viceversa, transformado ultrasonidos en energía eléctrica cuando recibe el eco de ultrasonido reflejado. Existen múltiples transductores que según su morfología, frecuencia, disposición de los cristales, ... obtendrán haces de ultrasonidos con distintas características.
- C. Receptor: Es el componente que genera las imágenes ecográficas a partir de la señal eléctrica recibida por el transductor.

Los ultrasonidos emitidos por el transductor al organismo necesitan, para que se produzca un eco, encontrarse con una interfase reflectora, es decir, dos tejidos adyacentes con distintas propiedades físicas. Cuanto mayor diferencia exista entre las impedancias acústicas de los tejidos que constituyen la interfase, se producirá mayor cantidad de energía reflejada o eco. La impedancia acústica de cada material consiste en el producto de su densidad por la velocidad de propagación del ultrasonido en dicho medio.

1.2.3 Conceptos básicos en ecografía

Cuando se realizan estudios con ecografía es importante saber interpretar la imagen que obtenemos, y saber modificar los parámetros de la misma para obtener los resultados buscados.

A. Interpretar la imagen (41)

Las señales proporcionadas por los ultrasonidos pueden representarse de distintas formas (40): amplitudes (modo A), brillo (modo B) o movimiento (modo M). En nuestro estudio, como en la mayoría de exploraciones ecográficas en el campo musculoesquelético, se utiliza la modalidad B, que se representa en una escala de grises. En este modo las diferencias de amplitud de las señales reflejadas se representan en variaciones en la intensidad o brillo, generando una imagen dos dimensiones (2D), de forma que las señales de mayor intensidad (tamaño del eco) se reflejan en color blanco, las de señal intermedia en escala de grises y la ausencia de señal en color negro.

Es importante conocer la nomenclatura ecográfica para poder interpretar los resultados obtenidos al aplicarla en el cuerpo humano (38):

- Interfase: Es la imagen formada entre dos tejidos próximos que tienen diferente impedancia acústica, determinada por su densidad y por su capacidad para propagar los ultrasonidos. En esta zona es donde se reflejan los ecos, que al ser procesados nos ofrecen la imagen ecográfica.

- Imagen anecoica: Ausencia de ecos, color negro. No existen interfase, se produce en los líquidos.
- Imagen hipoeicoica: La imagen tiene menos ecos que los tejidos que la rodean, escala de grises.
- Imagen hipereicoica: El tejido tiene muchas interfases en su interior, produciendo una imagen blanca, brillante. Se produce en las estructuras sólidas, como el hueso.

B. Modificar la imagen

Una de la principales desventajas de la ecografía es que es una técnica operador-dependiente, por lo que el ecografista debe ser personal entrenado que maneje los distintos parámetros del ecógrafo de forma que pueda obtener las imágenes necesarias con la calidad requerida.

Los parámetros que podemos modificar en el ecógrafo son los siguientes (42, 43):

A. Frecuencia y penetración

Los pulsos de corriente que llegan del generador al transductor hacen que este emita pulsos de ultrasonidos, de tal forma que el transductor no está emitiendo ultrasonidos de forma continua sino grupos de ciclos de ultrasonidos (pulsos). Lo que hace es alternar dos fases: emisión de ultrasonidos y recepción de ecos. La frecuencia con la que el generador produce impulsos eléctricos cada segundo se llama frecuencia de

repetición de pulsos (PRF) y es igual al número de veces que los cristales del transductor son estimulados por segundo. La PRF, por lo tanto, determina el intervalo de tiempo entre las dos fases: emisión y recepción de los ultrasonidos. Ese intervalo de tiempo debe ser el adecuado para que un pulso de ultrasonido alcance un punto determinado en profundidad, y vuelva en forma de eco al transductor antes de que se emita el siguiente pulso. Cuanto mayor es la frecuencia del haz de ultrasonido mayor es la resolución espacial (capacidad de discernir entre dos puntos próximos) aunque hay que tener en cuenta que a mayor frecuencia menos alcance de propagación en profundidad en los ultrasonidos, ya que al aumentar la frecuencia las partículas del medio por el que se propaga permanecen más tiempo vibrando y se produce mayor absorción del ultrasonido y por tanto menor eco. En el manejo del ecógrafo normalmente el ecografista maneja la frecuencia, no tanto como parámetro en si en la consola, sino mediante la elección del transductor adecuado: lineal o curvo. En nuestro estudio, como en la mayoría de exploraciones ecográficas en el campo musculoesquelético, será un transductor lineal que proporciona la imagen en formato rectangular con frecuencias altas de 7,5-10MHz, permitiendo alta resolución en poca profundidad.

La absorción del ultrasonido depende por tanto de su frecuencia (a mayor frecuencia, mayor absorción, y por tanto menor eco), del tiempo de relajación del medio (tiempo que necesita el medio para “relajarse” tras la vibración inducida por el ultrasonido y poder volver a ser estimulado por el ultrasonido) y de la viscosidad del medio. Cuando se produce absorción total del eco se produce el efecto de sombra acústica posterior, como se

produce en el hueso, ya que la mayoría del ultrasonido es absorbido y no queda ultrasonido suficiente como para generar ecos y por tanto obtener información de los tejidos por detrás del mismo.

B. Ganancia

La ganancia nos permite incrementar o reducir la cantidad de ecos representados que recibe el transductor. Se podría interpretar como el volumen de una radio: no cambia la información obtenida ni la modifica, sólo aumenta o disminuye su representación en escala de grises o color.

C. Foco o *focus*

El foco de un transductor es el punto en el eje central del haz de ultrasonidos que es equidistante, en tiempo, de todos los puntos de la superficie del transductor. Es decir, es el punto en el que el haz es más estrecho obteniendo mayor intensidad y resolución espacial. Los equipos de ultrasonidos tiene una distribución de la onda imperfecta y la ubicación del foco nos permite realzar la calidad de imagen de una sobre otras zonas, por lo que es interesante el modificarlo durante la exploración para hacer que coincida con el área de interés a visualizar.

1.2.4 Aplicación clínica de la ecografía en Cirugía Ortopédica y Traumatología

En la práctica clínica habitual, la ecografía ha sido utilizada desde más de 50 años, y actualmente es una de las pruebas de imagen más utilizadas (37), ofreciendo imágenes en directo a diferencia del resto de pruebas de imagen. Su utilidad en la cirugía ortopédica es un hecho contrastado (38, 44).

Las estructuras que fundamentalmente vamos a identificar y poder obtener imágenes en el estudio ecográfico del aparato locomotor son: tendones, músculos, ligamentos, bolsas sinoviales, nervios, cartílago articular y la cortical ósea. Además de visualizar las diferentes estructuras anatómicas, al ser una técnica dinámica nos permite realizar maniobras diagnóstico terapéuticas, como infiltraciones guiadas por ecografía (38).

El hueso es una estructura muy reflectante, por lo que no podremos visualizar mas allá de la cortical. Produce una gran impedancia acústica con relación a los tejidos vecinos, lo que nos permitirá identificarla fácilmente como una línea hiperecoica uniforme y definida.

Cuando la exploración se realiza en una persona musculada es necesario usar sondas de 2,5 a 5 MHz, aumentando la profundidad pero disminuyendo la resolución. Si la persona es de consistencia pícnica se podrán usar transductores lineales de 7,5 a 10 MHz para visualizar los tejidos (13).

1.2.5. Disponibilidad de la ecografía en Cirugía Ortopédica y Traumatología

Su uso en la evaluación de la patología músculo-esquelética data de los años 90 del siglo pasado (45), y ha se ha producido un desarrollo exponencial en los últimos años, debido a la aparición de equipos portátiles de buena calidad que han aumentado la disponibilidad en los hospitales. Este fenómeno ha provocado que muchos médicos, de diversas especialidades, se familiaricen con su uso, y actualmente programas de formación de patología quirúrgica de EEUU y Europa incluyen el entrenamiento ecográfico como herramienta diagnóstico-terapéutica (46).

Del mismo modo, la anestesia regional es una modalidad cada vez más utilizada, con disponibilidad de ecografía portátil en muchos quirófanos. Por este motivo, la aplicación de la ecografía en la colocación de fichas supra-acetabulares se traduce en la optimización de un recurso ya existente, y no la introducción de un elemento nuevo.

La ecografía intervencionista es una las principales aplicaciones de la ecografía musculo-esquelética, usándola como guía para aspiración, infiltración y biopsia sinovial (45), además de ser una herramienta muy útil para la evaluación de pacientes politraumatizados, por ser rápida, exacta y potencialmente coste-efectiva (47).

Durante los últimos años, se ha producido un aumento de cursos de Ecografía en el ámbito de la Cirugía Ortopédica y Traumatología, y a pesar de ser una técnica operador-dependiente, mediante la asistencia a cursos de formación los principiantes pueden completar un aprendizaje de manera rápida y eficiente (48).

2. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Justificación

Actualmente la técnica de elección para la reducción de la fractura de pelvis, consiste en la colocación de un fijador externo, por su sencillez, eficacia, y aporte de estabilidad, fundamentalmente en el plano rotacional en las fracturas tipo B de Tile (9). De las diferentes opciones disponibles para la colocación de las fichas del fijador externo, la localización supra-acetabular es la que proporciona mayor estabilidad biomecánica (24), la que presenta mejor relación riesgo-beneficio, la técnica más eficiente, la que necesita menos componentes, y ofrece mayor cobertura de partes blandas sin comprometer futuros abordajes quirúrgicos. Por ello se considera como la mejor técnica disponible para el tratamiento de las fracturas de pelvis (29).

La principal limitación de la técnica de fijación supra-acetabular es la necesidad de utilizar radioscopia intraoperatoria, con el consiguiente aumento del tiempo quirúrgico, y la exposición del paciente y personal sanitario a radiaciones ionizantes.

La actual difusión de la ecografía para su uso en la patología del Aparato Locomotor ha impulsado un desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas, que en nuestra opinión puede desplazar, dentro de los límites que ofrece la ecografía, al uso de la radiología convencional en el ámbito de la Cirugía Ortopédica y Traumatología.

No hemos encontrado referencias en la bibliografía médica sobre el uso de la ecografía para la colocación de fijadores externos, por lo que pensamos que su utilización para este fin puede abrir una puerta a futuros trabajos que

desarrollen una aplicación aún sin explorar, que elimina la exposición a radiaciones ionizantes X.

2.2. Hipótesis

Hipótesis nula (H0)

La colocación de fichas en la región supra-acetabular en un osteotaxo pélvico necesita un control radiológico para su correcto posicionamiento.

Hipótesis alternativa (H1)

La colocación de fichas en la región supra-acetabular en un osteotaxo pélvico puede realizarse correctamente y de forma segura bajo control ecográfico, sin necesidad de control radiológico.

2.3. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo de Tesis Doctoral es estudiar la utilidad de la ecografía pélvica para la correcta colocación de fichas en la región supra-acetabular en un osteotaxo pélvico.

Para ello se diseñó un estudio con los siguiente objetivos intermedios:

- 1- Comprobar si la ecografía permite explorar adecuadamente la región supra-acetabular.
- 2- Determinar la reproducibilidad inter-observador y la variabilidad intra-observador de la ecografía en el análisis de la región supra-acetabular.
- 3- Verificar indirectamente mediante estudio fluroscópico la precisión de la colocación de fichas supra-acetabulares guiadas por ecografía.
- 4- Verificar directamente mediante disección anatómica la precisión de la colocación de fichas supra-acetabulares guiadas por ecografía, así como la lesión potencial de las estructuras anatómicas adyacentes.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Diseño del estudio

Se diseñó un estudio analítico transversal unicéntrico, dividido en dos etapas.

En la primera etapa (Etapa 1) se realizó un estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en voluntarios sanos y en sujetos sin patología pélvica para comprobar la precisión de la visualización de la región anatómica y determinar la reproducibilidad inter-observador y la variabilidad intra-observador. Esta etapa se dividió en dos subetapas: la primera (Etapa 1.1) se realizó en voluntarios sanos y la segunda (Etapa 1.2) en pacientes sin patología pélvica previa.

En la segunda etapa (Etapa 2) se realizó un estudio experimental en cadáver para verificar la precisión de la colocación de fichas supra-acetabulares guiadas por ecografía

3.2. Población estudiada

En la etapa 1.1 se incluyeron catorce voluntarios sanos sin patología pélvica conocida ni antecedentes de intervención quirúrgica en la región pélvica (fracturas de pelvis, fracturas de extremo proximal de fémur). Se trataba de 10 de los 19 Médicos Internos Residentes de la especialidad de Cirugía Ortopédica y Traumatología del HGU Gregorio Marañón de Madrid, y 4 de los 10 estudiantes de sexto curso de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid que estaban realizando las prácticas en el Servicio de

COT del HGU Gregorio Marañón de Madrid entre el 1 y el 31 de Septiembre de 2013.

En la etapa 1.2 se realizó un cálculo de tamaño muestral, para una inferencia de resultados con intervalo de confianza al 95%, obteniéndose una muestra de 74 pacientes. Estos 74 sujetos se seleccionaron mediante tablas de números aleatorios entre todos los pacientes adultos, de ambos sexos, que ingresaron en el Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología de nuestro hospital, durante el periodo comprendido entre el 1 de Septiembre y el 31 de Diciembre de 2014, para tratamiento quirúrgico, urgente o programado, de problemas no relacionados con la pelvis y que dieron su consentimiento a participar en el estudio. Se excluyeron los pacientes con antecedentes de patología en la región pélvica, que hubiera requerido intervención quirúrgica (fracturas de pelvis, fracturas de extremo proximal de fémur) o fuese el motivo de ingreso en el hospital, ingreso en la Unidad de Fractura de Cadera de nuestro hospital. Inicialmente se seleccionaron de manera aleatoria 74 pacientes. Catorce de los 74 fueron excluidos: 12 pacientes rechazaron participar en el estudio y dos presentaban patología en la región pélvica (dos casos de fractura de extremo proximal de fémur), por lo que posteriormente se incluyeron de manera consecutiva 14 sujetos más que cumplían los criterios de inclusión y exclusión y que dieron su consentimiento a participar en el estudio.

En la etapa 2 se analizaron 14 hemipelvis procedentes de 7 cadáveres cedidos por Facultades de Medicina de Madrid para este estudio durante el periodo 1 de Enero de 2015 y 1 de Julio de 2015. Cuatro hemipelvis precedían de dos cadáveres en fresco cedidas para su estudio por la Facultad

de Medicina de la Universidad San Pablo CEU de Madrid. Las diez hemipelvis restantes procedían de cinco cadáveres preparados con técnica de Thiel (49) cedidas para su estudio por la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid.

El diagrama de flujo de sujetos incluidos y excluidos en las diferentes etapas del estudio se muestra en la figura 7.



Figura 7. Diagrama de flujo de sujetos incluidos y excluidos en las diferentes etapas del estudio.

3.3. Variables analizadas

En la etapa 1 (etapas 1.1 y 1.2) se recogieron para el análisis los datos demográficos (edad, sexo, talla, peso, IMC). Posteriormente se realizó la localización y medición mediante ecografía de la EIAI, como se explica en el apartado 3.4.

La variabilidad intra-observador del estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en voluntarios sanos sin patología pélvica se realizó repitiendo en días no consecutivos, la medición de los mismos parámetros, y posterior análisis estadístico de los datos obtenidos mediante una correlación intraclase (CCI).

La reproducibilidad inter-observador del estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en voluntarios sanos sin patología pélvica, se realizó estudiando de manera independiente la capacidad de visualizar las estructuras pélvicas por el doctorando y por un radiólogo experimentado del servicio de Radiodiagnóstico, analizando los datos mediante el coeficiente Kappa de Cohen (k) (50).

3.4. Identificación de las estructuras anatómica pélvicas mediante ecografía

Con el paciente en decúbito supino se identificó bajo control ecográfico (ecógrafo *M-Turbo® ultrasound system*, Sonosite®; Fujifilm®; figura 8) el límite medial y lateral de las siguientes referencias anatómicas: espina iliaca anterosuperior (EIAS), escotadura innominada, espina iliaca antero inferior (EAI), reborde acetabular y borde superior de la cabeza femoral (figuras 9 y 10).

Se realizó la medición mediante ecografía de la EAI en el plano sagital (transductor paralelo a la línea que une EIAS-EAI; figuras 11 y 12) y en el plano coronal (transductor perpendicular a la EAI, figuras 14 y 15) realizando la medición a 2 mm del borde superior de EAI (figura 16).



Figura 8. Ecógrafo M-Turbo® ultrasound system (Sonosite®; Fujifilm®).

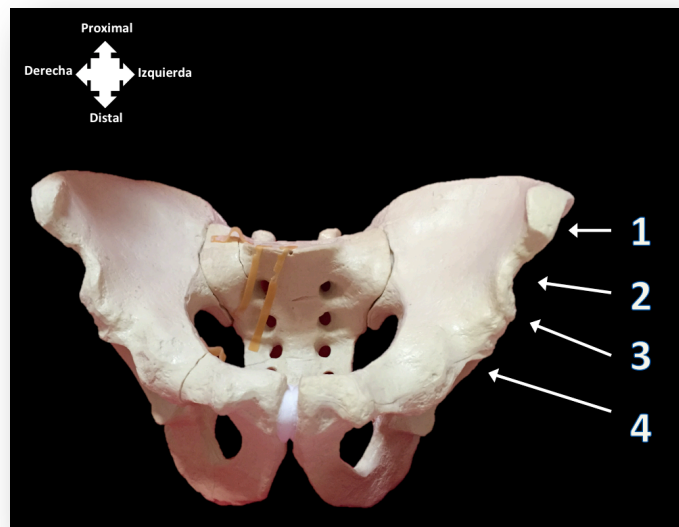


Figura 9. Representación gráfica de estructuras visualizadas en proyección antero-posterior de pelvis.

- 1 Espina iliaca antero superior
- 2 Línea innominada
- 3 Espina iliaca inferior superior
- 4 Reborde acetabular

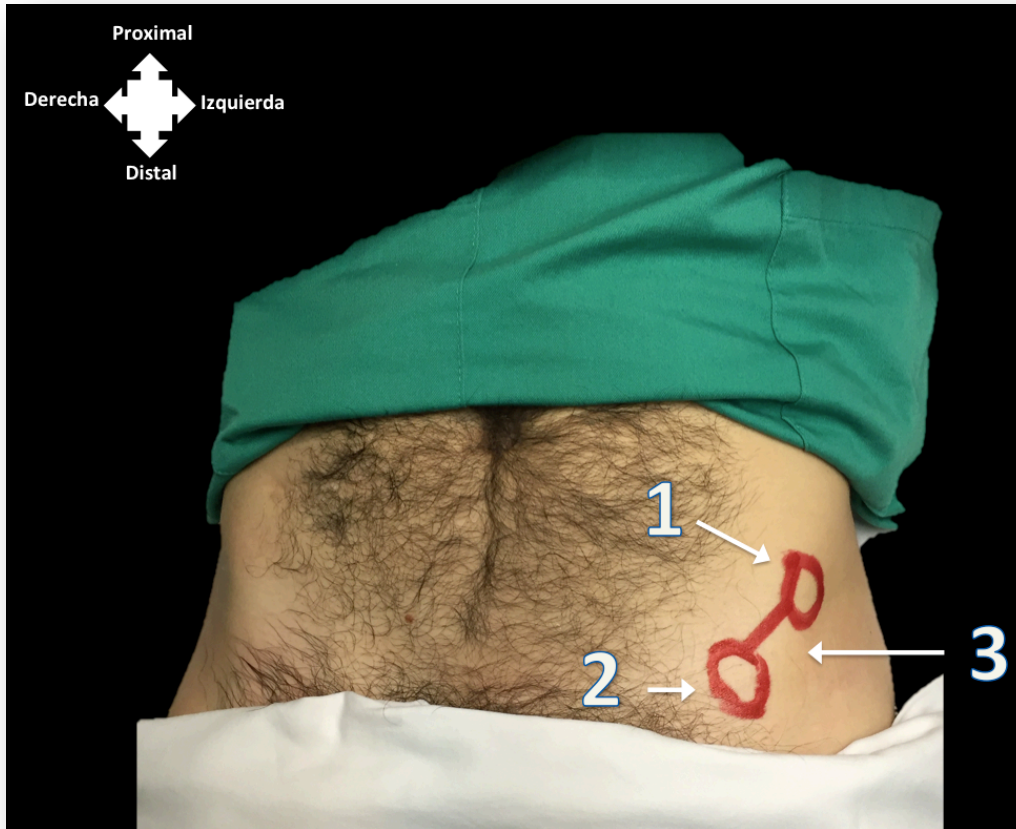


Figura 10. Referencias anatómicas a visualizar en la exploración de región supra-acetabular.

- ¹ Espina iliaca antero superior (EIAS)
- ² Línea que une EIAS-EIAI (línea innominada)
- ³ Espina iliaca inferior superior (EIAI)

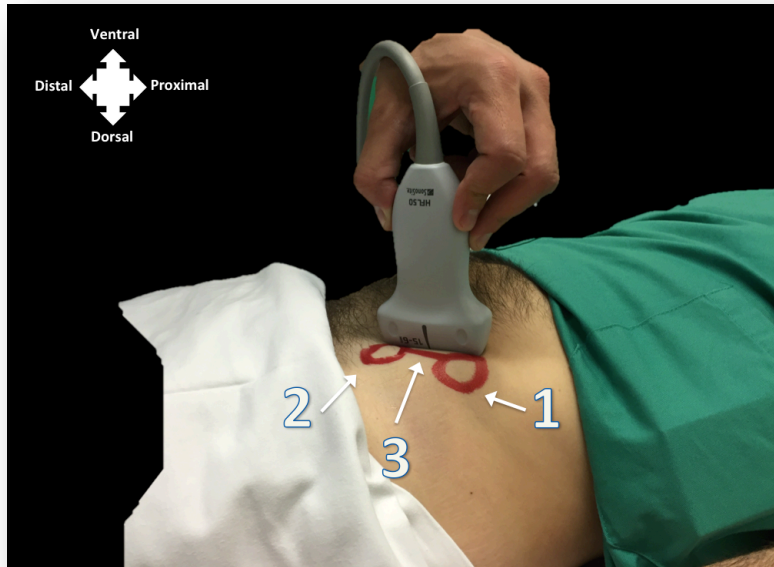


Figura 11. Medición de la EIAI en el plano sagital: transductor paralelo a la línea que une EIAS-EIAS.

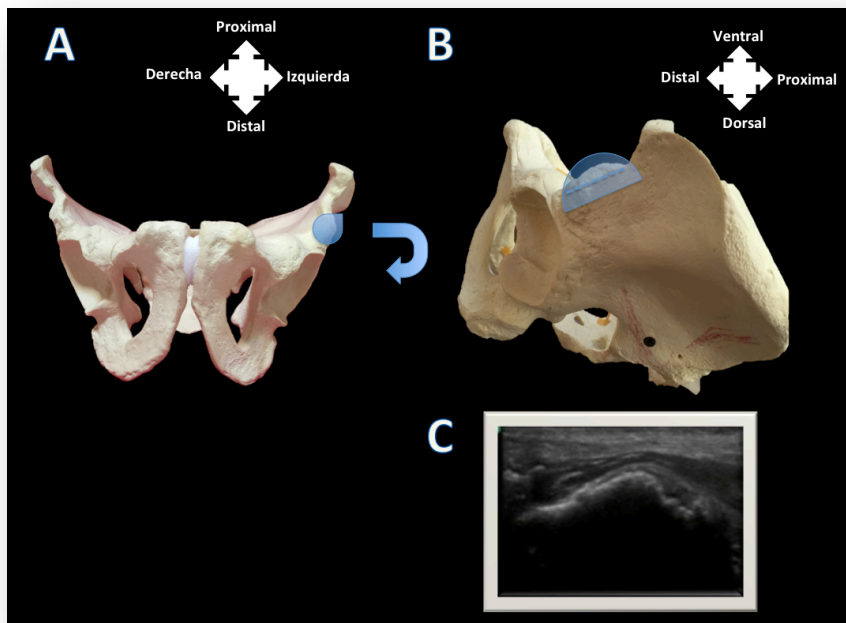


Figura 12. Representación esquemática de la visión en el plano sagital.

- A Visión de pelvis (representación de pelvis en imagen de inlet).
- B Visión de la pelvis en orientación real en la exploración.
- C Imagen ecográfica obtenida.

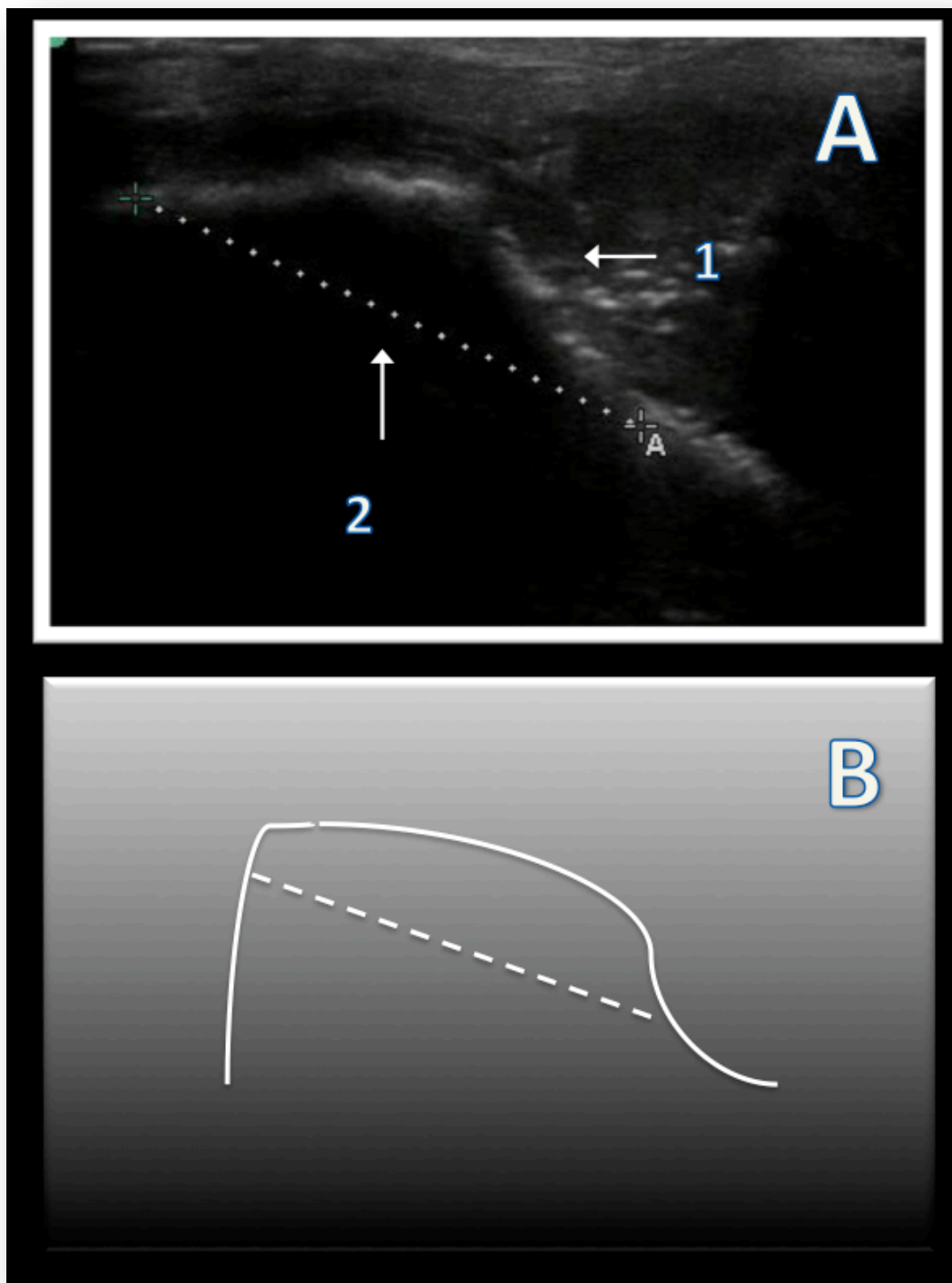


Figura 13. Medición en la EIAI. Visión en plano sagital.

A Imagen ecográfica.

B Esquema de estructuras a visualizar.

1 Espina iliaca antero inferior.

2 Medición de la EIAI.

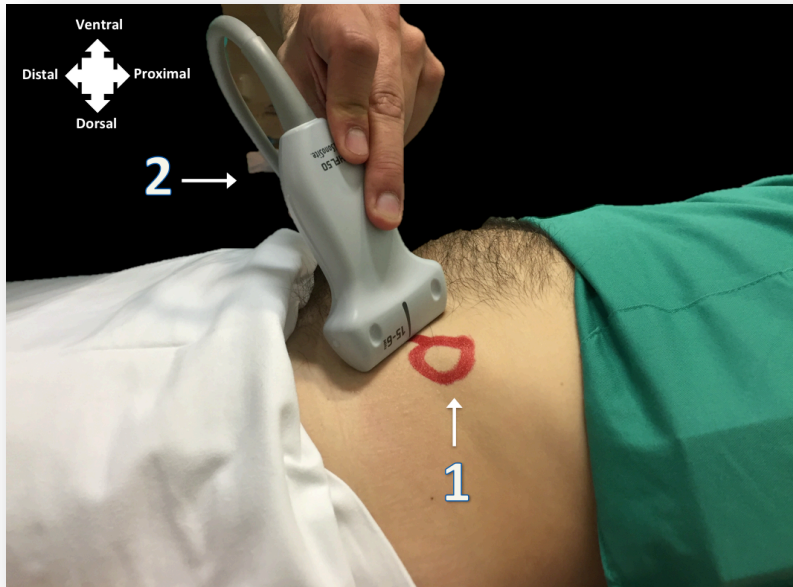


Figura 14. Medición de la EIAI en el plano coronal: transductor perpendicular a la EIAI.

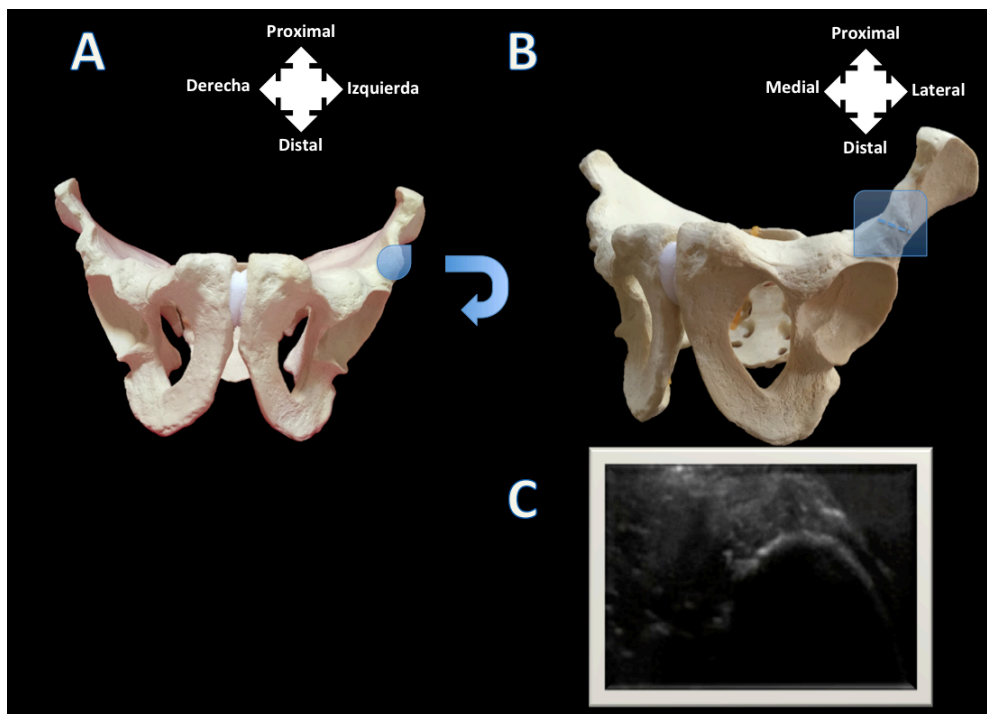


Figura 15. Representación esquemática de la visión en el plano coronal.

- A Visión de pelvis (representación de pelvis en imagen de inlet).
- B Visión de la pelvis en orientación real en la exploración.
- C Imagen ecográfica obtenida.

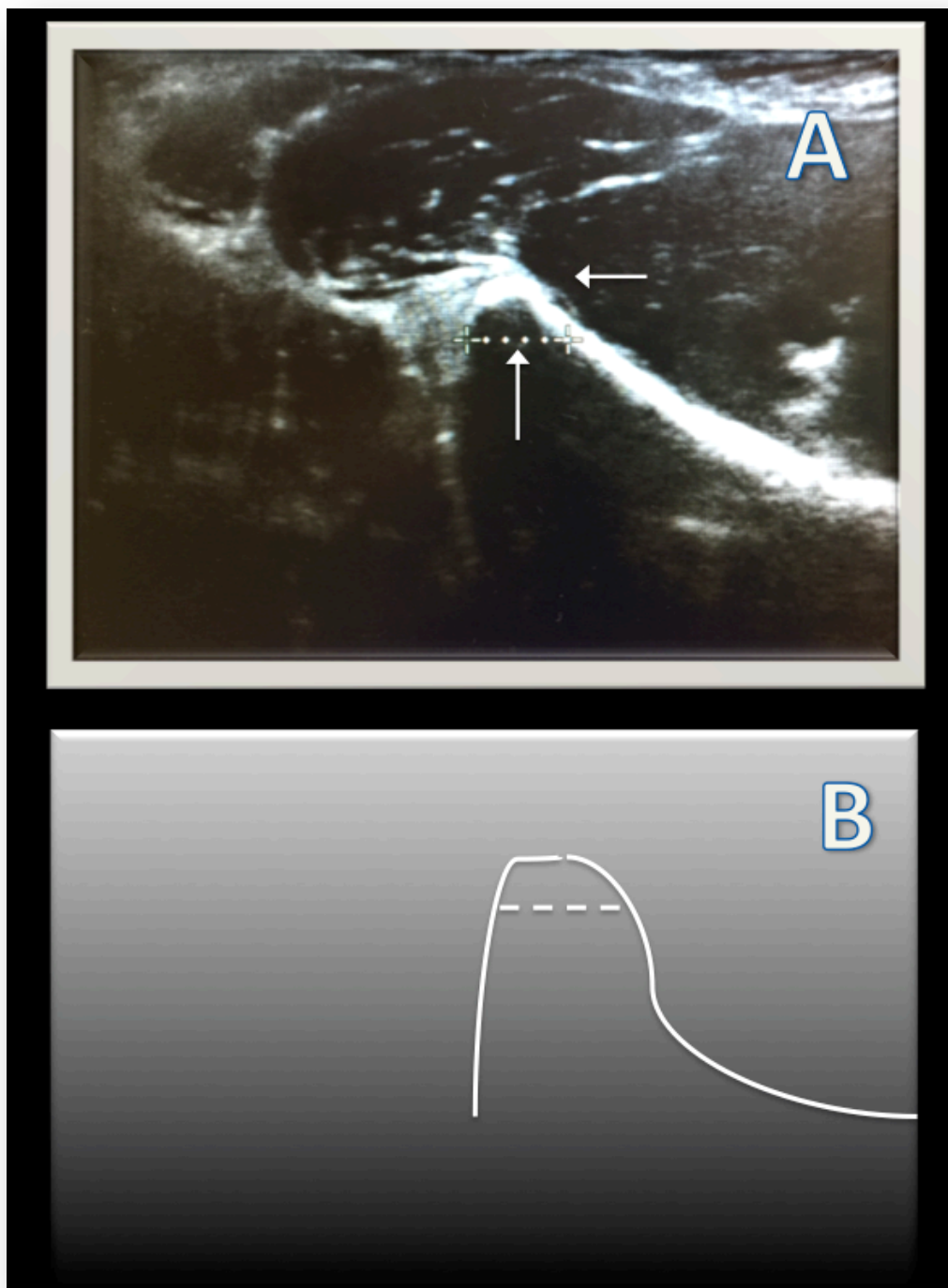


Figura 16. Medición en la EIAI. Visión en plano coronal (cadera derecha).

^A Imagen ecográfica.

^B Esquema de estructuras a visualizar.

¹ Espina iliaca antero inferior.

² Medición de la EIAI.

3.5. Técnica de colocación de fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico.

Con la hemipelvis de cadáver en decúbito supino, se palpa manualmente la espina iliaca antero superior (E AIS). en el caso de existir gran panículo adiposo puede ser necesario la utilización del ecógrafo para localizar la E AIS. Se coloca el transductor en el plano sagital, perpendicular al eje principal de la EIAS para obtener una visión coronal, se desliza el transductor hasta la espina iliaca antero inferior (EIAI) y se localiza el punto de entrada, inmediatamente caudal a la EIAI, marcando el punto seleccionado con una aguja intramuscular (22G), como se muestra en la figura 17. Se realiza una incisión en la piel de 1cm con hoja bisturí No.24 alrededor de la aguja, en dirección transversal (figura 18), y con una disección roma con un mosquito se separan las partes blandas, en dirección longitudinal, hasta llegar a la espina iliaca antero inferior.

El transductor se coloca paralelo a la línea de que une E AIS y EIAI, se obtiene una visión ecográfica en el plano sagital de la EIAI (figura 19), buscando el punto de entrada a 6mm del vértice de la EIAI. Una vez localizado el punto de inserción, se procede a la introducción de la ficha de 180x6mm autoperforantes y autoterrajantes (Stryker®; Mahwah, EEUU) con motor eléctrico, llevando una dirección de 20° medial en el plano sagital, y 70-80° en dirección craneal (51), bajo control ecográfico (figuras 20-22). Al terminar la colocación, se realiza control ecográfico en el plano sagital (figura 23) y en el coronal (figura 24) del punto de inserción de la ficha, modificándolo si fuera necesario.

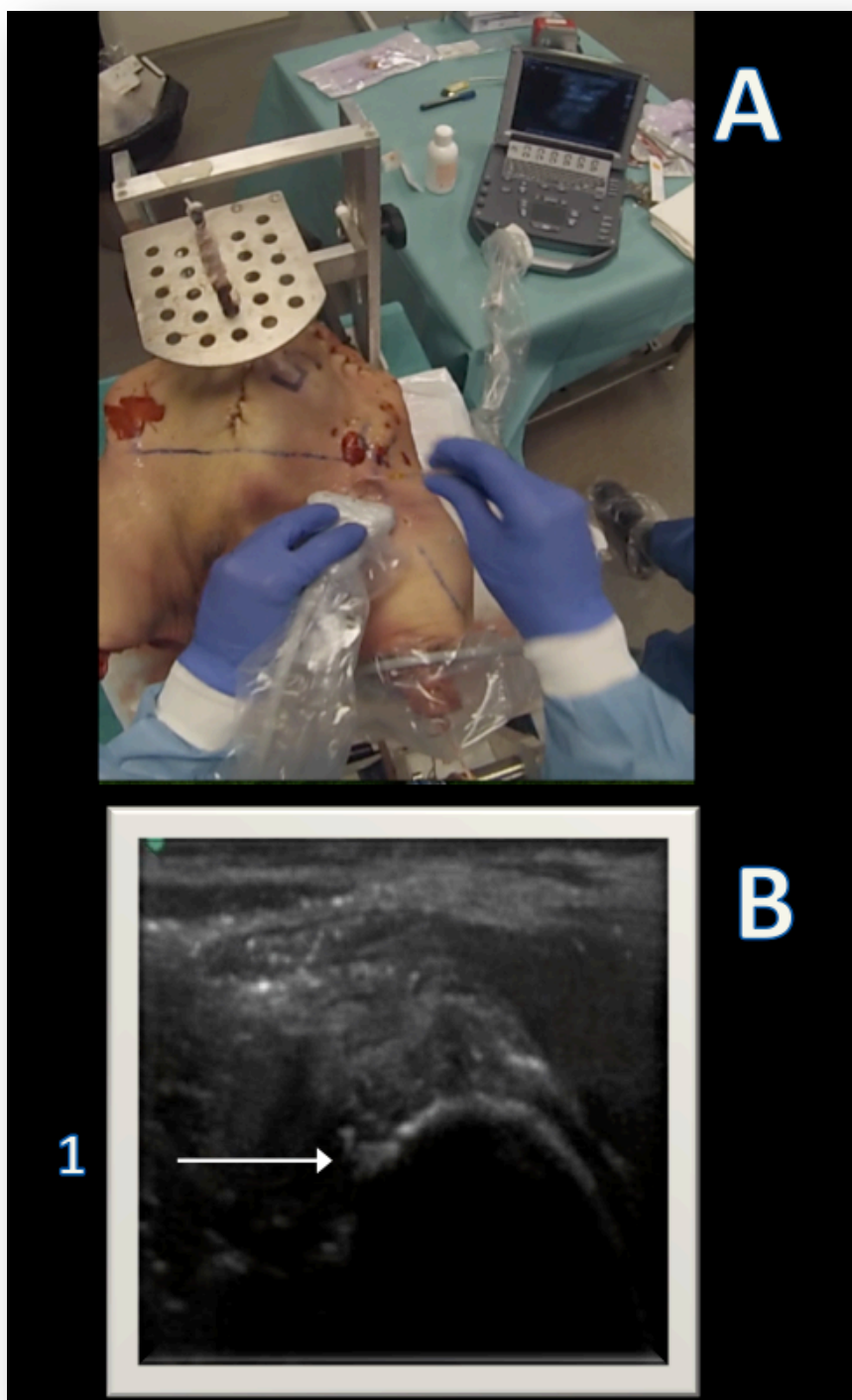


Figura 17. Detalle de la introducción de fichas en cadáver

^A Introducción de aguja intramuscular con control ecográfico (transductor perpendicular a EIAI).

^B Detalle de la visión ecográfica en el plano coronal.

¹ Espina iliaca antero inferior.

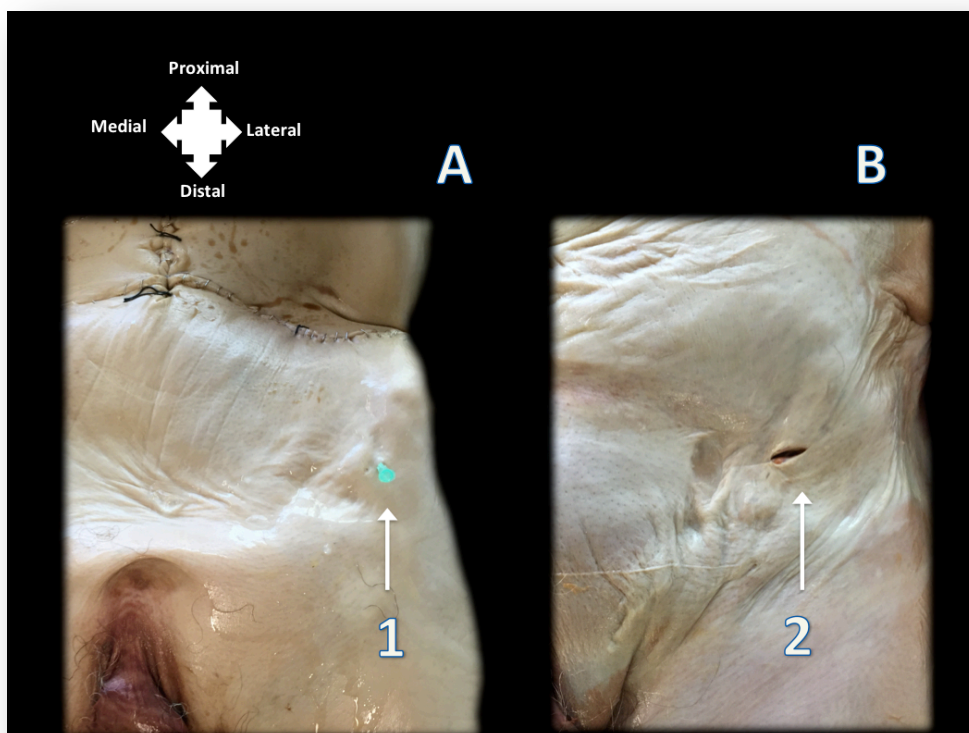


Figura 18. Punto de entrada para la introducción de la ficha.

- ¹ Aguja intramuscular.
- ² Incisión transversal.

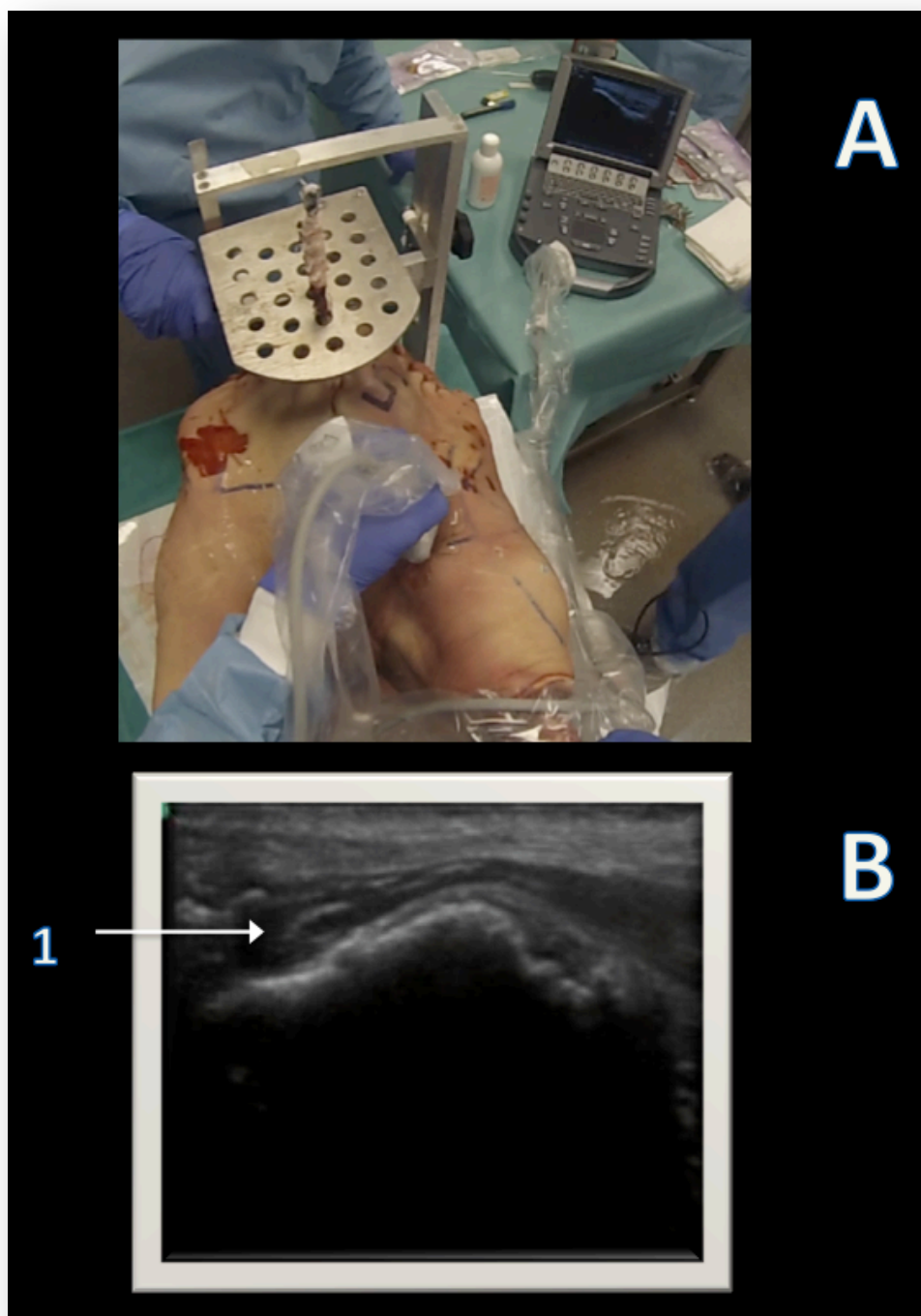


Figura 19. Detalle de la introducción de fichas en cadáver.

^A Transductor paralelo a la línea EIAS-EIAI.

^B Imagen ecográfica de la EIAI en el plano sagital.

¹ Espina iliaca antero inferior.



Figura 20. Detalle de colocación de la ficha supra-acetabular.

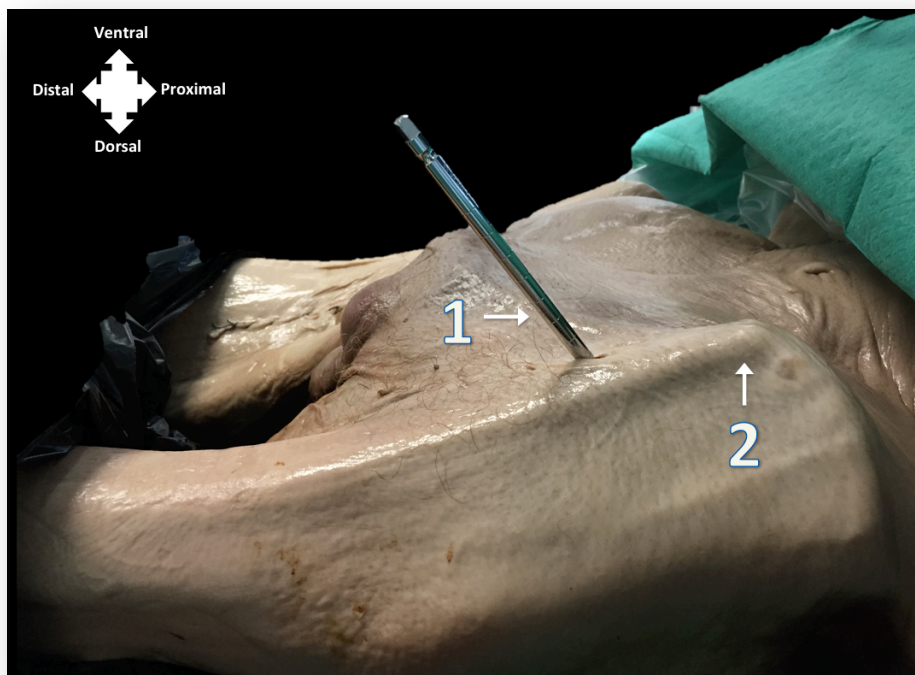


Figura 21. Detalle la ficha supra-acetabular tras su colocación. Visión lateral

- ¹ Ficha supra-acetabular.
- ² Espina iliaca antero superior.

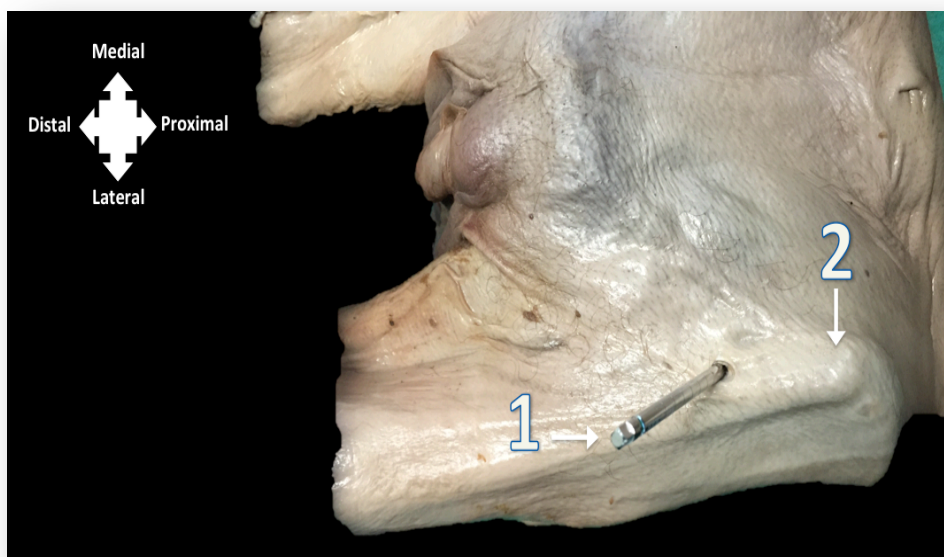


Figura 22. Detalle la ficha supra-acetabular tras su colocación. Visión anteroposterior.

- ¹ Ficha supra-acetabular.
- ² Espina iliaca antero superior.

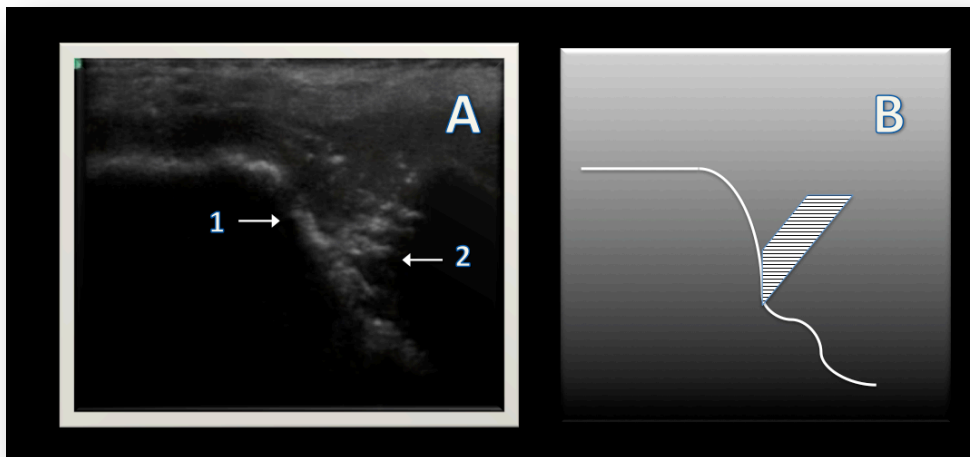


Figura 23. Colocación de la ficha en la EIAI. Visión en plano sagital.

- A Imagen ecográfica.
 B Esquema de estructuras a visualizar.
 1 Espina iliaca antero inferior.
 2 Ficha supra-acetabular.

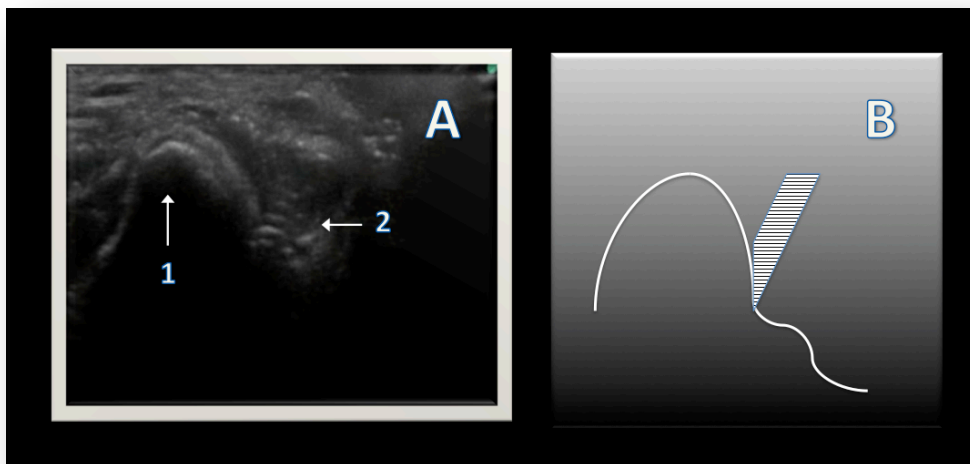


Figura 24. Comprobación del punto de entrada correcto a 6mm de la EIAI. Visión en plano coronal

- A Imagen ecográfica.
 B Esquema de estructuras a visualizar.
 1 Espina iliaca antero inferior.
 2 Ficha supra-acetabular.

Los mismos pasos se repiten para la colocación de la ficha en la hemipelvis contralateral.

Después de la colocación de ambas fichas, se realiza la disección de la región anatómica para la comprobación de la localización exacta de la ficha, identificando la EIAS; EIAI y nervio femorocutáneo. La correcta colocación de las fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico se realizó de manera indirecta mediante estudio fluoroscópico, y posteriormente de manera directa tras la disección anatómica.

En la valoración indirecta, se definió como éxito la colocación de la ficha supra-acetabular dentro de los límites del “*teepee view*” o proyección de la lágrima supra-acetabular (figura 25) en la proyección radiológica intraoperatoria descrita por Gardner y Nork (24). Se definió como fracaso la colocación fuera de los límites radiológicos.

En la valoración directa, se definió como éxito la localización de la ficha en la región supra-acetabular, y como fracaso su localización intra-articular y/o extraósea. Se valoró además la lesión del nervio femorocutáneo por estudio directo tras la disección anatómica, mediante el abordaje anterior a la cadera (vía de Smith-Petersen)(52). Se definió como éxito la ausencia de lesión del nervio, y como fracaso la lesión total o parcial del nervio con la ficha.

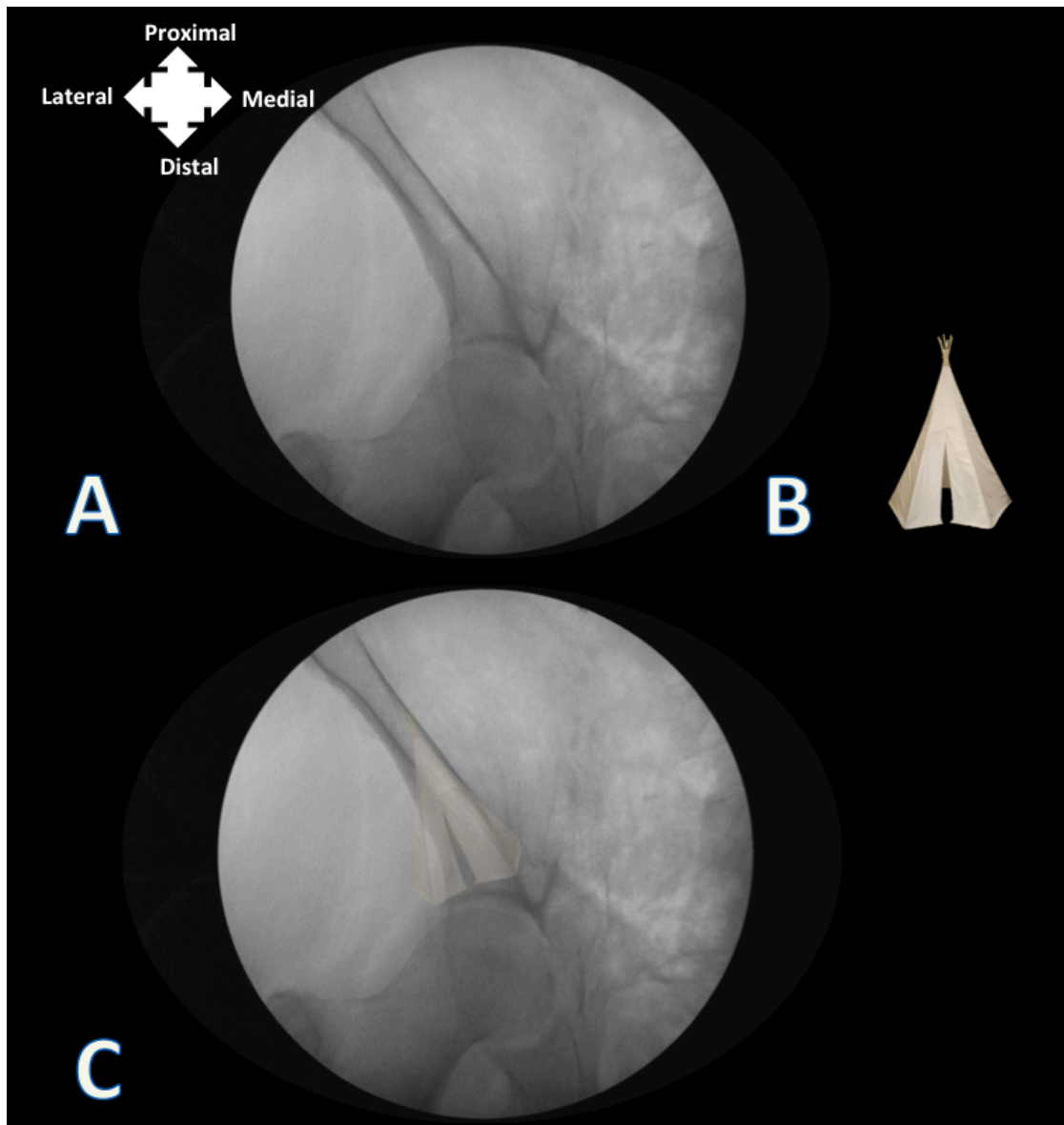


Figura 25. Proyección intraoperatoria de la lágrima supra-acetabular.

^A Proyección de la lágrima supra-acetabular.

^B "Teepee"

^C Márgenes radiológicos del "teepee view"

3.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa IBM Statistics® version 20.0 (IBM®, Armonk, EEUU). Los datos se expresaron como media aritmética (\pm desviación estándar; rango) en el caso de variables de distribución homogénea, y como mediana (\pm rango intercuartílico) en el caso de variables de distribución heterogénea.

El contraste de hipótesis se realizó mediante las pruebas de concordancia de Kappa (k) y el Índice de Correlación intraclase (CCI).

4. RESULTADOS

4.1. Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en sujetos sanos.

4.1.1. Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en voluntarios sanos. Reproducibilidad inter-observador y variabilidad intra-observador.

Se analizaron ecográficamente 28 caderas de 14 voluntarios sanos, 6 varones y 8 mujeres, edad media 25 años (valores extremos 22-31), altura media 1,71m (+/- 0.09; 1,55-1,84) y un IMC medio de 21,43 Kg/m² (+/- 2,22; 17,78-24,69).

Reproducibilidad inter-observador

El estudio ecográfico de la región supra-acetabular se realizó consecutivamente por el doctorando y por un radiólogo con experiencia en ecografía. En todos los casos los dos investigadores visualizaron las estructuras de la región supra-acetabular (EAIS, escotadura innominada, EIAl, reborde acetabular y cabeza femoral). El valor del índice de concordancia de Kappa fue $k=+ 1$ (concordancia absoluta).

Variabilidad intra-observador

En todos los casos se realizó visualización completa de la región supra-acetabular (EAIS, escotadura innominada, EIAl, reborde acetabular y cabeza femoral). El valor medio de la EIAl fue 1,42cm (+/- 0,39; 0,8-2,43) en el plano sagital y 0,94cm (+/- 0,25; 0,57-1,76) en el plano coronal. Se observó una

correlación lineal positiva entre tamaño de la EIAI en plano coronal y la talla ($r=0,40$).

En días no consecutivos se realizó una segunda medida de los mismos sujetos por parte del mismo investigador, obteniendo un baja variabilidad intraobservador. Datos mostrados en la tabla 3.

EIAI ¹				
Sagital			Coronal	
Sujeto	Medición 1	Medición 2	Medición 1	Medición 2
1	1,08	1,05	1,16	1,49
	1,07	1,04	1,16	1,49
2	1,23	1,17	0,80	0,89
	1,24	1,19	0,80	0,88
3	1,56	1,32	1,14	1,19
	1,56	1,30	1,15	1,19
4	1,10	1,01	0,89	0,94
	1,10	1,01	0,89	0,94
5	1,25	1,46	0,59	0,63
	1,26	1,46	0,61	0,62
6	1,24	1,26	0,98	0,97
	1,50	1,45	0,98	1,00
7	1,74	1,41	0,8	0,90
	1,42	1,44	0,92	0,92
8	0,80	0,80	0,75	0,89
	1,44	1,48	1,11	1,26
9	0,88	1,02	0,81	0,74
	1,45	1,18	0,81	0,78
10	1,70	1,72	1,11	1,01
	2,29	2,43	1,03	1,07
11	1,09	1,00	0,97	0,90
	1,70	1,54	1,75	1,76
12	1,22	1,35	0,79	0,84
	1,47	1,50	0,91	0,82
13	2,32	2,34	0,95	0,94
	2,31	2,33	0,95	0,95
14	1,92	1,50	0,57	0,57
	1,92	1,50	0,57	0,56
CCI ²	0,95 (0,89-0,98 al 95%; p < 0,001)		0,95 (0,89-0,98 al 95%; p < 0,001)	

Tabla 3. Valor de la espina iliaca antero inferior (EIAI) en plano sagital y coronal de catorce voluntarios sanos en dos mediciones realizadas por el mismo investigador en días no consecutivos.

¹ EIAI: Espina iliaca antero inferior. Expresado en centímetros

² CCI: Coeficiente de correlación intraclase.

4.1.2. Estudio ecográfico de la anatomía de la región supra-acetabular en pacientes sin patología pélvica

Se analizaron ecográficamente 148 caderas en 74 pacientes, 29 varones y 45 mujeres, edad media 62 años (+/- 23,87; 18-95), altura media 1,70m (+/- 0,10; 1,48-1,91) y un IMC medio de 25,95 Kg/m² (+/- 4,81; 15,62-39,71) (tabla 2). En todos los casos se consiguió visualizar completamente la región supra-acetabular (EAIS, escotadura innominada, EIAI, reborde acetabular y cabeza femoral). El valor de medición de la espina iliaca antero inferior (EIAI) en plano sagital y coronal se muestra en la tabla 4.

	Demográficos				EIAI ⁵	
	Edad ¹	Altura ²	Peso ³	IMC ⁴	Sagital	Coronal
Media	62	1,7	74,73	25,95	1,47	0,93
DS ⁶	23,87	0,10	13,79	4,81	0,34	0,18
CV ⁷	38,46	6,30	18,45	18,54	23,44	20,00
Max	95	1,91	110	39,71	2,5	1,76
Min	18	1,48	49	15,62	0,8	0,59

Tabla 4. Región supra-acetabular en pacientes: datos demográficos y medición de la espina iliaca antero inferior.

¹ Expresado en años.

² Expresado en metros.

³ Expresado en kilogramos.

⁴ Expresado en Kg/m².

⁵ EIAI = Espina iliaca antero inferior. Expresado en centímetros.

⁶ Desviación estándar.

⁷ Coeficiente de variación.

4.2. Precisión de la implantación de fichas supra acetabulares guiadas por ecografía.

Se implantaron catorce fichas supra-acetabulares guiada por ecografía de en siete pelvis de cadáver: cinco cadáveres con preparación de Thiel (edad media 85 años (rango 78-89), altura media 1,74m (+/- 0,10; 1,60-1,90), IMC medio 28,36 Kg/m² (+/- 0,89; 27,68-29,38) y dos cadáveres frescos (altura e IMC medio desconocida). En todos los casos se visualizó completamente la región supra-acetabular.

La correcta colocación de las fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico se realizó de manera indirecta mediante estudio fluoroscópico, y posteriormente de manera directa tras disección anatómica.

En la valoración indirecta con estudio fluoroscópico, todas las fichas (100%) se encontraban dentro de los límites radiológicos del “*teepee view*” (figuras 26 a 31) .

En la valoración directa, tras la disección anatómica, se observó una colocación excelente en todas las fichas en todos los casos (100%) inferiores a la EIAI y en localización extra-articular, con una buena fijación biomecánica desde el punto de vista cualitativo.

En 13 de los 14 disecciones anatómicas (92,85%) se identificó el nervio femorocutáneo sin presentar lesión (figura 32). En el caso restante (7,15%) no se identificó el nervio femorocutáneo durante la disección, asumiendo este hallazgo como fracaso, por la posible lesión del mismo durante la implantación de las fichas.

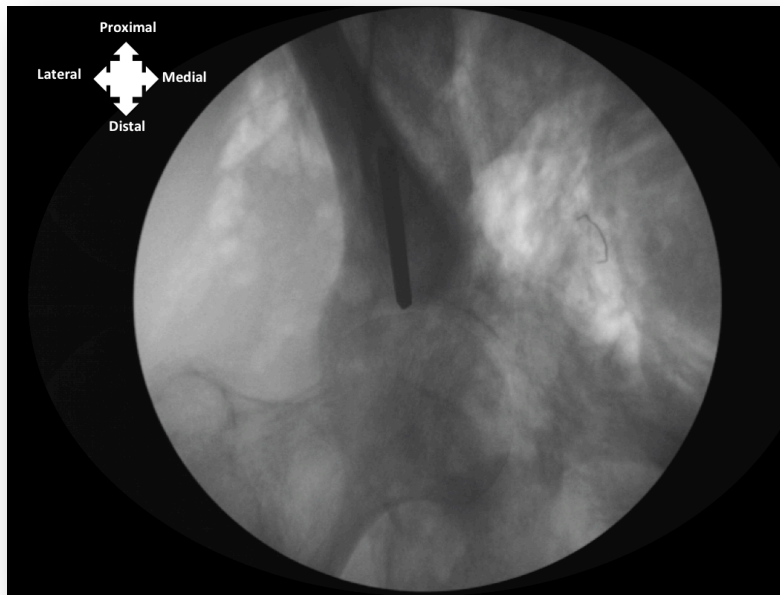


Figura 26. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra-acetabular implantada

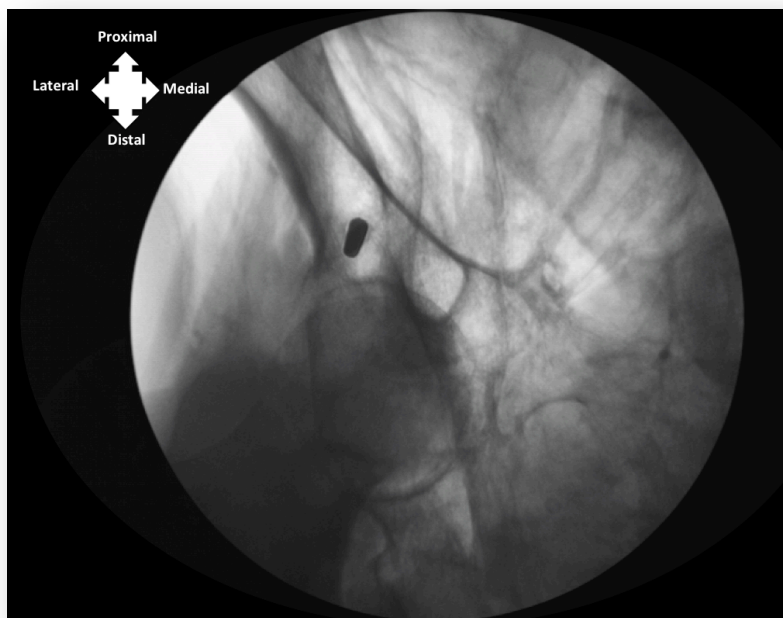


Figura 27. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra-acetabular implantada.

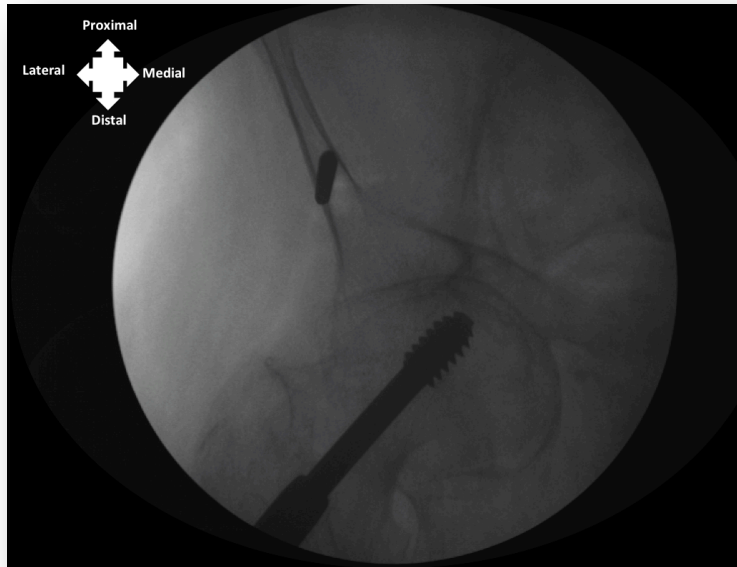


Figura 28. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra-acetabular implantada.

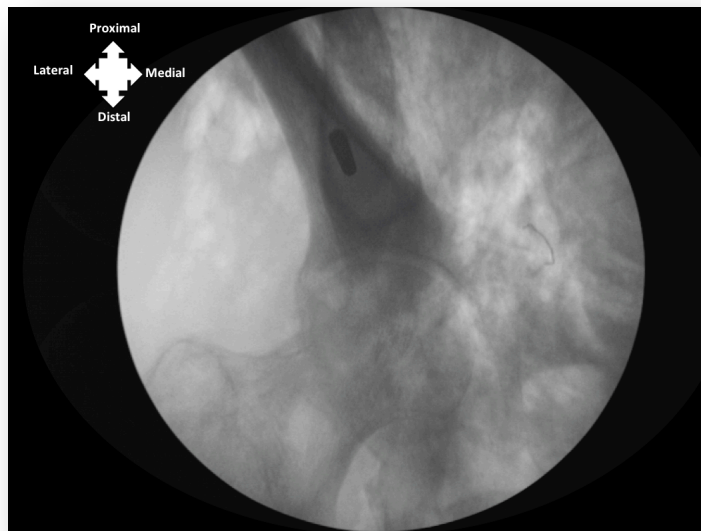


Figura 29. Control de escopia, proyección supra-acetabular con ficha supra-acetabular implantada.

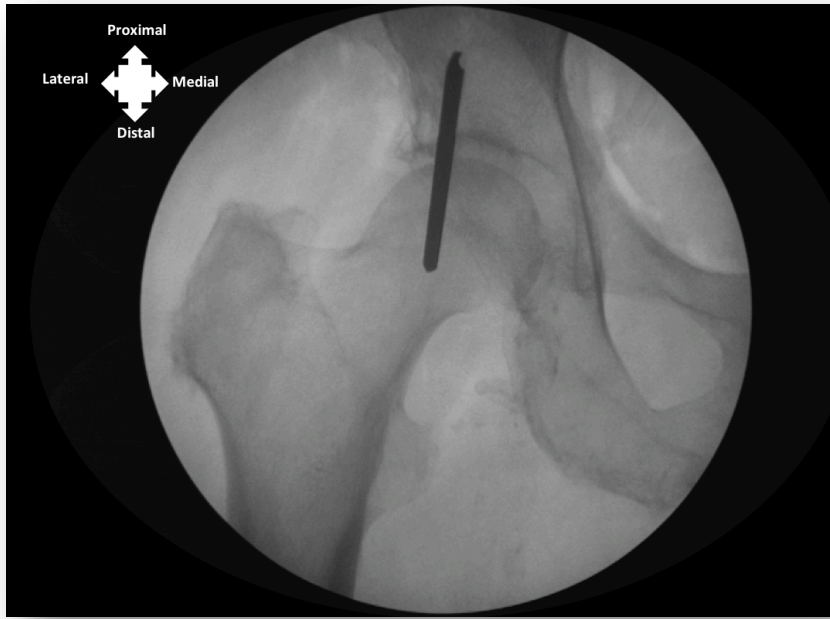


Figura 30. Control de escopia, proyección anteroposterior con ficha supra-acetabular implantada.

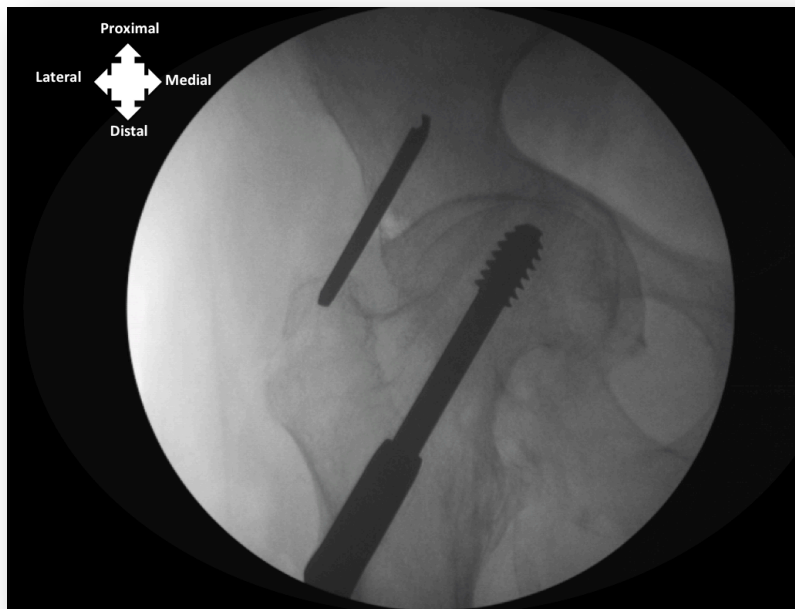


Figura 31. Control de escopia, proyección obturatriz con ficha supra-acetabular implantada.

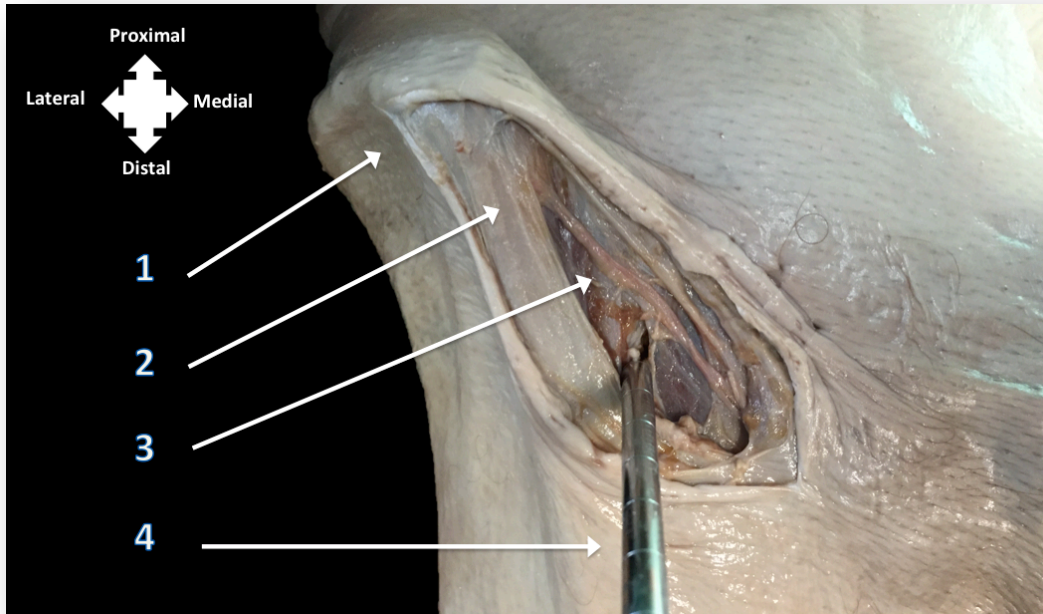


Figura 32. Detalle del nervio femorocutáneo integro tras la colocación de la ficha supra-acetabular en cadáver.

- 1 Espina iliaca antero superior.
- 2 Músculo sartorio.
- 3 Nervio cutáneo femoral lateral.
- 4 Ficha supra-acetabular.

5. DISCUSIÓN

5.1. Exposición a radiación en la cirugía percutánea.

Durante la última década se ha producido un auge de procedimientos mínimamente invasivos y percutáneos en Cirugía Ortopédica y Traumatología (53), permitiendo realizar intervenciones mediante pequeñas incisiones y reduciendo así el daño a los tejidos adyacentes y el trauma quirúrgico (54). Estas técnicas ofrecen ventajas a nuestros pacientes, sin embargo, requieren la utilización de un control radiológico intra-operatorio, lo que ha producido un aumento de forma exponencial del uso de fluoroscopia en los quirófanos y por consiguiente de exposición a radiación X al personal de quirófano (53).

La exposición a radiación X tiene efectos perniciosos para la salud, aumentando la incidencia de patología tumoral y no tumoral (55), principalmente en manos y ojos (56). En general, existe una infravaloración por parte de los cirujanos sobre la radiación que emiten los nuevos arcos de fluoroscopia, asumiendo erróneamente que por ser modernos y digitales la radiación que emiten es mucho menor (53).

La fijación externa anterior juega un papel importante en el manejo de las lesiones inestables de pelvis. Las técnicas actuales de colocación de la fijación externa anterior bajo control radioscópico pueden modificarse, incluso mejorarse, con la incorporación de nuevas herramientas diagnóstico-terapéuticas en el ámbito de la Cirugía Ortopédica. La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen no invasiva, que proporciona excelentes detalles anatómicos (44) y que no expone al paciente a radiaciones. En este trabajo de tesis doctoral se ha estudiado la utilidad de la ecografía para guiar el implante de las fichas supra-acetabulares en localización adecuada. Basándonos en los resultados del presente trabajo, según nuestra opinión la

ecografía puede convertirse en una herramienta idónea para la colocación de fichas supra-acetabulares en la fijación externa de pelvis.

La realización de técnicas guiadas por ecografía debe llevarse a cabo por personal experto con amplio conocimiento de la anatomía. Aunque la curva de aprendizaje de la ecografía puede ser larga, la facilidad de visualización de estructuras óseas combinada con el extenso conocimiento anatómico del cirujano ortopédico hacen que esta técnica sea fiable y reproducible. La inversión de tiempo requerida en el aprendizaje de esta técnica está justificada en pro de la contribución de esta tecnología en procesos diagnósticos y terapéuticos, debido a sus ventajas: seguridad, bajo coste, falta de contraindicaciones y aplicación incluso lejos de grandes centros hospitalarios debido a su fácil transporte (44).

5.2. Identificación de la anatomía y experiencia del explorador.

El primer paso de nuestro estudio fue analizar la viabilidad de la visualización mediante ecografía de la región pélvica, ya que como todas las herramientas, el estudio ecográfico requiere una curva de aprendizaje, y además no nos permite visualizar más allá de la cortical ósea. Este paso es fundamental para desarrollar esta nueva técnica quirúrgica, y según nuestros resultados, la ecografía permite la visualización completa de la región supra-acetabular en todos los casos estudiados, con una reproducibilidad inter-observador excelente, ya que obtuvimos una concordancia absoluta entre un investigador (radiólogo) con experiencia en el uso de la ecografía y otro investigador (el doctorando) sin experiencia ecográfica.

Las imágenes obtenidas y mediciones realizadas con el ecógrafo pueden variar en función de la colocación del transductor o la “habilidad” del operario. En este trabajo comprobamos que existe una baja variabilidad intra-observador, lo que unido a la excelente concordancia inter-observador, nos lleva a la conclusión de que con la ecografía dos personas pueden ver las mismas estructuras anatómicas pélvicas, y la medición de las mismas es precisa y reproducible.

5.3. Implantación correcta de las fichas supra-acetabulares.

La fijación externa puede ser un tratamiento temporal o un tratamiento definitivo (57). Por lo tanto, la colocación adecuada de los pines en la fijación externa es un aspecto muy importante para el tratamiento integrado y la planificación preoperatoria de las lesiones del anillo pélvico (57). La ecografía es una herramienta que proporciona excelentes detalles anatómicos, y cuando se combina la exploración ecográfica con la exploración ortopédica del área, es posible identificar de lesiones en la cortical, lesiones de partes blandas y hematomas (44).

Sin embargo, a diferencia de la radiografía, la ecografía no permite ver estructuras más allá de la cortical ósea. La EIAS es una estructura subcutánea, y el hueso es una estructura muy reflectante con la ecografía, produciendo una alta impedancia acústica en relación al resto de tejidos, lo que hace que sea muy sencillo identificarla como una línea hiperecoica en la región subcutánea, y a partir de esta referencia localizar la EIAI, donde debemos introducir las fichas supra-acetabulares. Según nuestros resultados, es posible visualizar la cortical ósea del punto de entrada correcto de las

fichas supra-acetabulares, evitando así la colocación intra-articular en la cadera o en los bordes, medial o lateral, del hueso (figura 33). Sin embargo esta herramienta no nos asegura que el “trayecto” de la ficha sea el adecuado.

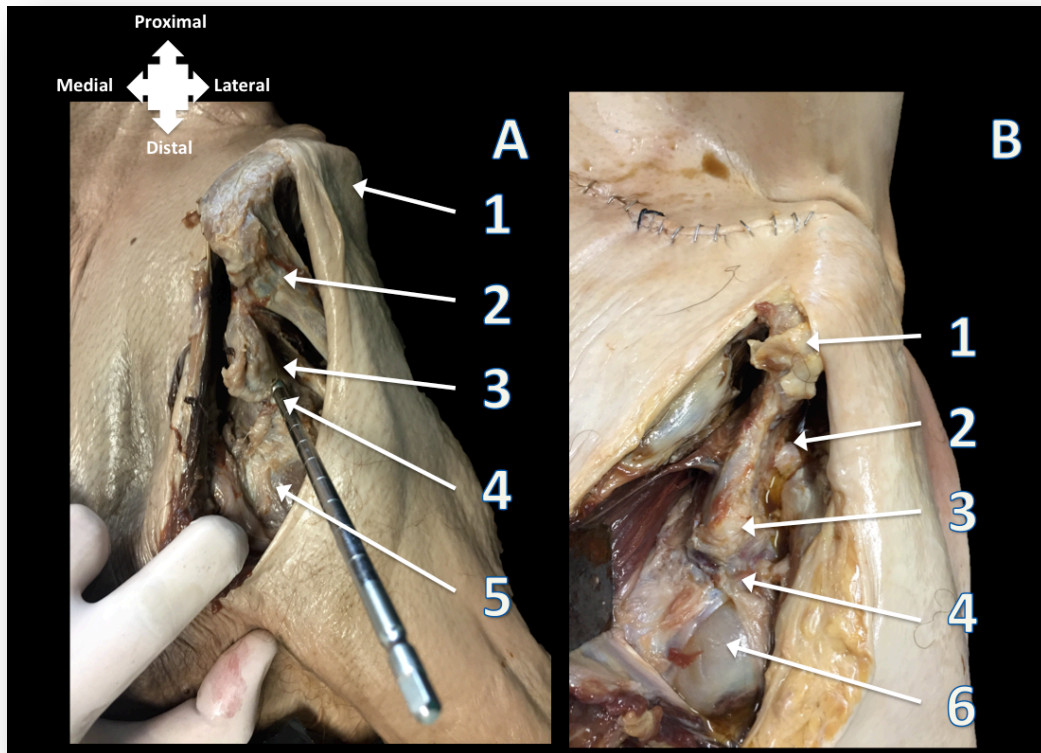


Figura 33. Detalle de la relación de ficha supra-acetabular con la articulación de la cadera tras la disección en cadáver.

- A Ficha supra-acetabular colocada.
- B Ficha supra-acetabular retirada.
- 1 Espina iliaca antero superior.
- 2 Línea innominada.
- 3 Espina iliaca anteroinferior.
- 4 Punto de entrada.
- 5 Articulación coxofemoral (cápsula cerrada).
- 6 Articulación coxofemoral (cápsula abierta).

Una vez elegido el punto de entrada exacto, el éxito de la colocación de las fichas supra-acetabulares dependerá de la orientación que utilicemos. Este paso se realiza de la misma manera que en la técnica habitual, guiándose el cirujano por su conocimiento de la anatomía y de la “sensación” con introducción de las fichas en el hueso. Basándonos en los trabajos de Penning (51, 58) realizamos la colocación de las fichas supra-acetabulares con la orientación adecuada, punto donde el conocimiento de la anatomía es de vital importancia (22). Según nuestros resultados con la colocación de fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico en 14 hemipelvis de cadáver, el control ecográfico permite la colocación de las fichas en posición correcta en todos los casos. El conocimiento preciso de la anatomía ósea (51) es esencial para aplicar la ecografía en el sistema músculo-esquelético. Por eso creemos que, a pesar de ser una técnica sencilla, es preciso un conocimiento amplio de la anatomía de la región pélvica para su correcta implantación.

En nuestra opinión, estas características hacen de la ecografía una herramienta valiosa que puede ser incorporada fácilmente a la cirugía pélvica.

5. 4. Complicaciones de la técnica de implantación de fichas supra-acetabulares.

La implantación de fichas supra-acetabulares tiene dos complicaciones potenciales: la lesión del nervio femorocutáneo lateral y la violación de cápsula articular coxofemoral (25).

El riesgo de lesión del nervio femorocutáneo lateral (LFCN) es la principal desventaja de la colocación de pines en la región supra-acetabular

en comparación con la cresta iliaca. La incidencia de lesión del LFCN durante la cirugía de la región supra-acetabular oscila entre el 6,7% y el 35% (35, 59), y produce un cuadro clínico conocido como meralgia parestésica (60), que consiste en una sensación de adormecimiento, parestesias y dolor en la cara externa del mismo. Estudios anatómicos desarrollados por Hospodar y cols (34) muestran la gran variabilidad del trayecto del LFCN; y De Ridder y cols (33) en su protocolo preoperatorio en cirugía pélvica, alertan al cirujano ortopédico de la posible variación anatómica del LFCN en el 25% de la población. Basándose en referencias anatómicas en una cirugía percutánea no es difícil que se produzca una lesión de este nervio, lo que explicaría la alta incidencia de lesiones. En nuestra opinión, si se visualiza la EAIS y se realiza una disección roma se minimiza el riesgo de lesión de este nervio. En el presente trabajo, después de la colocación de la ficha guiada por ecografía en pelvis de cadáver realizamos una disección anatómica para identificar el LFCN (figuras 34 y 35) y no encontramos lesión del nervio en el 92,85% de los casos.

Hay que añadir que la visualización del LFCN en la cirugía guiada por ecografía es una ventaja clínica potencial. No hemos desarrollado todavía las habilidades técnicas para aplicarlo como un procedimiento de rutina, porque requiere una curva de aprendizaje larga con gran experiencia en ecografía, pero futuros estudios nos servirán para explorar la posibilidad de incorporar la ecografía como un proceso rutinario en la cirugía pélvica, evitando así la lesión del LFCN incluso en pacientes con variaciones anatómicas.

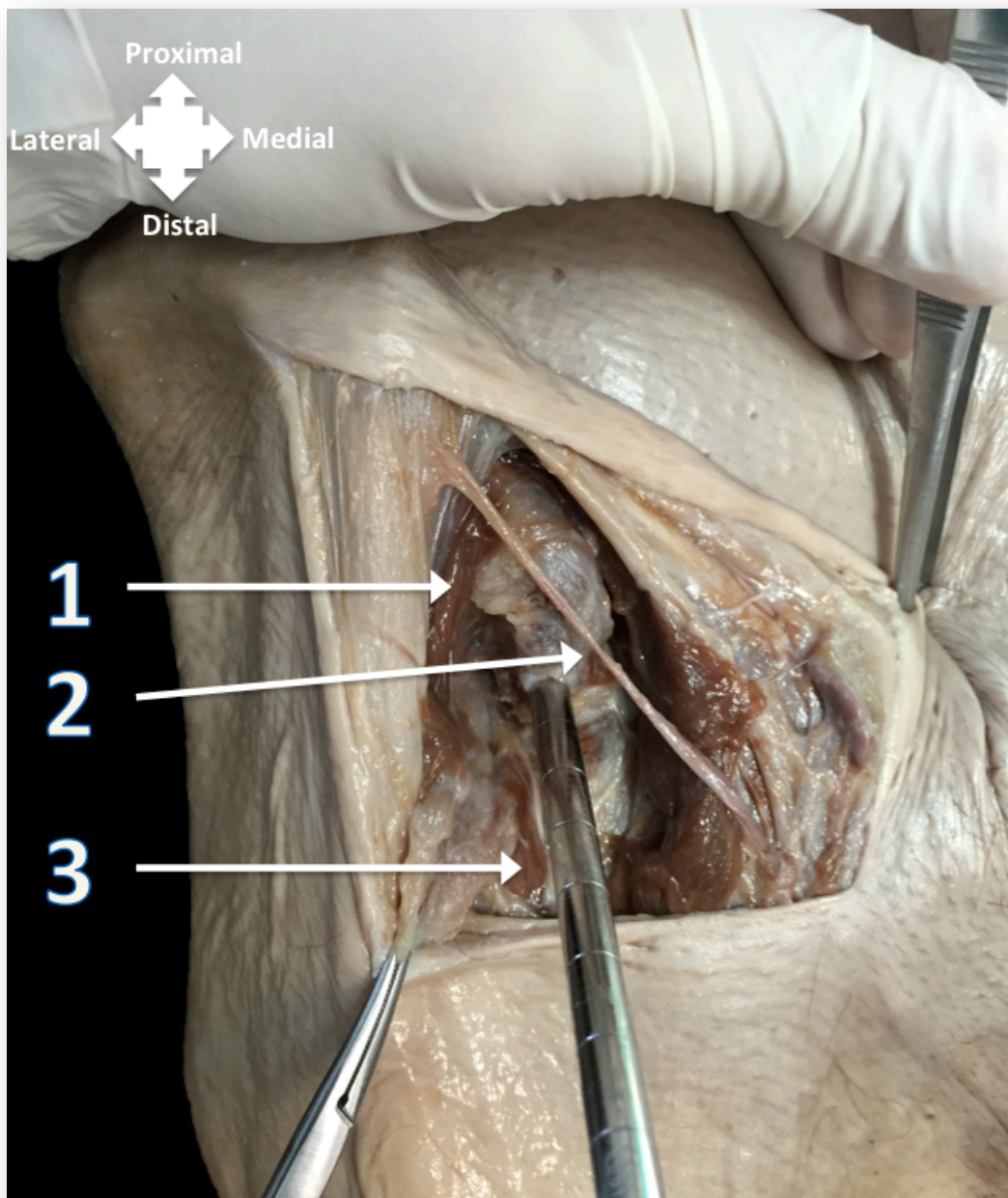


Figura 34. Detalle anatómico del trayecto del nervio femorocutáneo lateral durante la colocación de la ficha.

¹ Espina iliaca antero inferior.

² Nervio cutáneo femoral lateral (LFCN).

³ Ficha supra-acetabular.

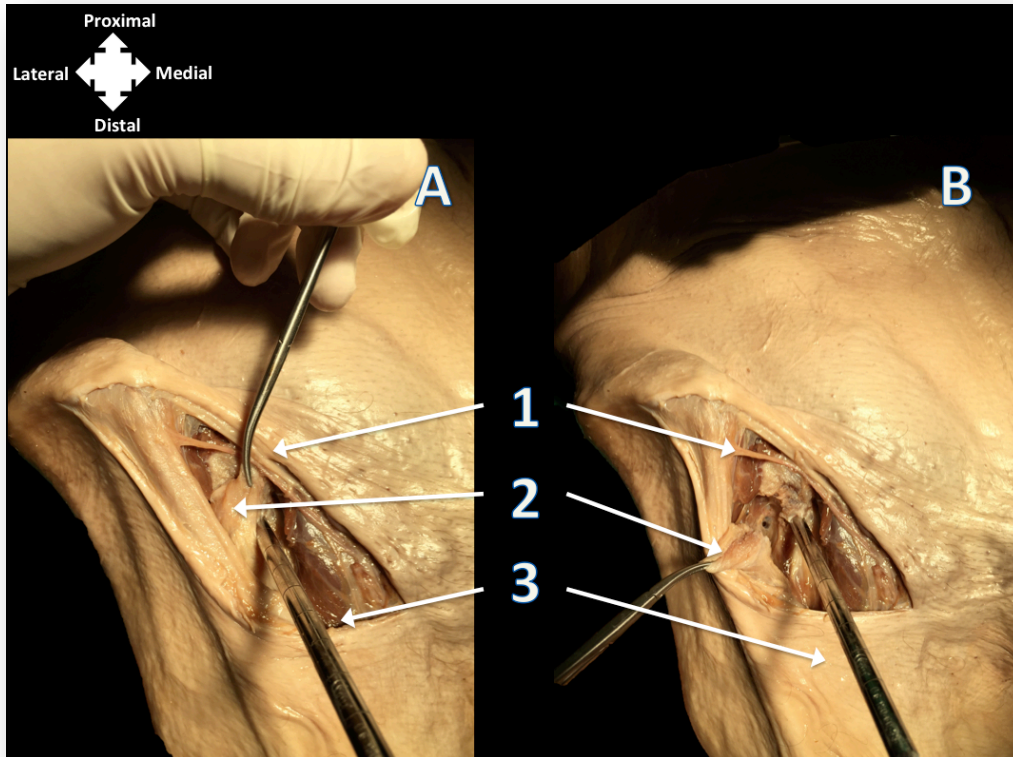


Figura 35. Detalle anatómico del trayecto del nervio femorocutáneo lateral durante la colocación de la ficha.

- ^A Sin desinserción del músculo recto anterior en su origen en la EIAI.
^B Con desinserción del músculo recto anterior en su origen en la EIAI.
¹ Nervio cutáneo femoral lateral (LFCN).
² Músculo recto femoral.
³ Ficha supra-acetabular.

La colocación de la ficha supra-acetabular se realiza muy próxima a la articulación coxofemoral. La colocación intra-articular de la ficha, con el riesgo de infección articular es una posible complicación de esta técnica (25, 61) Para evitarlo, Haidukewych y cols (25), en su estudio con diez especímenes anatómicos, no violaron en ningún caso la cápsula articular, al igual que nuestro estudio con 14 hemipelvis de cadáver, donde tampoco se presentó esa complicación en ningún caso (Figura 36). Sin embargo comparten nuestra preocupación por la colocación intra-articular, recomendando colocar las fichas a 20mm del borde superior del acetábulo. Esta medición es difícil de obtener con el uso de radioscopia intraoperatoria, sin embargo, con el uso de la ecografía podemos obtener excelentes detalles de la superficie articular y elegir un punto de entrada correcto y tener certeza de que no encontramos en una localización extra-articular (figuras 37 y 38).

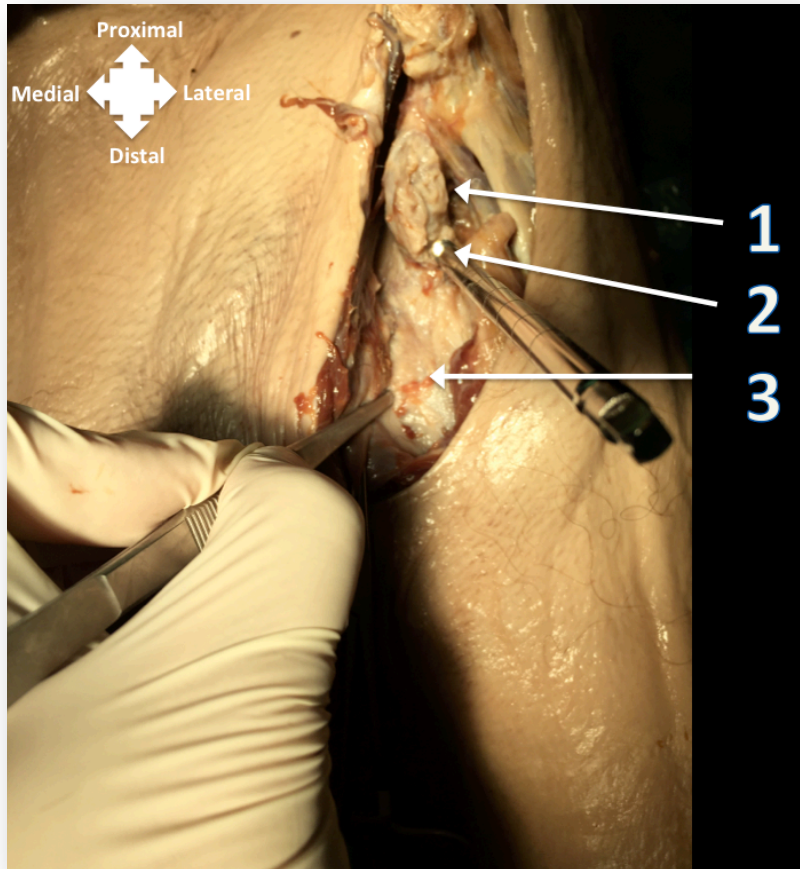


Figura 36. Detalle de la relación de ficha supra-acetabular con la articulación de la cadera tras la disección en cadáver.

- ¹ Espina iliaca antero inferior.
- ² Punto de entrada.
- ³ Articulación coxofemoral (cápsula cerrada).

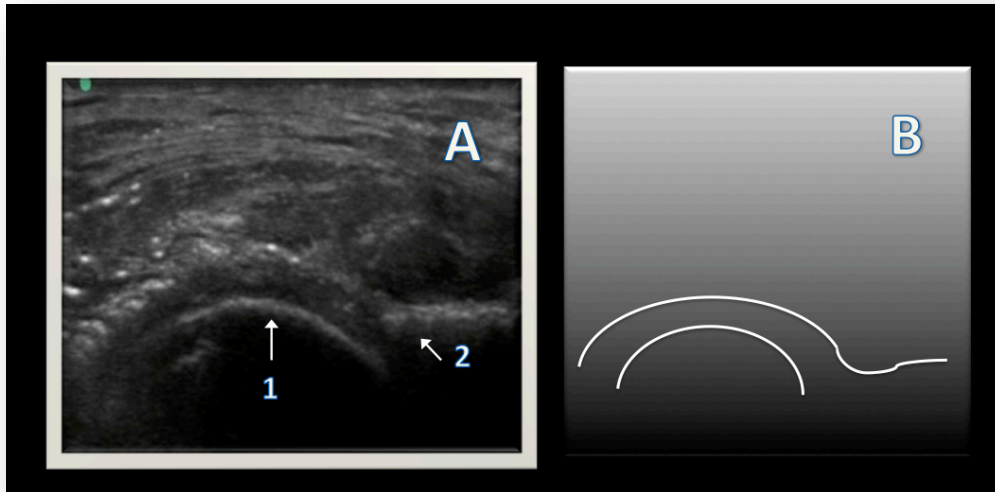


Figura 37. Visualización de la articulación coxofemoral en ecografía.

^A Imagen ecográfica.

^B Esquema de estructuras a visualizar.

¹ Cabeza femoral.

² Reborde acetabular.

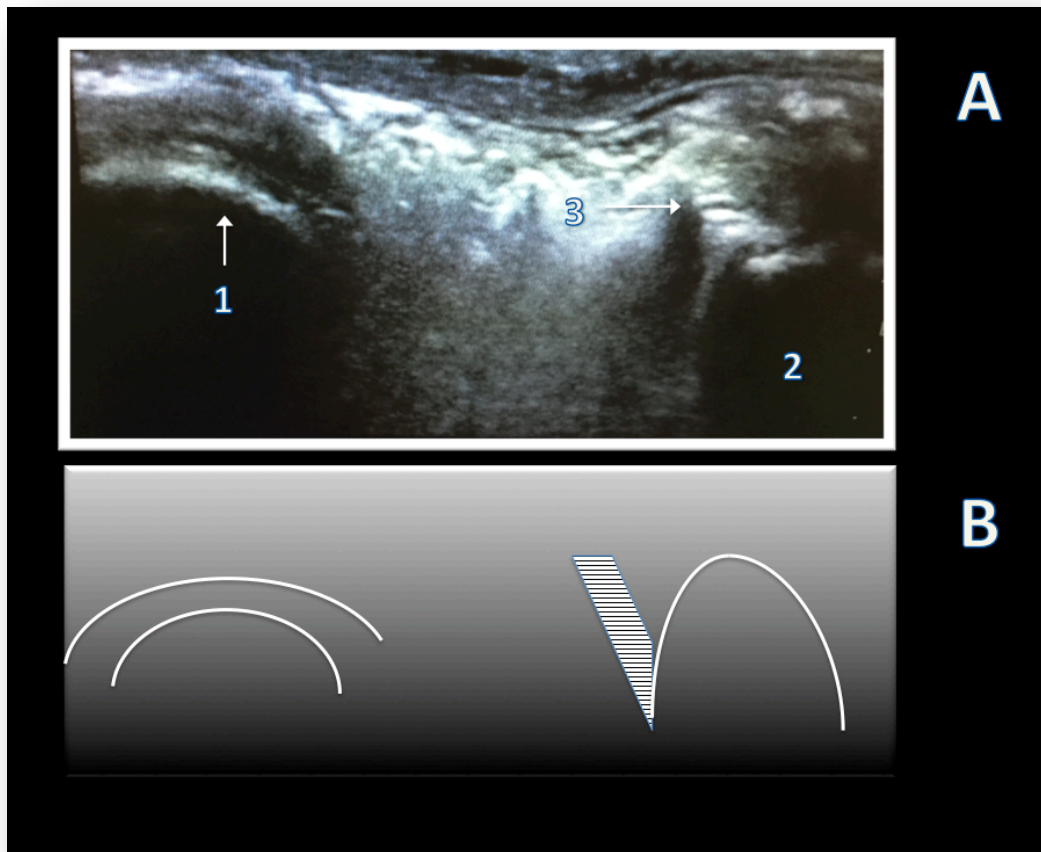


Figura 38. Visualización de la articulación coxofemoral en relación a la ficha supra-acetabular en ecografía. Visión coronal .

^A Imagen ecográfica.

^B Esquema de estructuras a visualizar.

¹ Cabeza femoral.

² EIAI.

³ Ficha supra-acetabular

5.5. Ventajas del uso de la ecografía frente a la radiología intraoperatoria.

El uso de la ecografía en las intervenciones del aparato locomotor es más seguro para el paciente y el para el cirujano que el uso de radiología intra-operatoria. Los avances tecnológicos en la calidad de la resolución y en la calidad de la imagen han aumentado las posibilidades diagnósticas, y las aplicaciones clínicas de la ecografía (44).

El uso intra-operatorio de la ecografía nos ofrece numerosas ventajas en la implantación de fichas supra-acetabulares en los osteotaxos pélvicos. Además de las ya mencionadas, como la visualización del punto de entrada correcto, la seguridad de la localización extra-articular y la potencial identificación del LFCN; la ecografía utilizada por el cirujano en condiciones de esterilidad quirúrgica nos permite obtener imágenes nosotros mismos sin depender de un ayudante cualificado.

Dificultad para obtener proyecciones adecuadas

Para obtener proyecciones intra-operatorias correctas en técnicas percutáneas es fundamental el entrenamiento del técnico especialista de rayos (TER) (53). En el ámbito hospitalario los TER están entrenados para manejar todas las opciones del fluoroscopio, facilitando así la labor del cirujano y favoreciendo la seguridad del paciente y el personal sanitario (53). Sin embargo, podemos necesitar realizar un tratamiento con un fijador externo en un caso de urgencia y no contar con personal con experiencia en este campo en ese momento, lo que dificulta realizar la intervención de manera percutánea, aumentando el tiempo quirúrgico en situaciones potencialmente graves para el paciente.

A pesar de que el “teepee view” es una referencia muy útil en las imágenes intrao-operatorias para la colocación de fichas supra-acetabulares (62), algunos autores como Haidukewych y cols (25) opinan que en situaciones de urgencia puede no ser práctica su colocación, a pesar de ser la que ofrece mayor estabilidad biomecánica, debido a la menor familiaridad de los cirujanos con los detalles de esta compleja región anatómica y la necesidad de radioscopia intra-operatoria.

El cirujano ortopédico es el responsable de la radioprotección del paciente. Debe poseer conocimientos actualizados en el uso y el riesgo del fluoroscopio, lugar donde la ecografía es un alternativa más segura que la radioscopia. La disponibilidad de la ecografía portátil permite su uso de manera ambulatoria, en el quirófano, en la urgencia o incluso en la cama del paciente (63). Basándonos en los resultados del presente trabajo, creemos que el uso de la ecografía es una alternativa sencilla y reproducible, al uso de la radioscopia intra-operatoria, permitiendo su uso en situaciones de emergencia.

No disponibilidad de radioscopia

Dahls y col (64) se preguntaron como valorar la colocación de fichas percutáneas en “ambientes austeros”, donde no se dispone de radioscopia intraoperatoria. Para ello diseñaron un estudio con especímenes anatómicos e implantaron fichas fijadores externos de tibia y fémur sin el uso de ningún control de imagen, concluyendo que el ecógrafo portátil es una herramienta útil y fiable para este fin. La colocación de esto fijadores de fémur y tibia es equiparable a la localización en cresta iliaca, pero no a la localización supra-

acetabular, donde su localización sin control radioscópico parece, al menos hasta ahora, que no es factible de realizar. En nuestra opinión y según nuestros resultados, la ecografía no sólo es útil para verificar la correcta colocación sino que puede guiarnos a la hora de realizar la implantación de las fichas supra-acetabulares, convirtiéndose en una alternativa al uso de radioscopia convencional.

5.6. Limitaciones del estudio

En nuestra opinión existen algunas limitaciones en este estudio. Describimos una nueva técnica quirúrgica, pero los resultados están basados en estudios en cadáver y el número de pelvis utilizado es bajo, aunque su número sea similar a los trabajos publicados de técnicas quirúrgicas en pelvis con especímenes cadavéricos (65). Debemos añadir que se utilizaron pelvis intactas, y con una fractura de pelvis puede ser más difícil la colocación de las fichas supra-acetabulares, debido al aumento de volumen de partes blandas y la alteración de la anatomía. Después del estudio con cadáver, durante los últimos meses la técnica ha sido utilizada en nuestro Servicio sin complicaciones y sin comprometer la fiabilidad del uso de radioscopia intraoperatoria. Se necesitan más estudios, aunque la aplicación de esta nueva técnica en la práctica clínica de nuestro centro aporta resultados esperanzadores, y en nuestra opinión, la colocación de fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico se puede realizar en una posición correcta y segura.

Otra limitación que encontramos es la curva de aprendizaje de la ecografía. La realización de técnicas guiadas por ecografía debe llevarse a

cabo por personal experto, con amplio conocimiento de la anatomía. Aunque la curva de aprendizaje de la ecografía puede llegar a ser larga, la facilidad de visualización de estructuras óseas combinada con el extenso conocimiento anatómico del cirujano ortopédico hacen que esta técnica sea fiable y reproducible. A pesar de ser una técnica operador-dependiente, mediante la asistencia a cursos de formación los principiantes pueden completar un aprendizaje de manera rápida y eficiente (48), y la inversión de tiempo requerida en el aprendizaje de esta técnica está justificada en pro de la contribución de esta tecnología en procesos diagnósticos y terapéuticos, debido a sus ventajas: seguridad, bajo coste, falta de contraindicaciones y aplicación incluso lejos de grandes centros hospitalarios debido a su fácil transporte (44).

6. CONCLUSIONES

De los resultados del presente trabajo podemos extraer las siguientes conclusiones:

1.- La ecografía es una herramienta que nos permite la visualización completa de la región supra-acetabular y sus referencias anatómicas en todos los casos estudiados.

2- La reproducibilidad inter-observador del estudio con ecografía de la región supra-acetabular es muy alta, con una concordancia absoluta entre un investigador con gran experiencia en ecografía y el investigador principal con escasa experiencia en la misma.

3- La variabilidad intra-observador del estudio ecográfico de la región supra-acetabular es baja, en el investigador principal con una baja experiencia en el uso de ecografía.

4.- Es factible la colocación de las fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico en posición correcta, encontrándose en todos los casos estudiados dentro de los límites radiológicos de la lágrima supra-acetabular.

5.- La colocación de las fichas supra-acetabulares bajo control ecográfico en posición correcta es segura, obteniendo una colocación excelente en todos los casos analizados.

7. REFERENCIAS

1. Krettek C, Simon RG, Tscherne H. Management priorities in patients with polytrauma. *Langenbecks Arch Surg.* 1998; 383(3-4): 220-7.
2. Waikakul S, Kojaranon N, Vanadurongwan V, Harnroongroj T. An aiming device for pin fixation at the iliac crest for external fixation in unstable pelvic fracture. *Injury.* 1998; 29(10): 757-62.
3. Gylling SF, Ward RE, Holcroft JW, Bray TJ, Chapman MW. Immediate external fixation of unstable pelvic fractures. *Am J Surg.* 1985; 150(6): 721-4.
4. Giannoudis PV, Pape HC. Damage control orthopaedics in unstable pelvic ring injuries. *Injury.* 2004; 35(7): 671-7.
5. Moed B, Reilly M. Fracturas de la pelvis y el acetábulo. En: Cannada L, editor. *American Academy of Orthopaedic Surgeons Orthopaedic Knowledge update 11. Traumatismos de la extremidad inferior.* Barcelona: Medical Trends S.L.; 2014. p. 1-24.
6. Peltier LF. Complications Associated with Fractures of the Pelvis. *J Bone Joint Surg Am.* 1965; 47: 1060-9.
7. Pennal GF, Tile M, Waddell JP, Garside H. Pelvic disruption: assessment and classification. *Clin Orthop Relat Res.* 1980; 151: 12-21.
8. Tile M. Pelvic ring fractures: should they be fixed?. *J Bone Joint Surg Br.* 1988; 70(1): 1-12.
9. Tile M. The management of unstable injuries of the pelvic ring. *J Bone Joint Surg Br.* 1999; 81(6): 941-3.
10. Jones AL, Burguess AR. Fracturas del anillo pélvico. En: Bucholz RW, Heckman JD, editores. *Rockwood & Green's fracturas en el adulto Vol 3.* 5a ed. Madrid: Marbán; 2003. p. 1469-512.

11. Lefaivre KA, Slobogean GP, Valeriote J, O'Brien PJ, Macadam SA. Reporting and interpretation of the functional outcomes after the surgical treatment of disruptions of the pelvic ring: A systematic review. *J Bone Joint Surg Br.* 2012; 94(4): 549-55.
12. Brown S, Lasrado I, Donnan L. Peri-acetabular external fixation for hip disease: an anatomical study. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2007; 2(2-3): 69-75.
13. Cook RE, Keating JF, Gillespie I. The role of angiography in the management of haemorrhage from major fractures of the pelvis. *J Bone Joint Surg Br.* 2002; 84(2): 178-82.
14. Croce MA, Magnotti LJ, Savage SA, Wood GW 2nd, Fabian TC. Emergent pelvic fixation in patients with exsanguinating pelvic fractures. *J Am Coll Surg.* 2007; 204(5): 935-9; discussion 940-2.
15. Burgess AR, Eastridge BJ, Young JW, Ellison TS, Ellison PS, Jr., Poka A, et al. Pelvic ring disruptions: effective classification system and treatment protocols. *J Trauma.* 1990; 30(7): 848-56.
16. Tile M. Classification. En: Tile M, editor. *Fractures of the Pelvis and Acetabulum.* Baltimore: Williams and Wilkins; 1995. p. 66-101.
17. Bellabarba C, Ricci WM, Bolhofner BR. Distraction external fixation in lateral compression pelvic fractures. *J Orthop Trauma.* 2000; 14(7): 475-82.
18. Grimm MR, Vrahas MS, Thomas KA. Pressure-volume characteristics of the intact and disrupted pelvic retroperitoneum. *J Trauma.* 1998; 44(3): 454-9.
19. Spajersberg WR, Knops SP, Schep NW, van Lieshout EM, Patka P, Schipper IB. Effectiveness and complications of pelvic circumferential

compression devices in patients with unstable pelvi fractures: a systematic review of literature. *Injury*. 2009; 40(10): 1031-5.

20. Sadri H, Nguyen-Tang T, Stern R, Hoffmeyer P, Peter R. Control of severe hemorrhage using C-clamp and arterial embolization in hemodynamically unstable patients with pelvic ring disruption. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005; 125(7): 443-7.

21. Tiemann AH, Bohme J, Josten C. [Use of the pelvic clamp in polytraumatised patients with unstable disruption of the posterior pelvic ring. Modified technique--risks--problems]. *Orthopade*. 2006; 35(12): 1225-36.

22. Fernandez-Gallart J, Sangüesa-Nebot, M. J., Blasco-Molla, C., Gomar-Sancho, F. Utilización de fijadores externos como tratamiento de urgencias en las fracturas pélvicas del politraumatizado. *Rev Esp Cir Osteoart*. 1995; 30: 296-301.

23. Gansslen A, Pohlemann T, Krettek C. [A simple supraacetabular external fixation for pelvic ring fractures]. *Oper Orthop Traumatol*. 2005; 17(3): 296-312.

24. Gardner MJ, Nork SE. Stabilization of unstable pelvic fractures with supraacetabular compression external fixation. *J Orthop Trauma*. 2007; 21(4): 269-73.

25. Haidukewych GJ, Kumar S, Prpa B. Placement of half-pins for supraacetabular external fixation: an anatomic study. *Clin Orthop Relat Res*. 2003; 411: 269-73.

26. Rieger H, Winckler S, Wetterkamp D, Overbeck J. Clinical and biomechanical aspects of external fixation of the pelvis. *Clin Biomech*. 1996;11(6): 322-7.

27. Lindahl J, Hirvensalo E, Bostman O, Santavirta S. Failure of reduction with an external fixator in the management of injuries of the pelvic ring. Long-term evaluation of 110 patients. *J Bone Joint Surg Br.* 1999; 81(6): 955-62.
28. Egbers HJ, Draijer F, Havemann D, Zenker W. [Stabilizing the pelvic ring with the external fixator. Biomechanical studies and clinical experiences]. *Orthopade.* 1992; 21(6): 363-72.
29. Kim WY, Hearn TC, Seleem O, Mahalingam E, Stephen D, Tile M. Effect of pin location on stability of pelvic external fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1999; 361: 237-44.
30. Tucker MC, Nork SE, Simonian PT, Routt ML Jr. Simple anterior pelvic external fixation. *J Trauma.* 2000; 49(6): 989-94.
31. Vaidya R, Colen R, Virdogchik J, Tonnos F, Sethi A. Treatment of unstable pelvic ring injuries with an internal anterior fixator and posterior fixation: initial clinical series. *J Orthop Trauma.* 2012; 26(1): 1-8.
32. Rubel IF, Kloen P, Borens O, Helfet DL. External Fixation for Pelvic Ring Injuries. *Tech Orthop.* 2002; 17(2): 221-7.
33. de Ridder VA, de Lange S, Popta JV. Anatomical variations of the lateral femoral cutaneous nerve and the consequences for surgery. *J Orthop Trauma.* 1999; 13(3): 207-11.
34. Hospodar PP, Ashman ES, Traub JA. Anatomic study of the lateral femoral cutaneous nerve with respect to the ilioinguinal surgical dissection. *J Orthop Trauma.* 1999; 13(1): 17-9.
35. Surucu H, Tanyeli E, Sargon M, et al. An anatomic study of the lateral femoral cutaneous nerve. *Surg Radiol Anat.* 1997; 19: 307-10.

36. Giannoudis PV, Tzioupis CC, Pape HC, Roberts CS. Percutaneous fixation of the pelvic ring: an update. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89(2): 145-54.
37. Hangiandreou NJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Topics in US: B-mode US: basic concepts and new technology. *Radiographics.* 2003; 23(4): 1019-33.
38. Jimenez Díaz JF. *Ecografía del aparato locomotor.* Madrid: Marbán; 2007.
39. Tole NM, Ostensen H. Interaction of ultrasound with matter. En: Tole NM, Ostensen H, editores. *Basic Physics of Ultrasonographic Imaging.* Ginebra: World Health Organization; 2005. p. 21-32
40. Schmidt G. Física del ultrasonido. En: Schmidt G, Beuscher-Willems B, editores. *Ecografía: De la imagen al diagnóstico:* Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2007. p. 1-15.
41. Rumack CM, Wilson SR, Charboneau JW. *Diagnóstico por Ecografía.* Madrid: Marbán; 2005.
42. Díaz-Rodríguez N, Garrido-Chamorro RP, Castellano-Alarcón J. *Ecografía: Principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico.* Semergen. 2007; 33(7): 362-9.
43. Pineda C, Bernal A., Espinosa R, Hernandez C, Marín N, Peña AH, et al. Principios físicos básicos del ultrasonido. *Rev Chil Reumatol.* 2009; 25(2): 60-6.
44. Blankstein A. Ultrasound in the diagnosis of clinical orthopedics: The orthopedic stethoscope. *World J Orthop.* 2011; 2(2): 13-24.

45. Alva Linares M, Bouffard JA. Ecografía musculoesquelética. Rev Peruana Reumatol. 2001; 7(2): 14.
46. Shackford SR. Focused ultrasound examinations by surgeons: the time is now. J Trauma. 1993; 35(2): 181-2.
47. Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, Frankel HL, Davis TP, Wang D, et al. A prospective study of surgeon-performed ultrasound as the primary adjuvant modality for injured patient assessment. J Trauma. 1995; 39(3): 492-8; discussion 8-500.
48. Lam NC, Fishburn SJ, Hammer AR, Petersen TR, Gerstein NS, Mariano ER. A Randomized Controlled Trial Evaluating the See, Tilt, Align, and Rotate (STAR) Maneuver on Skill Acquisition for Simulated Ultrasound-Guided Interventional Procedures. J Ultrasound Med. 2015; 34(6): 1019-26.
49. Bertone VH, Blasi E, Ottone NE, Dominguez ML. Método de Walther Thiel para la preservación de cadáveres con mantenimiento de las principales propiedades físicas del vivo. Rev Arg Anatomia Online. 2011; 2(3): 71-100.
50. Cerda J, Villaroel L. Evaluación de la concordancia inter-observador en la investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. Rev Chil Pediatr. 2008; 79(1): 54-8.
51. Penning D, Gausepohl, T. External Fixation in Pelvic Ring Injuries: the Pelvic Fixator. En: De Bastiani G, Apley AG, Goldberg, A, editores. Orthofix External Fixation in Trauma and Orthopaedics. London: Springer-Verlag; 2000. p. 219-35.
52. Hoppenfeld S, deBoer P. Cadera y acetábulo. En: Hoppenfeld S, deBoer P, Hutton R, editores. Abordajes en cirugía ortopédica. Madrid: Marbán; 2005. p. 368-83.

53. Torres-Torres M, Mingo-Robinet J, Moreno Barrero M, Rivas Laso JA, Buron Alvarez I, Gonzalez Salvador M. [Radiation safety in orthopaedic operating theatres. what is the current situation?]. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2014; 58(5): 309-13.
54. Giannini S, Cavallo M, Faldini C, Luciani D, Vannini F. The SERI distal metatarsal osteotomy and Scarf osteotomy provide similar correction of hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res*. 2013; 471(7): 2305-11.
55. Mastrangelo G, Fedeli U, Fadda E, Giovanazzi A, Scozzato L, Saia B. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med (Lond)*. 2005; 55(6): 498-500.
56. Shore RE, Neriishi K, Nakashima E. Epidemiological studies of cataract risk at low to moderate radiation doses: (not) seeing is believing. *Radiat Res*. 2010; 174(6): 889-94.
57. Calafi LA, Routt ML. Anterior pelvic external fixation: is there an optimal placement for the supra-acetabular pin? *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2013; 42(12): E125-7.
58. Penning D. The Place of Anterior External Fixation in the Stabilization of Pelvic Ring Disruptions. *Int J Orthop Trauma*. 1993; 3(3) Supl: 44-8.
59. Uzel M, Akkin SM, Tanyeli E, Koebke J. Relationships of the lateral femoral cutaneous nerve to bony landmarks. *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469(9): 2605-11.
60. Pearce JM. Meralgia paraesthetica (Bernhardt-Roth syndrome). *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2006; 77(1): 84.

61. Pohlemann T. Pelvic Ring Injuries: Assessment and Concepts of Surgical Management. En: Rüedi TP, Murphy WM, editores. AO Principles of Fracture Management. New York: AO Publishing Thieme 402; 2000.
62. Cai HM, Cheng CD, Wu XJ, Wang WC, Tang JC, Chang SY, et al. [Radiographic anatomical analysis of the pelvic Teepee view] (Abstract). Zhongguo Gu Shang. 2015; 28(5): 408-11.
63. Gravvanis A, Tsoutsos D, Delikonstantinou I, Dimitriou V, Katsikeris N, Karakitsos D. Impact of portable duplex ultrasonography in head and neck reconstruction. J Craniofac Surg. 2012; 23(1): 140-4.
64. Dahl BP, Pemberton AJ, Beck RT, Cetindag B, Wohltmann CD, McAndrew M. Is portable ultrasonography accurate in the evaluation of Schanz pin placement during extremity fracture fixation in austere environments? Am J Disaster Med. 2013; 8(2): 91-6.
65. Lidder S, Heidari N, Gansslen A, Grechenig W. Radiological landmarks for the safe extra-capsular placement of supra-acetabular half pins for external fixation. Surg Radiol Anat. 2013; 35(2): 131-5.

8. ANEXOS

COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

1. Ponencias en congresos

Nacionales

Comunicación oral en 52 Congreso SECOT

Valor de la ecografía en la colocación de las fichas supra-acetabulares de los osteotaxos pélvicos.

Cuervas-Mons M, Chana F, Mora F, Arnal J, Vaquero J.

Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SECOT).

Valencia, España. Septiembre 2015.

PREMIO Mejor Comunicación Oral del Congreso

Internacionales

Oral presentation in 17th EFORT Annual Congress

Ultrasound-guided supra-acetabular half-pin placement in pelvic external fixation: description of a surgical technique and results.

Cuervas-Mons M, Chana F, Mora F, Arnal J, Vaquero J.

European Federation of National Associations of Orthopaedics and Traumatology (EFORT)

Geneva, Switzerland. June 2016

Pendiente de Comunicación

2. Publicaciones

Ultrasound-guided supra-acetabular half-pin placement in pelvic external fixation: description of a surgical technique and results.

Chana F, Cuervas-Mons M, Mora F, Arnal J, Rojo J, Vaquero J.

Injury (Aceptado. Pendiente de Publicación)