

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN ESPECIALIDADES MÉDICAS
POSGRADO EN ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

ABORDAJE DEL MANEJO AGUDO DE LAS FRACTURAS DE PELVIS Y SU
RELACIÓN CON LA ESTABILIDAD HEMODINÁMICA DEL PACIENTE
POLITRAUMATIZADO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Trabajo Final de Graduación sometido a la consideración del Comité del Programa de Estudios de Posgrado de la Especialidad de Ortopedia y Traumatología para optar por el grado de Especialista en Ortopedia y Traumatología

Sustentante: Dr. Rolando Álvarez Chaves

Tutor: Dr. Orlando Daly Mullins

San José, Costa Rica

2023

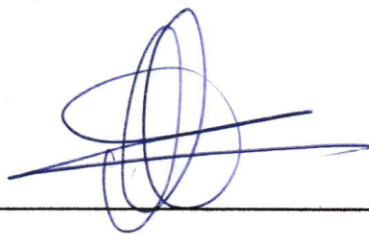
Agradecimiento

Primeramente, quiero agradecer a Dios por la oportunidad y la fortaleza, porque estoy seguro de que estuvo conmigo todos estos años. Y, en segundo lugar, quiero agradecer a mi esposa Tatiana y a mis hijos Alejandro y Gabriel. Mis tesoros, este logro es nuestro; sin ustedes y su apoyo incondicional jamás lo hubiera logrado.

Dedicatoria

Dedicado a quienes han sido mi centro, mi refugio y mi motivación durante este viaje: mi esposa y mis hijos.

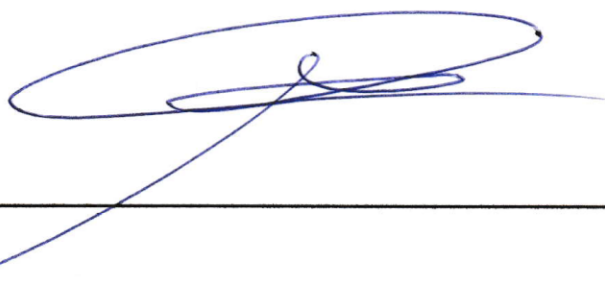
Este trabajo final de graduación fue aceptado por el comité de la Especialidad en Ortopedia y traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y traumatología.



Dr. Orlando Daly Mullins.

Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología

Tutor.



Dr. Álvaro Cordero Herrera. M

Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología

Lector



Dr. Esteba Zamora Estrada.

Médico Asistente Especialista en Ortopedia y Traumatología

Jefe del Postgrado de Ortopedia y Traumatología.

Carta de revisión filológica

San José, 18 de abril de 2023

Señores(as):

Programa de Posgrado en Especialidades Médicas
Universidad de Costa Rica

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

**ABORDAJE DEL MANEJO AGUDO DE LAS FRACTURAS DE PELVIS Y SU
RELACIÓN CON LA ESTABILIDAD HEMODINÁMICA DEL
PACIENTE POLITRAUMATIZADO: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA**

Dicho documento fue elaborado por Rolando Álvarez Chaves, cédula de identidad 110950690, con el fin de optar al grado de Especialista en Ortopedia y Traumatología. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO (FIRMA)

Firmado
digitalmente por
MARIA FERNANDA
SANABRIA COTO
(FIRMA)
Fecha: 2023.04.18
09:02:00 -06'00'

Índice

Capítulo I. Aspectos introductorios	1
1.1. Objetivos	1
1.1.1. Objetivo general.....	1
1.1.2. Objetivos específicos	1
Capítulo II. Marco teórico	1
2.1. Epidemiología	1
2.2. Anatomía funcional de la pelvis.....	2
2.3. Anatomía quirúrgica de la pelvis y su relevancia clínica	5
2.3.1. Hemipelvis	5
2.3.2. Hueso iliaco	6
2.3.2.1. Relevancia clínica.....	8
2.3.3. Isquion	8
2.3.4. Pubis.....	9
2.4. Anatomía del sacro	10
2.4.1. Relevancia clínica	10
2.5. Anatomía de superficie.....	11
2.5.1. Superficie sacra anterior	11
2.5.2. Superficie sacra posterior	11
2.5.2.1. Relevancia clínica.....	12
2.5.3. Superficie sacra lateral	13
2.5.4. Superficie sacra superior	13
2.5.4.1. Variaciones anatómicas.....	14
2.5.4.2. Relevancia quirúrgica	14
2.5.5. Arquitectura sacra interna	15

2.7.7.1. Relevancia clínica.....	16
2.5.6. Relevancia clínica	17
2.5.7. Orientación sagital	17
2.6. Anatomía topográfica músculo-ligamentoso	17
2.6.1. El complejo ligamentoso sacroilíaco	17
2.6.2. Complejo del ligamento iliolumbar	18
2.6.3. Relevancia clínica	19
2.6.4. Los ligamentos del piso pélvico	19
2.6.5. Cóccix	20
2.7. Articulaciones articulares pélvicas.....	20
2.7.1. La sínfisis púbica	20
2.7.2. Articulación sacroilíaca	21
2.7.3. Ligamentos de la articulación sacroilíaca	22
2.7.3.1. Ligamento sacroilíaco anterior.....	22
2.7.3.2. Ligamento sacroilíaco interóseo	22
2.7.3.3. Ligamento sacroilíaco posterior	23
2.7.3.4. Ligamentos del suelo pélvico.....	23
2.7.3.5. Ligamento sacrotuberoso	23
2.7.3.6. Ligamento sacroespinoso.....	24
2.7.3.7. El ligamento iliolumbar.....	24
2.7.4. Relevancia clínica	25
2.8. Anatomía vascular.....	25
2.8.1. Sistema vascular arterial.....	25
2.8.2. Corona mortis	27
2.9. Clasificación de las fracturas de pelvis	29

2.10. Inestabilidad hemodinámica en un paciente politraumatizado	34
2.11. Clasificación de trauma pélvico de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia (WSES).....	36
2.12. Dispositivos de compresión pélvica circunferencial	37
2.12.1. Cinturón pélvico, sábana pélvica	37
2.12.2. Fijador externo de pelvis.....	38
2.12.3. Fijador de pelvis transilíaco	40
2.12.3.1. Técnica quirúrgica para su aplicación.....	40
2.12.4. Fijador de pelvis supraacetabular	41
2.12.4.1. Técnica quirúrgica para su aplicación.....	42
2.12.5. C Clamp.....	43
2.12.5.1. Técnica quirúrgica para su aplicación.....	43
2.12.6. Empacado preperitoneal.....	44
2.12.6.1. Técnica quirúrgica	45
2.12.7. Tornillo sacroilíaco de emergencia.....	45
2.12.8. Angiografía y embolización arterial selectiva	47
2.13. Protocolos de manejo de un paciente con una fractura de pelvis mecánicamente inestable con inestabilidad hemodinámica.....	49
Capítulo III. Conclusiones	54
Bibliografía	55

Índice de figuras

Figura 1. Representación anatómica de los diferentes estabilizadores de la pelvis.....	4
Figura 2. Anatomía vascular de la pelvis	28
Figura 3. Diagrama del sistema arterial pélvico.....	29
Figura 4. Sistema de clasificación de Tile de las fracturas de pelvis	32
Figura 5. Sistema de clasificación de Young y Burgess	33
Figura 6. Vista oblicua obturatriz en un intensificador de imágenes donde se puede observar la colocación correcta de un pin en un fijador de pelvis transilíaco	41
Figura 7. Técnica quirúrgica para la colocación de los pines en un fijador externo supra acetabular	42
Figura 8. Esquema que ilustra el sitio de entrada de los pines en la colocación de un C Clamp.....	44
Figura 9. Algoritmo de manejo quirúrgico de trauma pélvico e inestabilidad hemodinámica.....	52

Índice de tablas

Tabla 1. Manejo recomendado según clasificación y lineamientos de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia (WSES).....	50
---	----

Resumen

La mortalidad de un paciente con una fractura de pelvis hemodinámicamente inestable se ha reportado en diferentes estudios entre un 40-50%. Este valor tan elevado se ha atribuido a diversos factores intrínsecos y extrínsecos a la fractura, así como a la dificultad en la coordinación de los diferentes grupos quirúrgicos relacionados. Existen varios dispositivos y procedimientos descritos para el tratamiento agudo de esta patología. Por ejemplo, la utilización de la sabana pélvica en pacientes con estas lesiones traumáticas es un procedimiento clave en la estabilización y control de la patología, permitiendo una mejor gestión del dolor y, principalmente, el control de la hemorragia en su mayoría venosa, lo que disminuye el volumen de la cavidad y previene complicaciones asociadas. Por su parte, el control de daños sustentado en la fijación externa supraacetabular ha mostrado una disminución significativa en la tasa de mortalidad; sin embargo, presenta el inconveniente de no estar indicado en todos los patrones de fracturas pélvicas. En pacientes con inestabilidad hemodinámica persistente, el empacado peritoneal se ha convertido en un método de tratamiento con una alta tasa de éxito según estudios de alto nivel de evidencia científica. La embolización arterial selectiva es un procedimiento que consiste en la obliteración de arterias específicas mediante la introducción de un material embolizante. Además, en pacientes con fracturas de pelvis e inestabilidad hemodinámica, esta técnica ha sido utilizada como una estrategia terapéutica efectiva para controlar el sangrado y estabilizar al paciente, lo que ha demostrado una alta tasa de éxito en la reducción de la morbimortalidad asociada a las graves lesiones traumáticas de la pelvis, con el advenimiento de que únicamente un 5-10% de los pacientes requieren dicho procedimiento, ya que, en la mayoría de los casos, el sangrado en la cavidad pélvica es de origen venoso. Así mismo, el empleo de tornillos iliosacros en el tratamiento de lesiones pélvicas ha adquirido notable relevancia en el ámbito de la cirugía ortopédica, debido a su eficacia para el control tanto de la estabilidad hemodinámica como de los vectores de fuerzas mecánicas deformantes. A pesar de ello, para lograr óptimos resultados en la intervención quirúrgica, se precisa una meticulosa evaluación anatómica y entrenamiento en la técnica por parte del equipo médico. También se ha demostrado que el empleo de un protocolo adecuado para el manejo de estas lesiones en hospitales de trauma de Nivel I tiene un efecto significativo en la disminución de la morbilidad y mortalidad de los pacientes en cuestión. Este hallazgo se ha constatado a través de rigurosos estudios científicos. Por lo que esta revisión tiene como objetivo establecer una comprensión integral de las fracturas de pelvis inestables, en términos anatómicos y fisiológicos.

Abstract

The mortality rate for a patient with hemodynamically unstable pelvic fractures has been reported in various studies to be between 40-50%. This high value has been attributed to various intrinsic and extrinsic factors related to the fracture, as well as difficulties in coordinating the different surgical groups involved. There are various devices and procedures described for the acute treatment of this pathology. The use of a pelvic binder in patients with these traumatic injuries is a key procedure in stabilizing and controlling the pathology, allowing for better pain management and, mainly, controlling bleeding, which is mostly venous, reducing the volume of the cavity, and preventing associated complications. Damage control supported by supra-acetabular external fixation has shown a significant decrease in mortality rate, however, with the drawback of not being indicated in all patterns of pelvic fractures. In patients with persistent hemodynamic instability, abdominal packing has become a treatment method with a high success rate according to high-level scientific evidence studies. Selective arterial embolization is a procedure that consists of the obliteration of specific arteries through the introduction of an embolizing material. In patients with pelvic fractures and hemodynamic instability, this technique has been used as an effective therapeutic strategy to control bleeding and stabilize the patient, demonstrating a high success rate in reducing morbidity and mortality associated with serious pelvic traumatic injuries, with only 5-10% of patients requiring this procedure as in most cases the bleeding in the pelvic cavity is of venous origin. The use of iliosacral screws in the treatment of pelvic injuries has gained notable relevance in the field of orthopedic surgery due to its effectiveness in controlling both hemodynamic stability and the control of deforming mechanical force vectors. Despite this, a meticulous anatomical evaluation and technique training by the medical team is required to achieve optimal results in the surgical intervention. It has been demonstrated that the use of an adequate protocol for the management of these injuries in Level I trauma centers has a significant effect on the reduction of morbidity and mortality in the patients involved. This finding has been evidenced through rigorous scientific studies.

Capítulo I. Aspectos introductorios

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

El objetivo general de este estudio es establecer una comprensión integral de las fracturas de pelvis inestables, en términos anatómicos y fisiológicos, revisando las principales técnicas de intervención y protocolos de manejo agudo.

Dicho objetivo abarca una investigación exhaustiva de la evidencia actual, con el fin de identificar las mejores prácticas clínicas para el tratamiento de estas lesiones traumáticas graves. Por lo que se enfoca en la identificación temprana de fracturas de pelvis mecánica y hemodinámicamente inestables; además, la aplicación de dispositivos y técnicas de intervención apropiadas para prevenir o reducir las complicaciones potencialmente mortales. Además, se examinan diferentes protocolos de manejo agudo para pacientes con estas lesiones, con el fin de comprender cuál es el abordaje más efectivo que pueda garantizar una disminución de la morbimortalidad, una rápida recuperación y mejorar la calidad de vida a largo plazo. Este estudio tiene como propósito final proveer directrices claras para los profesionales de la salud que luchan por brindar una atención de alta calidad a los pacientes que presentan fracturas de pelvis inestables.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Describir anatómicamente la pelvis y sus principales estabilizadores mecánicos, así como los patrones de fractura, según la clasificación de Tile y Young y Burgess. También se define la vascularización de la pelvis y el concepto de inestabilidad hemodinámica. Se presenta la clasificación de trauma pélvico de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia y se establecen las indicaciones para el uso de la sábana pélvica y del cinturón pélvico.
2. Establecer las indicaciones para el uso del fijador externo supraacetabular e ilíaco, del C-Clamp y el tornillo iliosacro de emergencia, así como las

indicaciones para realizar la embolización arterial selectiva y el empacado preperitoneal.

3. Definir los criterios diagnósticos para una paciente *in extremis*, así como diferentes protocolos de manejo que se pueden implementar en un hospital de trauma Nivel I; se discuten estos comparándolos con la realidad del medio costarricense.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Epidemiología

La epidemiología de las fracturas de pelvis se ha convertido en un tema de gran importancia para los profesionales médicos, debido a su alta incidencia y morbimortalidad asociada. Dichas fracturas son lesiones que afectan, principalmente, a personas de edad avanzada y a aquellos que llevan a cabo actividades de alto impacto, como deportistas y trabajadores de la construcción, además de los involucrados en accidentes de tránsito.

Según los estudios epidemiológicos, se ha descubierto que las fracturas de pelvis son más comunes en mujeres que en hombres, debido a la disminución de la densidad ósea en ellas después de la menopausia. Así mismo, se ha encontrado que el riesgo de sufrir una fractura de pelvis aumenta con la edad, siendo los individuos mayores de 65 años los más afectados.

Los mecanismos de trauma que se asocian a las fracturas de pelvis son, principalmente, accidentes de tráfico, caídas desde una altura considerable o lesiones deportivas. Es importante señalar que la gravedad de estas lesiones y su pronóstico dependen en gran medida del tipo de fractura y del grado de lesión del paciente.

La morbimortalidad asociada a las fracturas de pelvis es significativa. Estas lesiones se asocian con un alto riesgo de complicaciones, como la pérdida de sangre, la infección y la disfunción del sistema urinario. Además, las fracturas de pelvis pueden producir dolor crónico y tienen un impacto negativo en la calidad de vida del paciente.

En cuanto a la presentación de las fracturas de pelvis, se ha establecido una distribución bimodal. La mayoría de las fracturas corresponden a traumatismos de baja energía en pacientes mayores de edad, y suelen ser estables mecánica y hemodinámicamente. En cambio, el 10% restante se asocia a traumatismos de alta energía en pacientes jóvenes, y son fracturas que suelen tener una inestabilidad

mecánica inherente; a menudo, se acompaña de lesiones complejas y compromiso hemodinámico (Mejía et al., 2020).

Por otro lado, de todos los pacientes politraumatizados que se atienden en los servicios de emergencias, aproximadamente, el 25% presentan fracturas de pelvis. Este tipo de fracturas, como ya se mencionó, elevan significativamente la morbimortalidad del paciente, debido a que pueden causar o contribuir a una inestabilidad hemodinámica por lesión vascular, visceral u ósea (Langford et al., 2013). De hecho, múltiples estudios indican que, independiente del manejo que se le dé a un paciente con una fractura de pelvis hemodinámicamente inestable, la mortalidad rondará cerca de 40-50% (Vaidya et al., 2018; Copp y Eastman, 2021; Cheng et al., 2018).

2.2. Anatomía funcional de la pelvis

La anatomía de la región pélvica envuelve una serie de estructuras complejas, incluidos huesos, ligamentos, articulaciones, músculos, órganos intrapélvicos, y estructuras neurovasculares. En el tratamiento de las lesiones pélvicas, es necesario que el cirujano conozca con detalle la anatomía pélvica y tenga una ubicación tridimensional de esta. Por lo cual, el enfoque de este apartado es proporcionar la anatomía relevante que debe ser tomada en cuenta al realizar cirugías abiertas, percutáneas o de control de daños.

El anillo pélvico es una estructura anatómica que confiere estabilidad funcional a la región lumbopélvica. Esta región ósea es una estructura compleja, compuesta por varias articulaciones y ligamentos que actúan en conjunto para permitir el adecuado soporte del tronco y extremidades inferiores.

Las ramas del ilion y del isquion son dos estructuras óseas que se unen en la sínfisis púbica constituida por un disco fibrocartilaginoso. Esta articulación juega un papel importante en el soporte y la estabilidad de la pelvis, limitando el colapso pélvico.

La estabilidad rotacional externa de la hemipelvis se logra a través de la sínfisis púbica, los ligamentos sacroespinosos y los ligamentos sacroilíacos anteriores. Por otro

lado, la rotación en el plano sagital se encuentra restringida por los ligamentos sacrotuberosos. El desplazamiento vertical de la pelvis está controlado por todos los ligamentos mencionados, más los ligamentos sacroilíacos interóseos, sacroilíacos posteriores e iliolumbares, además de los ligamentos a distancia, sacroespinoso y sacrotuberoso.

Los ligamentos sacroilíacos interóseos, anteriores y posteriores; los ligamentos sacrotuberosos y sacroespinosos, así como los ligamentos iliolumbares, son responsables de preservar y mantener la estabilidad global de la pelvis. La función de estos es fundamental en la estabilidad de la pelvis, así como en la prevención de la disfunción lumbo-pélvica. Por su parte, la disfunción de la pelvis puede causar una variedad de síntomas, que van desde síntomas molestos a discapacidades graves y condiciones dolorosas. Ejemplos de estas disfunciones incluyen la incontinencia urinaria, la dispareunia, la disfunción eréctil y la inestabilidad de la pelvis.

La naturaleza elástica del anillo pélvico tiene su base en las tres articulaciones antes descritas, anteriormente la sínfisis púbica y, posteriormente, la articulación bilateral sacroilíaca. Las que cobran relevancia en la transmisión de fuerzas desde la columna vertebral hacia los miembros inferiores.

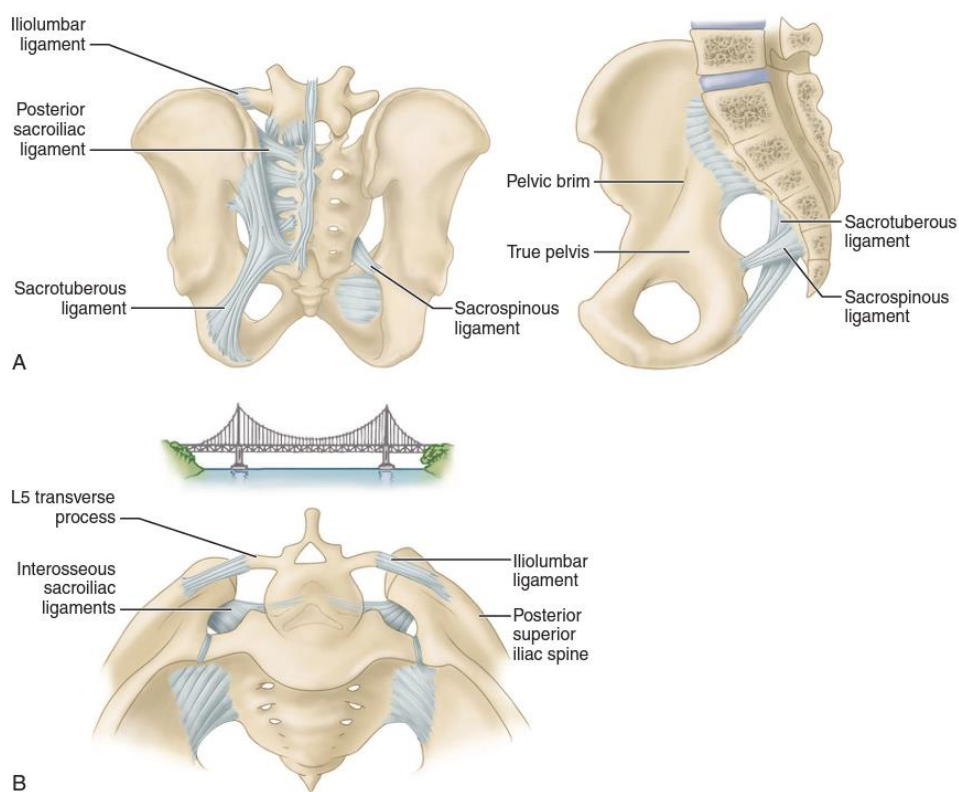
Un indicador de la diástasis de la sínfisis púbica, que es una patología frecuente en la pelvis, es la ruptura de los ligamentos sacroespinosos que suele caracterizarse por una inestabilidad rotacional de la pelvis. En presencia de una migración cefálica posterior superior al 1 cm de una hemipelvis, puede darse una inestabilidad vertical que conlleva a una inestabilidad mecánica de la pelvis. Por otro lado, una apertura mayor a 4 mm de la articulación sacroilíaca sugiere una inestabilidad posterior en la pelvis, que puede presentarse en los diferentes patrones de fractura asociados con esta.

La diástasis de la sínfisis púbica es una afección traumática que se produce a menudo en el contexto de traumatismos de alta energía, como accidentes de tráfico y caídas desde una gran altura. La pelvis es una estructura anatómica compleja que consta de numerosos huesos, ligamentos, músculos y articulaciones, por lo que su estabilidad

es fundamental para mantener el equilibrio y la funcionalidad de todo el cuerpo, incluyendo la capacidad para caminar y la reproductiva.

La evaluación radiológica es esencial para el diagnóstico de la diástasis de la sínfisis púbica y de la inestabilidad mecánica de la pelvis. En la mayoría de los casos, una radiografía simple puede revelar la presencia de una separación en la sínfisis púbica. Sin embargo, los casos más complicados, como la inestabilidad vertical y posterior de la pelvis, pueden requerir pruebas diagnósticas más especializadas, como el uso de una tomografía computarizada o una resonancia magnética.

Figura 1. Representación anatómica de los diferentes estabilizadores de la pelvis.



Fuente: Azar et al. (2020).

El tratamiento de la diástasis de la sínfisis púbica y la inestabilidad mecánica de la pelvis depende de la gravedad y la naturaleza de la lesión. En los casos leves, el tratamiento puede consistir en reposo y fisioterapia; mientras que, en los casos graves,

puede ser necesario un tratamiento quirúrgico que incluya la reparación de los tejidos afectados y la estabilización de la pelvis.

En los casos leves, se recomienda el reposo y la reducción de las actividades que puedan empeorar la lesión, así como el uso de fajas de soporte y ejercicios específicos de fortalecimiento para los músculos que rodean la pelvis. Así mismo, la fisioterapia puede incluir técnicas de terapia manual, estiramientos y fortalecimiento muscular.

Para los casos más graves, la cirugía es necesaria con el fin de estabilizar la pelvis. Esta puede incluir la colocación de fijadores externos, la reparación de los músculos y ligamentos dañados, así como la fusión de las articulaciones involucradas.

2.3. Anatomía quirúrgica de la pelvis y su relevancia clínica

2.3.1. Hemipelvis

La hemipelvis consta de tres huesos, que se fusionan durante la pubertad y la edad adulta temprana. Su conexión es el cartílago triangular, el cual se fusiona con el acetábulo óseo, típicamente entre los 14 y los 16 años.

El desarrollo hemipélvico está respaldado por un crecimiento epifisario y apofisario adicional. En el esqueleto en desarrollo, las apófisis sirven como centros de osificación secundarios, que se desarrollan durante la segunda década de vida. Sirven como sitios de origen e inserción de músculos y tendones.

La apófisis de la cresta ilíaca consta de la apófisis/epífisis de la espina ilíaca anterosuperior; la verdadera epífisis de la cresta ilíaca anterior, que se extiende hasta aproximadamente la mitad de toda la cresta ilíaca; y la apófisis de la cresta ilíaca posterior, que se desarrolla a partir de la apófisis de la espina ilíaca superior posterior. Además, las epífisis de la cresta ilíaca verdadera (anterior y posterior) normalmente se unen cerca de la mitad de la cresta ilíaca.

La apófisis de la cresta ilíaca se desarrolla en pacientes varones entre los 12 y los 15 años (mediana de 14 años), y el cierre se observa entre los 16 y los 23,9 años (mediana de 21,6 años). En las mujeres, la apófisis aparece entre los 11,3 y los 15,9 años (mediana 14,4 años), y el cierre se encuentra entre los 15,8-25,8 años (mediana 23,3 años). La osificación, generalmente, comienza de anterior a posterior:

- La apófisis de la espina ilíaca anterosuperior normalmente se desarrolla a los 16 años y se fusiona alrededor de los 25 años.
- La apófisis de la espina ilíaca anteroinferior normalmente se desarrolla entre los 11 y los 15 años, y se fusiona entre los 16 y los 18 años.
- La apófisis de la tuberosidad isquiática se inicia entre los 13 y 16 años; mientras que la fusión ocurre entre los 16 y 18 años con la unión completa entre los 20 y 23 años.

2.3.2. Hueso iliaco

El ilion es uno de los huesos que conforma la pelvis y se ubica en la parte superior del hemipelvis. Se divide en dos secciones: una superior y otra inferior, separadas por una cresta en la superficie interna conocida como línea arqueada. Esta formación se fusiona con la línea terminalis y el borde pélvico en su zona anterior.

Además, el ilion es una parte vital de la pelvis falsa que se presenta como una estructura alar en forma de abanico en la parte superior. Esta estructura juega un papel crucial en el movimiento de la parte inferior de la pierna, ya que sirve como origen de los grupos musculares esenciales como los abductores, el glúteo mayor y el músculo ilíaco. La superficie interna del ala es cóncava y está cubierta por el músculo ilíaco; mientras que, cerca de la articulación sacroilíaca, se encuentra un gran agujero de nutrientes que puede ser fuente de sangrado relevante durante una cirugía.

Diversos estudios han analizado la ubicación precisa de este agujero de nutrientes, y encontraron que se sitúa, aproximadamente, a 12,5 mm lateral a la línea de la articulación sacroilíaca anterosuperior y a 23,5 mm perpendicular a esta línea a lo largo

del borde pélvico paralelo a la línea de la articulación sacroilíaca. Además, se ha descubierto que la arteria nutricia atraviesa la articulación sacroilíaca, lo que hace que sea aún más importante conocer su ubicación exacta. En promedio, este foramen se encuentra a 88,1 mm medial a la espina iliaca anterosuperior, 20,1 mm por encima del borde pélvico y 20,1 mm lateral a la articulación sacroilíaca.

En el ilion posterior, se encuentra una cresta directamente superior al área de articulación con el sacro. Dentro de la pelvis verdadera, se hace visible la superficie articular ilíaca en forma de L de la articulación sacroilíaca. Más posterior, está presente un área rugosa para la unión de los ligamentos sacroilíacos interóseos y posteriores.

La superficie externa (glútea) del ala ilíaca presenta algunos márgenes óseos (líneas glúteas) y asperezas, lo que indica inserciones musculares. Además, los abductores se originan a lo largo de la línea glútea anterior e inferior, el músculo glúteo mayor en gran medida a lo largo de la línea glútea posterior.

El margen superior del ilion está engrosado, forma la cresta ilíaca para las inserciones musculares y fasciales de los músculos y fascias lumbares, abdominales y de la parte inferior de las piernas. Anterior y posterior, la cresta ilíaca termina en la espina iliaca anterosuperior y la espina ilíaca posterosuperior, respectivamente. En la forma de la pelvis falsa, la cresta ilíaca es convexa en el lado exterior. Aproximadamente, 4-8 cm posterior a la espina iliaca anterosuperior, se hace visible un tubérculo prominente, el tubérculo de la cresta ilíaca. Esta área es relativamente gruesa e incluye un corredor óseo ligeramente angulado, que va desde la cresta ilíaca hasta la región supra acetabular. Este hito tiene relevancia quirúrgica durante las técnicas de fijación externa del anillo pélvico. Aquí, la fuerte estructura ósea permite suficientes fuerzas de sujeción para la aplicación de clavos en un fijador externo ilíaco.

Inferior a la espina iliaca anterosuperior, en el margen anterior del ilion, la espina ilíaca anteroinferior, el área de unión del músculo recto femoral es un punto de referencia importante.

Finalmente, a lo largo del plano, desde la espina iliaca anteroinferior hasta la espina ilíaca posteroinferior, está presente un corredor óseo largo que forma la parte inferior del ilion, integrando el techo acetabular. Más posterior, el margen superior de la escotadura ciática mayor representa su base inferior.

2.3.2.1. Relevancia clínica

Varios investigadores analizaron el corredor óseo entre la espina iliaca anteroinferior y la espina iliaca posterosuperior para técnicas de estabilización posterior y anterior utilizando diferentes orientaciones. Su longitud es de entre 10 y 15 cm con un ancho de 11,4 mm y una altura de 23 mm.

Paralela y anterior a la articulación sacroilíaca, la estructura ósea más fuerte, la "densidad cortical ilíaca", es una estructura relevante para la fijación de implantes. La densidad cortical ilíaca es casi siempre caudal y posterior a la vertiente alar sacra.

El cuerpo y el ala ilíaca forman un ángulo de, aproximadamente, 60 grados en el plano frontal en el lado interno de la pelvis. En el lado externo, este ángulo se reduce a 20 grados, -30 grados, debido a la pared posterior más prominente y la columna posterior del acetábulo.

2.3.3. Isquion

El isquion es la parte posterior e inferior de la hemipelvis y consta de un cuerpo grande que se une con el ilion y la rama superior del pubis, así como una extensión anterior de la tuberosidad isquiática, que se une con la rama inferior del pubis para formar el borde posterior-inferior del agujero obturador. El gran cuerpo del isquion comprende alrededor de $2/5$ de la superficie acetabular, incluida la fosa acetabular. Es un estabilizador estático relevante.

En su margen posterior, que forma parte de la columna acetabular posterior, la espina isquiática separa la escotadura ciática menor de la escotadura ciática mayor, debido a la inserción del ligamento sacroespinoso. La tuberosidad isquiática es

importante para la transferencia de carga durante, así como para apoyar la sedestación, y es el origen importante de los músculos isquiotibiales.

2.3.4. Pubis

El pubis es la parte anterior e inferior de la hemipelvis con su cuerpo sínfisis y las ramas superior e inferior. La rama púbica superior está orientada posterior-lateralmente desde el cuerpo y se une a la cavidad acetabular creando la pared acetabular anterior. En la parte superior de la rama superior, varios puntos de referencia quirúrgicos son relevantes:

- Tubérculo púbico: un tubérculo anterior prominente proyectado en el borde superior de la porción medial de la rama superior, donde se inserta el ligamento inguinal.
- Pecten pubis: un borde superior agudo, que forma parte del borde pélvico, el cual surge del tubérculo púbico y discurre posterior-medial para formar la línea iliopectínea junto con la línea arqueada más posterior; crea el borde medial de la pelvis verdadera.
- Eminencia iliopectínea: borde medial del surco, donde los músculos ilíacos y psoas mayor discurren sobre la región inguinal hasta el trocánter menor del fémur; marca el punto de unión de la rama púbica superior y el ilion; el psoas menor se inserta en su borde medial (línea pectínea/pectina del pubis).
- Cresta púbica: se extiende desde el tubérculo púbico hasta el borde superior medial de la sínfisis púbica; el tendón conjunto del recto abdominal, el músculo oblicuo externo abdominal y el músculo piramidal se insertan en esta área.

El fuerte ligamento pectíneo (ligamento de Cooper) se extiende desde el tubérculo púbico hasta la eminencia iliopectínea. Parte del ligamento inguinal, el arco iliopectíneo separa la laguna musculorum de la laguna vasorum y fortalece el ligamento pectíneo distal y medialmente. Lateral a la eminencia iliopectínea, la parte posterior de la fascia del iliopsoas cierra la entrada a la pelvis.

Junto con la rama púbica inferior y el cuerpo isquiático, la rama superior crea una parte importante del agujero obturador. En el margen superior lateral del agujero obturador, se puede detectar un surco óseo, el surco obturador, que forma el borde superior óseo del canal obturador. Las estructuras neurovasculares obturadoras pasan desde el interior de la pelvis hasta el muslo.

La rama inferior delgada y plana se dirige lateral e inferior desde el extremo medial de la rama superior para unirse con la rama del isquion. La superficie anterior es rugosa, donde se originan los músculos recto interno, obturador externo y aductor corto y mayor. Además, la superficie interna posterior lisa es el origen del músculo obturador interno. Las ramas superior e inferior del pubis están rodeadas, por lo tanto, por el cabestrillo muscular de los músculos obturadores, permiten, junto con el grueso periostio superior, la curación rápida de las fracturas del anillo pélvico anterior.

2.4. Anatomía del sacro

El sacro es una estructura anatómica compleja, que está formada por la fusión de, normalmente, cinco vértebras sacras, creando un gran hueso triangular. En total, el sacro desarrolla de 58 a 60 centros de osificación sacra. Además, la forma y fusión definitivas se desarrollan durante la pubertad a la edad de 16-18 años y se completa entre los 25 y los 34 años. La fusión ocurre a lo largo de los discos intervertebrales, comenzando en la parte inferior.

2.4.1. Relevancia clínica

A veces, se puede observar un disco intervertebral persistente entre las vértebras S1 y S2. El sacro se articula con la quinta vértebra lumbar, ambos huesos innominados a través de la articulación sacroilíaca y distalmente con el cóccix.

El sacro muestra cuatro agujeros sacros anterior y posterior. Las raíces nerviosas S1-S4 salen por su foramen correspondiente, mientras que la raíz nerviosa S5 sale entre el sacro y el cóccix. Por su parte, los agujeros anteriores son más grandes que los agujeros posteriores, ya que el diámetro de la raíz nerviosa anterior es mayor.

2.5. Anatomía de superficie

La forma ósea del sacro posmaduro muestra una superficie pélvica anterior cóncava y una superficie convexa posterior correspondiente. La superficie sacra lateral es más ancha en el área superior y se estrecha en dirección al cóccix. Su amplia base se dirige hacia arriba y hacia adelante, además, el vértice cónico se dirige hacia abajo. La arquitectura ósea consta de una gran cantidad de hueso esponjoso, que está envuelto por una fina capa de hueso cortical. Finalmente, el sacro tiene una altura y una anchura de 10-11 cm.

2.5.1. Superficie sacra anterior

La superficie sacra cóncava anterior es relativamente suave y representa el borde posterior de la pelvis verdadera. Muestra líneas de fusión de los cuerpos vertebrales anteriores (crestas), que son reconocibles como líneas transversales. Por lo general, hay cuatro pares de agujeros sacros anteriores, que disminuyen de tamaño de proximal a distal, lo que permite el paso hacia el canal vertebral sacro y posterior al paso posterior de las raíces nerviosas anteriores que crean los agujeros del plexo sacro y las arterias sacras laterales. Estos forámenes están ubicados a cada lado de la cresta transversal correspondiente. La orientación foraminal es ligeramente anterolateral. Los agujeros anteriores son más grandes que los agujeros posteriores, ya que el diámetro de la raíz nerviosa anterior es mayor.

Finalmente, en el sacro anterior lateral superior, partes del músculo ilíaco surgen de su superficie. Además, lateral a los agujeros, surge el músculo piriforme.

2.5.2. Superficie sacra posterior

La superficie sacra posterior es convexa y muy irregular. Los elementos posteriores de las antiguas vértebras sacras crean varias crestas longitudinales.

La cresta sacra mediana prominente muestra proximalmente un tubérculo S1 más prominente (proceso espinal antiguo), mientras que los tubérculos S2-S5 son menos prominentes. En la parte inferior de la cresta mediana, a menudo, la quinta lámina sacra

no muestra fusión en la línea media, creando una abertura denominada hiato sacro. Existen diferentes variaciones de la ubicación del hiato.

La lámina fusionada sigue lateral a estos procesos espinales. La irregularidad del área sacra posterior lateral adicional se basa en los procesos articulares fusionados, presentándose como una cresta intermedia. Su parte más inferior forma una protuberancia ósea, los cuernos sacros, que se conectan con el cóccix.

Más lateral, cuatro pares de agujeros dorsales están presentes, y disminuyen de tamaño de proximal a distal, para el paso de las divisiones posteriores de los nervios sacros, que salen en todo el borde foraminal lateral, en el cuadrante lateral inferior de los agujeros, la rama foraminal de la arteria sacra lateral suele estar presente medial a la raíz nerviosa. Por lo general, falta un plexo venoso acompañante.

Intraoperatoriamente, estos son hitos relevantes para el control de la reducción de fracturas. En comparación con los agujeros anteriores, los agujeros posteriores son mucho más pequeños y menos regulares. La orientación entre los agujeros anterior y posterior muestra una forma de Y, donde el agujero anterior forma la base con dos ramas que se orientan medialmente hacia el canal vertebral sacro y posterior al agujero posterior.

2.5.2.1. Relevancia clínica

Se ha analizado el curso del túnel de la raíz del nervio sacro superior en imágenes intraoperatorias estándar. Este ha sido visible en 100%, 21% y 91% en la vista de salida, vista de entrada y vista lateral verdadera, respectivamente.

La asociación morfológica entre el segundo agujero sacro posterior y la espina iliaca posterosuperior puede tener relevancia quirúrgica durante la fijación de fracturas para el control de la reducción. Por su parte, el segundo foramen se ubica, aproximadamente, 2-3 cm medial a la espina iliaca posterosuperior en una angulación de 45 grados inferior a la espina ilíaca posterosuperior.

Los procesos transversos fusionados representan la parte más lateral de la superficie posterior. Aquí tienen su origen los ligamentos iliosacros posteriores.

Las inserciones musculares posteriores incluyen partes del glúteo mayor lateral justo debajo de la articulación sacroilíaca y los músculos multifidos, sacroespinal y erector de la columna, que se originan en los surcos sacros mediales a la cresta media.

2.5.3. Superficie sacra lateral

La superficie sacra lateral con su forma triangular se presenta con la parte articular sacra de la articulación sacroilíaca. La superficie articular en forma de L presenta extremidades superiores e inferiores, casi rectangulares entre sí, y se ubica en el borde anterior del sacro; mientras que el borde posterior es no articular, debido a la inserción de los ligamentos iliosacros interóseos. Además, la longitud del miembro superior longitudinal es de 3,7 a 4,4 cm, mientras que el miembro inferior horizontal tiene una dimensión de 5,6 cm. Finalmente, la superficie auricular del sacro tiene una superficie media de 18,4 cm².

2.5.4. Superficie sacra superior

La superficie sacra superior consiste en el promontorio sacro (porción anterior de la primera vértebra sacra) y el ala sacra. Posterior al cuerpo S1, una abertura triangular representa la entrada del canal sacro. Medial al canal sacro, las facetas superiores de la articulación facetaria lumbosacra son prominentes con una orientación posterior-medial. El área del pedículo de S1 está ubicada directamente lateral al canal sacro con su margen cefálico ubicado debajo de la cara más anterior de la faceta superior. El margen medial representa el borde lateral del canal sacro, mientras que no se conoce una ubicación anatómica clara para el margen lateral.

Así mismo, la masa sacra (ala sacra) sigue lateralmente al pedículo y consta de elementos costales fusionados y procesos transversos. Además, el área de la sección transversal de la dismórfica, que se define como la diferencia de plano entre el promontorio y el ala sacra. Un ángulo resultante está orientado aproximadamente 30

caudal al plano frontal. Por su parte, las inserciones en el ala sacra incluyen el ligamento iliolumbar y el ligamento lumbosacro.

2.5.4.1. Variaciones anatómicas

La unión lumbosacra es una región muy variable con variaciones anatómicas comunes. Aquí, especialmente una sexta vértebra lumbar o un sacro de seis huesos es de relevancia quirúrgica.

La morfología atípica del hueso sacro superior se observa en el 30-55%. En comparación con el sacro normal, el quinto agujero sacro adicional superior resultante es más grande, no circular, deforme e irregular. A menudo, se puede observar un espacio discal residual, especialmente en la vista de salida o en la tomografía computarizada, que corta la parte superior dismórfica y el hueso sacro del segundo segmento sacro original puede ser un 36 % más pequeño que en el cuerpo S1 normal, lo que hace la orientación horizontal del tornillo imposible. Anatómo-patológicamente se encuentra una posición relativamente alta del ala sacra en relación con la cresta ilíaca, así como la presencia de procesos mamilares y conexiones articulares entre los procesos transversos lumbares y sacros. Además, puede ocurrir lumbarización o sacralización.

2.5.4.2. Relevancia quirúrgica

Un sacro superior dismórfico se asocia con una vía de tornillo diferente para la fijación con tornillos iliosacros. Las vías óseas están estrechadas y orientadas oblicuamente. En el 80%, la zona segura del segmento sacro S2 es más grande que la zona segura del segmento sacro S1, por lo que el nivel S2 es más seguro y, por lo tanto, se recomienda su uso. Esto da como resultado una orientación diferente del tornillo en el sacro dismórfico.

Distintos autores han descrito las anomalías morfológicas que incluyen una posición más cefálica del ala sacra en relación con las crestas ilíacas, la presencia de procesos mamilares alares sacros adicionales y articulaciones de los procesos transversos lumbares y sacros con el ala verdadera.

Se han descrito varios tipos de dismorfismo sacro y correlacionaron estos hallazgos con el uso de la fijación con tornillos iliosacros. Además, se analizó la frecuencia de cinco anomalías morfológicas clínicamente relevantes:

- El 33% segmento sacro superior no hundido en la pelvis
- El 52,5% existencia de procesos mamilares
- Pendiente alar aguda 35,5%
- El 35,5% disco residual entre el primer y segundo segmento sacro
- El 29,5% agujeros neurales sacros superiores no circulares

Se han analizado las zonas seguras para la inserción de tornillos desde la cara sacra posterior. La unión entre el pedículo sacro posterior y el cuerpo vertebral se considera una zona segura.

Estudios relevantes comunicaron una trayectoria de tornillo medial óptima en S1 que comenzaba justo lateral e inferior a la faceta superior y con un ángulo de 30 grados anteromedial o anterolateralmente. Para S2, la orientación óptima del tornillo comienza en el punto medio posterior de la masa medial (Gänsslen, 2021).

2.5.5. Arquitectura sacra interna

La densidad mineral ósea del sacro es irregular dependiendo de las zonas óseas específicas. Se ha descrito que las zonas óseas más débiles se encuentran en el ala sacra lateral de S1 y al nivel de la unión de S2 y S3; mientras que la zona ósea más fuerte se observó entre los agujeros S1 y S2.

Un análisis de tomografía axial computarizada del sacro normal reveló una densidad ósea reducida en las regiones sacras típicas, con una densidad ósea paraforaminal lateral más baja y entre S1 y S2. Además, se encontró que la densidad mineral ósea media del S1 era un 31,9 % más alta que la del ala sacra, y la densidad mineral ósea más alta se observa típicamente cerca de la parte posterior lateral y anterior lateral del cuerpo S1.

Por otra parte, un análisis de exploración DEXA encontró la densidad mineral ósea esponjosa más alta en los dos tercios anteriores del cuerpo S1; mientras que la densidad mineral ósea cortical más alta se observó anteriormente.

2.7.7.1. Relevancia clínica

La densidad ósea interna puede explicar los patrones de fractura específicos en las fracturas traumáticas y por fragilidad del sacro; por lo tanto, se pueden recomendar vías específicas para los tornillos.

Se ha encontrado un patrón trabecular interno típico de la parte superior del sacro, que muestra fuertes trabéculas, las cuales se extienden desde la superficie superior del cuerpo S1 hasta la superficie articular de la articulación sacroilíaca; desde el proceso articular y el pedículo S1 hasta la articulación sacroilíaca; desde el ángulo posterolateral del ala (lugar de inserción del ligamento lumbosacro) hasta el cuerpo S1, y desde la porción lateral de las láminas hasta la superficie auricular.

El canal vertebral es triangular y su pared posterior a menudo está incompleta en la parte inferior, debido a láminas y procesos espinosos no desarrollados. Contiene típicamente cuatro forámenes en cada lado para transmitir los nervios sacros anterior y posterior.

El saco dural en el 84% termina a nivel de S2. Además, el diámetro de las raíces nerviosas S1 y S2 es aproximadamente 1/3 a 1/4 del diámetro del foramen óseo circundante; mientras que, al nivel de S3 y S4, el diámetro de las raíces nerviosas era solo 1/6 del foramen (Gänsslen, 2021).

Se encontró que la sección transversal de las raíces S2-S5 era del 80 %, 60 %, 20 % y 15 % de la sección transversal de la raíz nerviosa S1. Las fracturas que afectan los agujeros S1 y S2 son, por lo tanto, más vulnerables a la lesión nerviosa concomitante que las fracturas más distales.

El llamado concepto de vestíbulo considera la anatomía ósea especial del pedículo S1, que se eleva ligeramente en el plano frontal y es perpendicular en el plano horizontal. El canal en forma de tubo para un tornillo de diámetro al nivel de los agujeros neurales, pero luego se desarrolla en forma de bolo lateral y medialmente.

2.5.6. Relevancia clínica

La anatomía del vestíbulo sacroilíaco debe tenerse en cuenta durante la orientación del tornillo iliosacro.

2.5.7. Orientación sagital

En el plano sagital, una angulación anterior promedio de 20 grados al nacer aumenta durante la edad adulta hasta 70 grados. Además, la pendiente sacra, el ángulo entre el promontorio y el plano horizontal son de, aproximadamente, 40 grados en adultos jóvenes.

2.6. Anatomía topográfica músculo-ligamentoso

Varios ligamentos están unidos a la superficie sacra. El ligamento longitudinal anterior de la columna tiene conexiones con el promontorio sacro; mientras que el ligamento longitudinal posterior pasa posteriormente sobre los cuerpos vertebrales y la superficie interna del canal de la columna. Otros ligamentos relevantes incluyen los ligamentos sacroilíacos, el complejo iliolumbar y los ligamentos del piso pélvico.

2.6.1. El complejo ligamentoso sacroilíaco

Está formado por los ligamentos anterior, interóseo y posterior:

- El origen sacro de los ligamentos sacroilíacos anteriores es la parte anteroinferior del sacro superior en la articulación SI. Estos ligamentos se supone que son un engrosamiento de la membrana fibrosa de la cápsula articular; actúan como un sistema de estabilización de banda de tensión posterior y se oponen a la traslación axial del sacro, por lo tanto, a la separación de la articulación sacroilíaca.

- El ligamento sacroilíaco interóseo se encuentra posterosuperior a la articulación y es el ligamento sacroilíaco más grande y fuerte; se une a las áreas rugosas expansivas adyacentes en el ilion y el sacro, llenando el espacio entre los dos huesos.
- El ligamento sacroilíaco posterior discurre por detrás del ligamento sacroilíaco interóseo y se tensa durante la contratuera.

2.6.2. Complejo del ligamento iliolumbar

Varios ligamentos están unidos a la superficie sacra. El complejo del ligamento iliolumbar muestra un amplio ligamento longitudinal anterior de la columna vertebral que tiene conexiones con variedad anatómica y está formado por el verdadero iliolumbar, el promontorio sacro; mientras que el ligamento longitudinal posterior y el ligamento lumbosacro participa en la estabilización de la región espinal lumbosacra.

El ligamento iliolumbar en forma de abanico surge con mayor frecuencia de la cuarta o quinta apófisis transversa lumbar para insertarse en la cresta ilíaca posterior y la cápsula de la articulación sacroilíaca en la parte superior del sacro. Su porción del ligamento lumbosacro surge del quinto proceso transversal lumbar para insertarse en el alar sacro. Por su parte, el ligamento iliolumbar verdadero se presenta con un curso más horizontal, que surge de la punta del quinto proceso transversal para insertarse en varias posiciones en la cresta ilíaca; mientras que el ligamento lumbosacro surge de la parte inferior del proceso transversal L5 para originarse en la superficie anterior de la articulación sacroilíaca. Este complejo de ligamentos limita la rotación axial y el desplazamiento anterior de la quinta columna lumbar.

El ligamento lumbosacro, junto con el ala sacra y el cuerpo L5/disco L5-S1 medial, crea el túnel lumbosacro. Los límites del túnel incluyen el suelo representado por el alar sacro; el techo, que solo está presente proximal en la superficie inferior del proceso transversal L5; el borde medial (el cuerpo L5/disco L5-S1); y el borde lateral, formado por el ligamento lumbosacro.

El ligamento lumbosacro surge de la apófisis transversa inferior L5, aproximadamente 1 cm lateral desde la base, en un ángulo variable <45 grados. Además, se encontró que la longitud media del ligamento era de 32,5 mm.

2.6.3. Relevancia clínica

El ligamento lumbosacro junto con el ala sacro, la apófisis transversa L5 y los ligamentos sacroilíacos anterosuperiores forman un túnel óseo-ligamentoso, que integra el tronco lumbosacro. Las conexiones de tejido adicionales pueden disminuir aún más este túnel, lo que puede provocar lesiones por tensión del tronco lumbosacro.

2.6.4. Los ligamentos del piso pélvico

Los ligamentos del suelo pélvico incluyen los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso, que tienen un área de cruce de hasta 2,4 cm² y, por lo tanto, tienen diferentes funciones.

El ligamento sacrotuberoso tiene forma triangular, surge ancho en el sacro posterolateral desde los tubérculos transversos del sacro y la cara superior del cóccix, y es superficial al ligamento sacroespinoso. Resiste el cizallamiento y la flexión. Por su parte, el ligamento sacroespinoso de forma triangular surge de la parte anterior del sacro y el cóccix, y resiste la rotación externa.

Ningún músculo actúa directamente sobre la articulación sacroilíaca para producir movimientos fisiológicos activos. En la parte posterior del sacro, el multífido, responsable de cierto movimiento sacro, pasa por encima del ligamento sacroilíaco interóseo para insertarse en el sacro, la cresta ilíaca y los ligamentos sacrotuberosos.

La activación del músculo erector de la columna conduce a la extensión de la columna y la pelvis a través del bloqueo sacro durante el movimiento de nutación debido a la tensión de los ligamentos. Además, el músculo abdominal transversal realiza una estabilización central de la columna vertebral y la pelvis.

2.6.5. Cóccix

El cóccix consta de tres o cuatro vértebras coccígeas fusionadas, que se desarrollan a partir de ocho centros de osificación. Se une al sacro distal a través del cuerno sacro. Esta articulación puede ser una sínfisis o una articulación sinovial.

El cóccix tiene forma triangular y, a menudo, es un hueso completo; mientras que, a veces, el primer segmento coccígeo no está fusionado con las partes distales. Además, la fusión sacrococcígea puede estar presente hasta en un 57%.

Los tipos de coxis más comunes son el coxis tipo 1 con un coxis ligeramente curvado apuntando hacia abajo y el coxis tipo 2 con uno más curvado apuntando hacia adelante. Las inserciones del cóccix incluyen el músculo glúteo mayor, el músculo coccígeo y el ligamento anococcígeo.

2.7. Articulaciones articulares pélvicas

Hay cuatro articulaciones que conectan los huesos pélvicos. En el anillo pélvico anterior, la sínfisis púbica une ambos huesos púbicos. En el anillo pélvico posterior, ambas articulaciones SI conectan el sacro con cada hemipelvis. Finalmente, la cuarta articulación es la conexión descrita entre el sacro y el cóccix.

2.7.1. La sínfisis púbica

La comprensión anatómica básica actual de la sínfisis púbica se describe en detalle en las orientaciones de las fibras que indican las fuerzas actuantes de compresión y tracción. El disco es más ancho superior e inferior en la sínfisis media. En la práctica clínica, a menudo, se puede palpar una protuberancia posterior (eminencia retropúbica) para identificar la línea media durante los abordajes anteriores al espacio retropúbico.

La presencia de la hendidura coincide con la protuberancia posterior descrita. Las superficies articulares tienen una longitud media de 30-35 mm y una anchura de 10-12 mm y son ovaladas.

El espacio de la sínfisis es radiográficamente a menudo paralelo, en especial, en su parte posterior; mientras que, a veces, se puede observar un ensanchamiento anterior, superior e inferior. Especialmente en las mujeres, puede haber cierta asimetría.

El cartílago hialino articular tiene un grosor entre 0,5 y 3 mm, que va disminuyendo con la edad. En adultos jóvenes, el hueso subcondral es irregular, debido a las crestas óseas. Esta se puede identificar en la radiografía convencional, se vuelve más, muestra cambios degenerativos en la sexta década de la vida.

2.7.2. Articulación sacroilíaca

El conocimiento de los siguientes detalles anatómicos quirúrgicos es relevante para el tratamiento de fracturas. Debido a que es la articulación axial más grande y está rodeada de músculos y ligamentos. La inervación se recibe de las ramas laterales de las ramas posteriores L4-S3 y una inervación anterior de los segmentos L2-L3.

La articulación sacroilíaca se considera una verdadera articulación que contiene una cavidad articular entre dos huesos con líquido sinovial, cartílago, ligamentos y una cápsula fibrosa. Esta, generalmente, se compone de las tres primeras vértebras sacras en los hombres; mientras que, en las mujeres, la vértebra S3 a menudo solo contribuye parcialmente al área de la articulación.

La forma de la articulación sacroilíaca es muy variable. Consta de dos superficies articulares. La parte sacra es cóncava, mientras que la parte ilíaca es ligeramente convexa. Por lo general, es una articulación en forma de L, comparable a una forma auricular, C o de medialuna, que cambia durante el desarrollo hasta la edad adulta. Está presente una orientación casi perpendicular de un brazo longitudinal/craneal más corto y un brazo horizontal/transversal más largo.

Una membrana sinovial rodea esta verdadera articulación y una contribución capsular sigue a la superficie articular. Además, se ha afirmado que solo la parte inferior del brazo longitudinal y el brazo caudal es de construcción sinovial, mientras que la parte superior es más fibrosa.

La articulación sacroilíaca tiene orientación oblicua al plano sagital. Durante la bipedestación, la parte S1 se orienta verticalmente en una dirección craneolateral a caudomedial. El ángulo medio de la articulación disminuye de 40 grados en S1 a 25 grados en S2 y 10 grados en S3.

La superficie de la articulación sacroilíaca consta de tres partes (tres vértebras sacras) con una disminución de sus tamaños de S1 cranealmente a S3 caudalmente. En especial en los hombres, un tubérculo óseo intraarticular está frecuentemente presente en la parte media de la superficie sacra articular. El cartílago cubre la superficie articular; es más grueso y suave en la parte sacra, que en la superficie ilíaca.

2.7.3. Ligamentos de la articulación sacroilíaca

Además de las estructuras capsulares, los principales ligamentos de la articulación sacroilíaca incluyen los ligamentos anterior, posterior e interóseo.

2.7.3.1. Ligamento sacroilíaco anterior

El ligamento sacroilíaco anterior corresponde al engrosamiento anterior de la cápsula articular, que se ve reforzado por una prolongación caudal del ligamento lumbosacro del complejo ligamentario iliolumbar que se inserta en el ala sacra. La parte inferior de la cápsula anterior contiene partes del ligamento sacroespinoso. Por su parte, el tronco lumbosacro y los vasos ilíacos están íntimamente relacionados con estas estructuras.

2.7.3.2. Ligamento sacroilíaco interóseo

El ligamento interóseo une el espacio irregular entre el sacro y el ilion directamente posterior-superior a la superficie articular al nivel de S1 y S2. Es la parte más fuerte de los tres ligamentos, con el área de origen más grande y el volumen total. Se puede distinguir una parte profunda de una parte más superficial. Este último se une parcialmente con el ligamento sacroilíaco posterior. Se observan crestas variables de moderadas a extensas en el sacro y el ilion, y con frecuencia puede haber osificación ligamentosa.

2.7.3.3. Ligamento sacroilíaco posterior

El fuerte ligamento sacroilíaco posterior se encuentra posterior al ligamento sacroilíaco interóseo y se origina en la espina ilíaca posterosuperior. Se compone de diferentes fascículos, que crean capas de ligamentos superficiales y profundas. Su parte lateral se une con fibras del ligamento sacrotuberoso; otras fibras se unen al erector de la columna y al músculo multifido, y a la fascia lumbar posterior.

2.7.3.4. Ligamentos del suelo pélvico

Los ligamentos del suelo pélvico, los ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso, también se denominan ligamentos accesorios. Este último divide la escotadura ciática mayor en un foramen mayor, superior y menor, inferior.

2.7.3.5. Ligamento sacrotuberoso

El ligamento sacrotuberoso tiene una forma triangular y surge ancho de las espinas ilíacas posteriores, la parte inferior del sacro (tubérculos transversos) y la parte superior del cóccix, para insertarse en una dirección descendente oblicua en la tuberosidad isquiática medial. Se encuentra superficial al ligamento sacroespinoso. Pueden estar presentes fibras musculares y adherencias fasciales del glúteo mayor, la fascia toracolumbar y el músculo multifido.

Con poca frecuencia, las adherencias de la cabeza larga del bíceps femoral pueden estar presentes, lo que indica que el ligamento es el tendón del bíceps degenerado. Además, a menudo, se observa un segmento membranoso (falciforme) que se extiende hasta la fosa isquio-anal, lo que clínicamente puede ser una causa de atrapamiento del nervio pudiendo. Así mismo, se informó que la longitud promedio estaba entre 68 y 86 mm con un ancho promedio de 63 mm (rango, 50-80 mm).

2.7.3.6. Ligamento sacroespinoso

El ligamento sacroespinoso de forma triangular más delgado surge de los márgenes sacro lateral y coccígeo anterior al ligamento sacrotuberoso, para discurrir en dirección lateral, caudal y anterior con el fin de insertarse en la espina del ilion. La superficie del ligamento es de aproximadamente 7-8 cm².

2.7.3.7. El ligamento iliolumbar

El ligamento iliolumbar tiene un curso variable. Surge del proceso transversal L5 y, con menos frecuencia, del proceso transversal L4 para insertarse en la cresta ilíaca.

Contribuye a la estabilidad de la articulación sacroilíaca y lumbosacra; además, resiste la flexión pélvica lateral. Por lo general, se pueden identificar dos bandas principales: una banda anterior (superior) y una banda posterior (inferior) con las siguientes características:

- Banda iliolumbar anterior: estructura plana; longitud, 30-40 mm de largo; ancho 5-10 mm; diámetro 2-3 mm; origen, porción anterior-inferior-lateral del proceso transversal L5; inserción, parte anterior de la tuberosidad ilíaca.
- Banda iliolumbar posterior: estructura redonda; longitud, 10-12 mm de largo; diámetro 5-7 mm; origen, punta del proceso transversal L5; inserción, superior y vértice de la cresta ilíaca/porción anterior de la tuberosidad ilíaca.

Se supone que la avulsión del proceso transversal L5 es un marcador de inestabilidad del anillo pélvico posterior.

En un análisis de 80 pacientes con 45 fracturas estables y 35 inestables, según la clasificación de Young-Burgess, la prevalencia de fractura de apófisis transversa en fracturas estables fue del 6,7% frente al 40% en fracturas inestables.

Además, se ha reportado una diferencia de prevalencia en lesiones estables tipo A según Tile versus lesiones tipo B y C del 19% versus 12%, respectivamente. Por lo que

afirmaron que la presencia de una fractura del proceso transversal L5 está fuertemente asociada con una fractura pélvica, sin distinguir un patrón de fractura estable o inestable.

Por otra parte, una revisión sistemática y un metaanálisis solo establecieron que los datos actuales solo permiten concluir que una apófisis transversal L5 fracturada es un signo potencial de traumatismo de alta energía y no de lesión pélvica inestable.

2.7.4. Relevancia clínica

Una fractura del proceso transversal de L5 debe hacer sospechar una fractura pélvica inestable.

2.8. Anatomía vascular

La pelvis está rodeada por una densa red de vasos arteriales y venosos con un adecuado aporte colateral a los órganos pélvicos, lo que dificulta en ocasiones el control quirúrgico del sangrado. Aún más pronunciada es la colateralización del plexo venoso denso. Por lo tanto, el sangrado venoso, a menudo, solo puede controlarse mediante taponamientos.

2.8.1. Sistema vascular arterial

El suministro vascular de la extremidad inferior proviene de la arteria ilíaca común. Anterior a la articulación SI, la arteria ilíaca común se divide en la arteria ilíaca interna, que irriga los órganos pélvicos en la pelvis verdadera, y la arteria ilíaca externa para irrigar la pierna. La arteria ilíaca externa se encuentra en el tejido conectivo medial a la fascia del iliopsoas. Antes de pasar por la laguna vasorum, las arterias epigástricas inferior e ilíaca profunda abandonan el tronco arterial principal. Después del paso a través de la laguna vasorum, el vaso se denomina arteria femoral. Una descripción anatómica más detallada del sistema vascular con sus anastomosis está bien establecida en la literatura anatómica.

Todos los órganos pélvicos, excepto los testículos, que históricamente tienen una fuente diferente de suministro de sangre arterial, son irrigados por ramas de la arteria

ílica interna. Dicha arteria se divide al nivel de la línea terminalis en troncos principales posterior y anterior. El tronco posterior da ramas para el suministro de la pared abdominal y troncal:

- Arteria iliolumbar (psoas mayor, ílaco, músculo cuadrado lumbar).
- Arteria sacra lateral (superficie sacra anterior, lateral al área foraminal).
- Arteria glútea superior: sale de la pelvis verdadera a través de la escotadura ciática mayor proximal al músculo piriforme y se divide en dos ramas principales: la rama superficial y la rama profunda, que irrigan los abductores. Se observan anastomosis con las arterias ílicas circunfleja superficial y profunda, con ramas de la arteria iliolumbar y ramas de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral. El tronco principal anterior con sus ramas intestinales presenta la vejiga, el recto y los genitales. Las ramas relevantes incluyen:
 - Arteria glútea inferior: sale de la pelvis a través del agujero infrapiriforme, irrigando los músculos glúteo mayor y piriforme, y el nervio ciático.
 - Arteria pudenda interna: sale de la pelvis verdadera junto con el plexo pudendo a través del agujero infrapiriforme, discurriendo medialmente a la espina isquiática para entrar en el canal de Alcock, discurriendo alrededor de la espina ciática a través de la escotadura ciática menor para volver a entrar en la pelvis verdadera.
 - Arteria obturatriz: típicamente surge de la rama anterior principal de la arteria ílica interna, pero de forma variable puede surgir de la arteria ílica externa o incluso de la arteria epigástrica inferior para irrigar la superficie del cuadrilátero, dejando la pelvis verdadera a través del canal obturador que irriga los músculos del compartimento medial del muslo.

2.8.2. Corona mortis

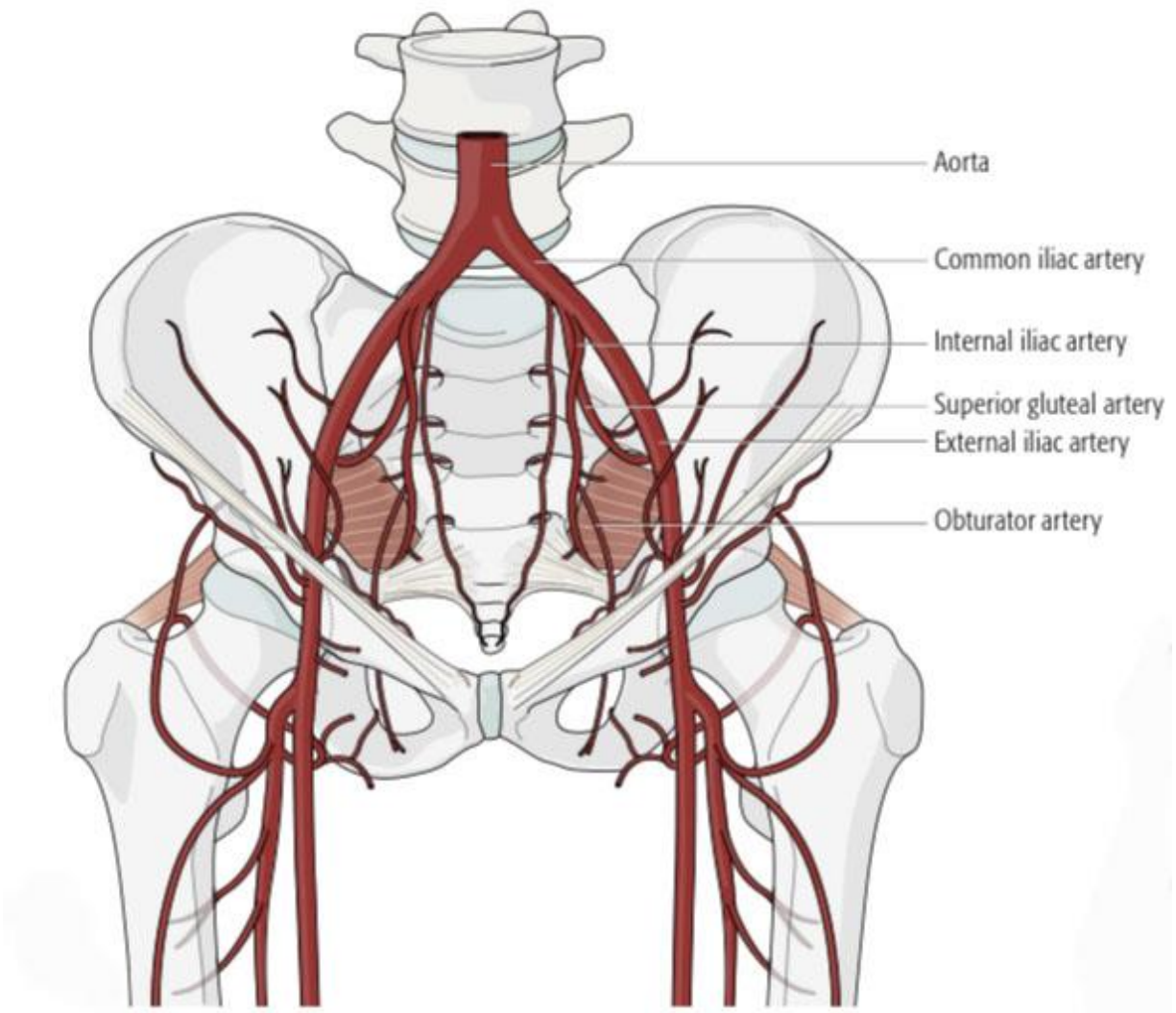
Una anastomosis vascular relevante es la *corona mortis*, que se refiere a cualquier conexión entre los vasos obturadores y los vasos ilíacos externos o epigástricos inferiores. Estas anastomosis pueden presentarse como puramente arteriales, puramente venosas o arteriales y venosas combinadas.

Los datos clínicos indican una menor relevancia global de la corona mortis. Estos vasos se observaron en el 41% después de utilizar diferentes abordajes quirúrgicos para el tratamiento de fracturas del anillo pélvico y del acetábulo. Por el contrario, a veces, se informa hemorragia masiva de estos vasos.

En conclusión, las fracturas de pelvis en pacientes politraumatizados se han asociado a mortalidades tan altas como un 50%. Aunque el sangrado que se presenta en este tipo de trauma es mayormente venoso (85%), el sangrado de origen arterial supone una amenaza inmediata por la inestabilidad hemodinámica que representa (Vaidya et al., 2018; Cheng et al., 2018).

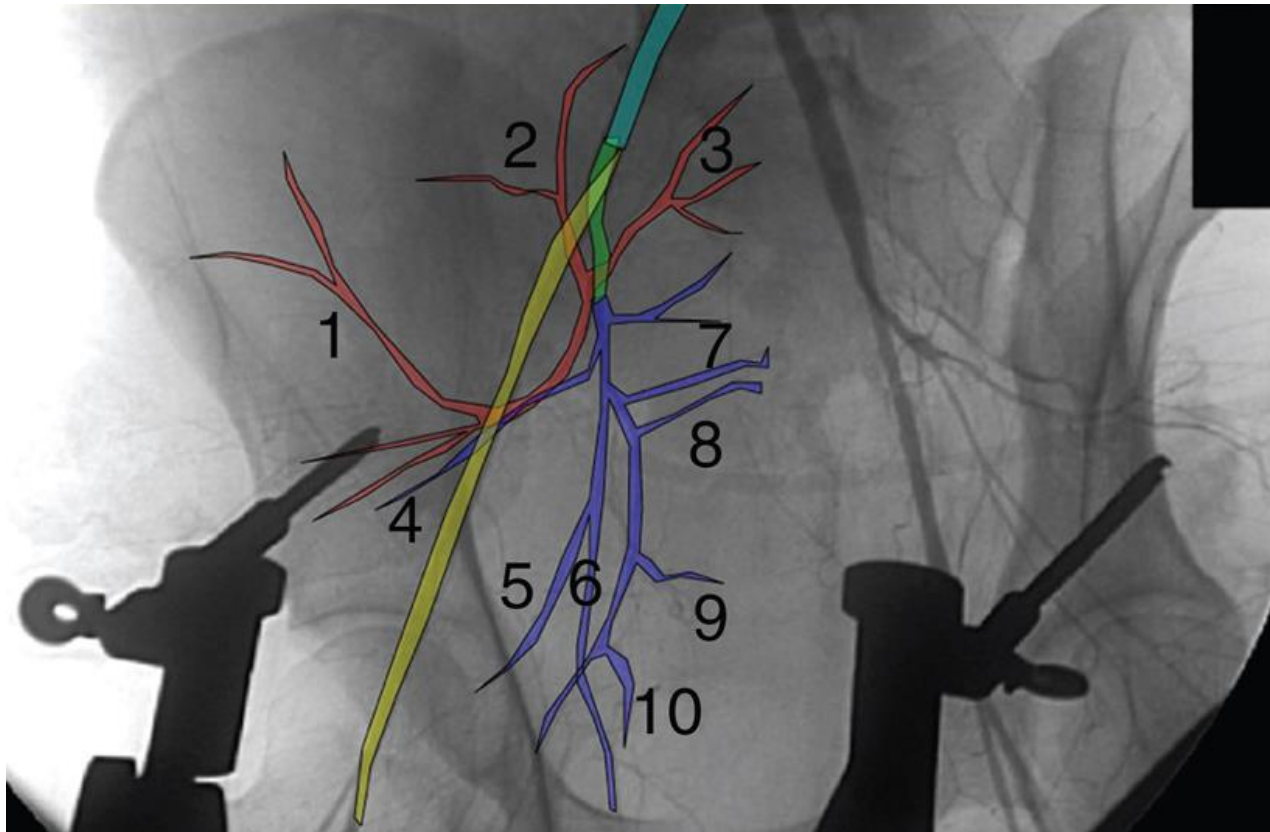
Por su parte, la pelvis es una estructura anatómica crucial que alberga una serie de órganos importantes, como los órganos reproductivos y urinarios, así como los huesos que forman la base de la columna vertebral. La importancia de la pelvis se puede atribuir a su papel en la estabilidad y el soporte del cuerpo, así como su función en el parto y la reproducción. Sin embargo, las fracturas de pelvis son una lesión grave que pueden ser mortales en pacientes politraumatizados.

Figura 2. Anatomía vascular de la pelvis



Fuente: Tile et al. (2015).

Figura 3. Diagrama del sistema arterial pélvico



Nota. En verde agua la arteria íliaca común, en amarillo la arteria iliaca externa, en verde la arteria iliaca presión arterial interna, en rojo el tronco posterior y en azul el tronco anterior. 1 La arteria glútea superior, 2 la arteria iliolumbar, 3 la arteria sacra, 4 la glútea inferior, 5 la arteria umbilical, 6, 7, 8, 9 y 10 otras arterias del tronco anterior.

Fuente: Vaidya et al. (2018).

2.9. Clasificación de las fracturas de pelvis

La clasificación adecuada de las fracturas de pelvis es fundamental para un tratamiento exitoso y un pronóstico preciso. Varias clasificaciones se han desarrollado con el objetivo de facilitar la comunicación entre médicos, investigadores y pacientes. Una de las clasificaciones más comunes es el sistema de Young y Burgess, que categoriza las fracturas de pelvis según el mecanismo de producción de la lesión.

El sistema de Young y Burgess divide las fracturas de pelvis en cuatro categorías principales: compresión anteroposterior (APC), compresión lateral (LC), inestabilidad vertical (VS) y lesiones combinadas (CM). Las fracturas de pelvis producidas por

compresión anteroposterior son estables y afectan, principalmente, la parte posterior de la pelvis, cerca del sacro.

Por otro lado, las fracturas de pelvis producidas por compresión lateral son inestables y se caracterizan por la deformidad del anillo pelviano. Las fracturas de pelvis por inestabilidad vertical pueden ser estables o inestables y son causadas por la compresión axial del hueso ilíaco. Por último, las fracturas de pelvis combinadas son el resultado de una combinación de fuerzas y pueden involucrar uno o varios tipos de fracturas de pelvis.

Otra clasificación importante es el sistema de clasificación de Tile, que se basa en el concepto de estabilidad de la pelvis. En este sistema, las fracturas se dividen en tres tipos principales: A, B y C. Las fracturas de tipo A son estables, mientras que las de tipo B son inestables rotacionalmente, pero estables verticalmente. Las fracturas de tipo C son inestables tanto rotacional como verticalmente. Es importante destacar que las fracturas de tipo B y C pueden ser inestables en diferentes direcciones.

Los sistemas de clasificación de Young y Burgess, así como Tile se correlacionan en cuanto a la estabilidad de las fracturas. Las fracturas inestables rotacionalmente en el sistema de Young y Burgess (tipo II y III), por lo general, corresponden a las fracturas de pelvis de tipo B y C en el sistema de clasificación de Tile. Por otro lado, las fracturas estables en el sistema de Young y Burgess (tipo I), generalmente, corresponden a las fracturas de pelvis de tipo A en el sistema de clasificación de Tile.

Es importante recordar que estas clasificaciones son solo herramientas para guiar el tratamiento y el pronóstico de las fracturas de pelvis. Cada fractura es única y debe ser tratada de manera individualizada. Además, es fundamental una evaluación exhaustiva para determinar la estabilidad de la pelvis y cualquier daño asociado a los órganos internos. El tratamiento puede incluir opciones no quirúrgicas (como la fisioterapia) o cirugía, dependiendo del tipo y la gravedad de la fractura.

La clasificación de Tile es un sistema utilizado para categorizar las diferentes fracturas pélvicas. Esta clasificación se divide en tres tipos principales: A, B y C, según el grado de inestabilidad rotacional y vertical.

Las fracturas tipo A son estables tanto rotacional como verticalmente y se subdividen en tres grupos. Las A1 son las que no afectan el anillo pélvico y pueden ser fracturas por avulsión de las espinas ilíacas o de la tuberosidad isquiática y pequeñas fracturas aisladas del ala del ilíaco. Las A2 son aquellas que afectan el ala del ilíaco, pero sin afectación del anillo pélvico, presentando trazos largos; mientras que el tipo A3 se refieren a fracturas transversales del sacro y del cóccix.

Por otro lado, las fracturas tipo B presentan inestabilidad rotacional, pero no vertical. El tipo B1 son comúnmente conocidas como lesiones de libro abierto y se presentan cuando hay una rotación externa de una hemipelvis debido a una ruptura en la sínfisis púbica o una fractura del anillo anterior con afectación mínima de los ligamentos sacroilíacos anteriores. Estas pueden subdividirse en B1.1 y B1.2 dependiendo de la diástasis de la sínfisis púbica, que puede ser mayor o menor a 2.5 cm. Asimismo, el tipo B2 se refiere a lesiones que producen una rotación interna de una hemipelvis y el tipo B3 se refiere a una afectación bilateral de las hemipelvis, ya sea con rotación interna o externa o combinadas.

Finalmente, las fracturas tipo C presentan inestabilidad rotacional y vertical y son las más severas. Estas incluyen lesiones que producen rupturas verticales y lesiones por compresión anteroposterior con afectación severa del complejo ligamentario posterior. El tipo C1 incluyen fracturas con afectación unilateral del complejo anterior y posterior; mientras que el tipo C2 se refieren a fracturas con afectación bilateral, pero con una hemipelvis inestable rotacionalmente y otra relativamente estable. Finalmente, el tipo C3 se refieren a fracturas con una afectación bilateral grave y completa del complejo sacroilíaco y posterior, lo que produce una gran inestabilidad rotacional y vertical. La figura 4 muestra con detalle el sistema de clasificación de Tile.

Figura 4. Sistema de clasificación de Tile de las fracturas de pelvis

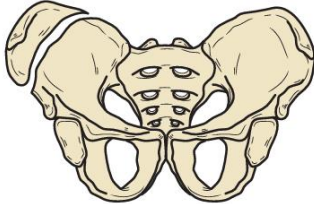
Grupos:

Fracturas de tipo A: pelvis, anillo, estables (61-A)

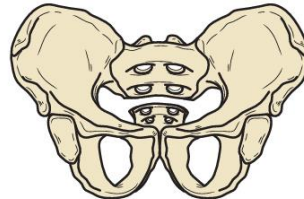
1. Fractura del hueso coxal, arrancamiento (61-A1)



2. Fractura del hueso coxal, estallido (61-A2)

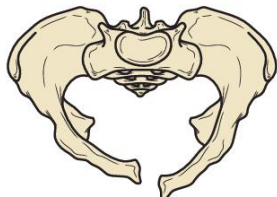
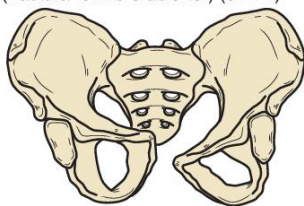


3. Fractura transversal de sacro y cóccix (61-A3)

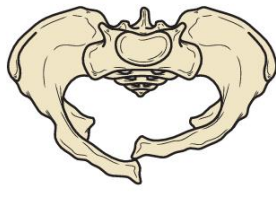
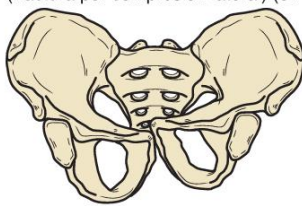


Fracturas de tipo B: pelvis, anillo, parcialmente estables (61-B)

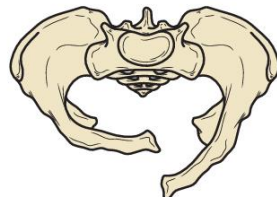
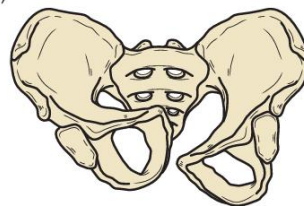
1. Unilateral, separación parcial del arco posterior, rotación externa (fractura "en libro abierto") (61-B1)



2. Unilateral, separación parcial del arco posterior, rotación interna (fractura por compresión lateral) (61-B2)

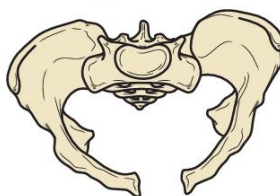


3. Bilateral, lesión parcial del arco posterior (61-B3)

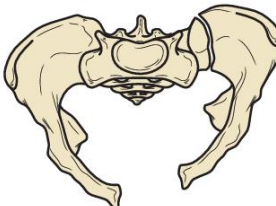
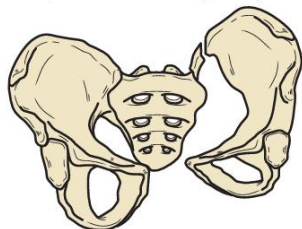


Fracturas de tipo C: pelvis, anillo, rotura completa del arco posterior, inestables (61-C)

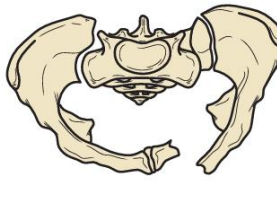
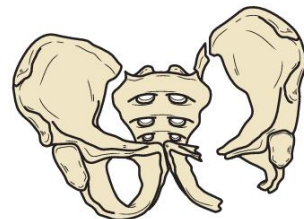
1. Unilateral, rotura completa del arco posterior (61-C1)



2. Bilateral, rotura completa ipsilateral, incompleta contralateral (61-C2)



3. Bilateral, rotura completa (61-C3)



Fuente: Boyer (2014).

Figura 5. Sistema de clasificación de Young y Burgess

Características de los tipos de fracturas de la clasificación de Young-Burgess				
Mecanismo	I	II	III	Comentarios
Compresión lateral	Fracturas horizontales de las ramas con impactación en el sacro	Rotura ligamentosa posterior de la articulación sacroilíaca o equivalente en los huesos del ilion posterior	Patrón de compresión lateral en el lado de la lesión y deformidad en rotación externa del contralateral	Mortalidad creciente paralela a la gravedad de las lesiones por compresión lateral, debida al aumento de la incidencia de lesiones cerebrales y ligero aumento de las complicaciones por SDRA, sepsis y shock
Compresión anteroposterior	Ensanchamiento anterior de la sínfisis ≤ 25 mm, dislocación sacroilíaca incompleta	Ensanchamiento anterior de la sínfisis ≥ 25 mm, distensión de los ligamentos sacroilíaco anterior, sacroespinoso y sacrotuberoso	Lesión de la sínfisis anterior con dislocación completa de la articulación sacroilíaca	El shock, la sepsis y el SDRA son causas importantes de mortalidad a medida que aumenta la gravedad de las lesiones por compresión anteroposterior. Las de tipo III son las que tienen mayor necesidad de reposición hídrica e incidencias de hemorragia y de mortalidad más altas
Cizalladura vertical	Separación total de las estructuras ligamentosas posteriores con inestabilidad craneocaudal y de rotación			Afectación sistémica asociada similar a la del grupo de compresión lateral
Mecanismo combinado	Patrón de fractura no clasificable en ninguna de las categorías anteriores			Afectación sistémica asociada similar a la del grupo de compresión anteroposterior

SRDA: síndrome de distrés respiratorio del adulto.

Fuente: Boyer (2014).

La inestabilidad hemodinámica en un paciente politraumatizado puede ser causada por una variedad de factores, como el trauma abdominal, la hemorragia masiva, la hipovolemia, la disfunción miocárdica, la embolia pulmonar y el *shock* séptico. En muchos casos, la causa subyacente puede no ser inmediatamente evidente, lo que hace difícil el diagnóstico precoz y el tratamiento efectivo.

La respuesta inicial del cuerpo a la lesión aguda es la activación del sistema nervioso simpático y la liberación de catecolaminas, lo que lleva a la vasoconstricción y la elevación de la frecuencia cardíaca en un intento de mantener la perfusión tisular. Sin embargo, si el daño es severo o excesivo, el sistema compensatorio se sobrepasa y se produce la inestabilidad hemodinámica.

El traslado temprano y rápido del paciente a un centro de trauma especializado es crucial para el manejo efectivo de la inestabilidad hemodinámica. Una vez allí, se debe llevar a cabo una evaluación clínica exhaustiva, así como un monitoreo continuo de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco, la saturación de oxígeno y otros

parámetros hemodinámicos. Además, se deben realizar análisis de laboratorio exhaustivos para determinar el grado de hipoperfusión tisular y la necesidad de transfusiones de hemoderivados.

El tratamiento de la inestabilidad hemodinámica depende de la causa subyacente. Si el paciente sufre una hemorragia aguda, debe ser sometido a una resucitación agresiva con fluidos intravenosos y transfusiones de sangre y hemoderivados. Además, se deben administrar agentes farmacológicos como vasodilatadores e inotrópicos para mejorar la función cardíaca y la perfusión tisular. En casos de *shock* séptico, se deben administrar antibióticos de manera temprana para reducir la carga bacteriana y combatir la infección.

La inestabilidad hemodinámica en un paciente politraumatizado es una situación grave y potencialmente mortal que requiere una atención médica rápida y efectiva. Es necesario llevar a cabo una evaluación y monitoreo continuo para determinar la causa subyacente y proporcionar el tratamiento adecuado. Por ejemplo, la resucitación agresiva con fluidos intravenosos, así como transfusiones de sangre y hemoderivados es esencial para casos de hemorragia aguda; mientras que, en casos de *shock* séptico, se deben administrar antibióticos de manera temprana. Por lo que la atención y tratamiento precoces mejoran significativamente el pronóstico del paciente.

2.10. Inestabilidad hemodinámica en un paciente politraumatizado

La inestabilidad hemodinámica en un paciente politraumatizado se puede definir como la condición en la cual el paciente tiene una presión arterial sistólica de entrada (en la valoración inicial) menor a 90 mm de Hg, con una frecuencia cardíaca mayor a 100 latidos por minuto. O aquel paciente que, aunque de entrada tenga una presión arterial sistólica mayor a 90 mm de Hg, es necesario transfundirle al menos cuatro unidades de glóbulos rojos en las primeras 24 horas para mantener una presión adecuada (Copp y Eastman, 2021; Coccolini et al., 2017).

Las guías del soporte vital avanzado de trauma ATLS definen inestabilidad hemodinámica como un paciente con presión arterial sistólica de entrada menor a 90 mm de Hg, con una frecuencia cardíaca mayor a 120 latidos por minuto con evidencia de hipoperfusión tisular como piel fría y disminución del llenado capilar; más alteración del estado de conciencia (Coccolini et al., 2017; Perumal et al., 2021).

Las guías europeas para el manejo del sangrado y coagulopatías posterior a un trauma agregan, además, dos parámetros de laboratorio que ayudan en el diagnóstico de inestabilidad hemodinámica asociada al sangrado. Estos son el lactato sérico y el déficit de base. La cantidad de lactato producida por la glicólisis anaeróbica es un marcador indirecto del déficit de oxígeno debido a una hipoperfusión tisular secundaria a un *shock* hemorrágico. Por lo tanto, valores de lactato mayores a 2 mmol/ L se asocian a un sangrado mayor e inestabilidad hemodinámica. De manera similar, el déficit de base, medido en los gases arteriales, provee una estimación indirecta de la acidosis tisular global debida a hipoperfusión. Siendo que un déficit de base entre -6 y -9 mEq/L se asocia con la necesidad de una transfusión de hemoderivados (Spahn et al., 2019).

La inestabilidad hemodinámica en un paciente politraumatizado es una condición grave que puede ser causada por diversas razones, incluyendo trauma abdominal, hemorragia masiva, hipovolemia, disfunción miocárdica, embolia pulmonar y *shock* séptico. Por lo que detectar la causa subyacente de la inestabilidad y proporcionar tratamiento efectivo es esencial para mejorar el pronóstico del paciente.

En respuesta a una lesión aguda, el cuerpo humano activa su sistema nervioso simpático y libera catecolaminas para aumentar la frecuencia cardíaca y la constricción vascular, con el fin de mantener la perfusión tisular. Sin embargo, si el daño es severo, el sistema compensatorio se sobrepasa y se produce la inestabilidad hemodinámica.

Es importante que el paciente sea trasladado de manera temprana a un centro de trauma especializado para recibir la atención médica adecuada. En la evaluación del paciente, se debe llevar a cabo un monitoreo continuo de la presión arterial, la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco, la saturación de oxígeno y otros parámetros hemodinámicos.

Asimismo, se requieren análisis de laboratorio extensivos para determinar el grado de hipoperfusión tisular y la necesidad de transfusiones de hemoderivados.

El tratamiento de la inestabilidad hemodinámica dependerá de la causa subyacente. En el caso de hemorragia aguda, la resucitación agresiva con fluidos intravenosos, así como transfusiones de sangre y hemoderivados es fundamental.

Aunque tradicionalmente se han intentado asociar patrones específicos de fracturas de pelvis, con un mayor riesgo de inestabilidad hemodinámica por sangrado intrapélvico, lo cierto es que múltiples estudios han establecido que hoy en día no existen patrones de fractura bien establecidos que se puedan correlacionar ineludiblemente con un sangrado (Coccolini et al., 2017; Vaidya et al., 2018). Pareciera ser que una fractura con inestabilidad vertical, en la que haya un desplazamiento caudal de una hemipelvis, podría ser el patrón que más se asocia a riesgo de sangrado (Spahn et al., 2019).

2.11. Clasificación de trauma pélvico de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia (WSES)

La Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia clasifica el trauma pélvico en tres categorías:

- **Menor:** lesiones pélvicas mecánica y hemodinámicamente estables, WSES grado I, comprenden las fracturas Young y Burgess APCI y LC I.
- **Moderado:** incluye las lesiones mecánicamente inestables, pero hemodinámicamente estables. Se subdividen en:
 - **WSES grado II:** incluye las fracturas Young y Burgess LCII y III y APC II y III.
 - **WSES grado III:** incluyen las fracturas Young y Burgess VS Y CM.
- **Severo:** incluye cualquier fractura de pelvis con inestabilidad hemodinámica.

2.12. Dispositivos de compresión pélvica circunferencial

Seguidamente, se detallan las indicaciones para la utilización de los principales dispositivos de fijación y técnicas de intervención, en el manejo agudo de fracturas de pelvis inestables, en términos mecánicos y hemodinámicos.

2.12.1. Cinturón pélvico, sábana pélvica

La aplicación de un dispositivo de compresión pélvica circunferencial está indicada en el manejo inicial de todo paciente hemodinámicamente inestable con una fractura de pelvis mecánicamente inestable. Y se debe colocar en la fase temprana de resucitación, tan pronto como sea posible.

Desde hace varias décadas, es conocido que la aplicación de dispositivos que logren realizar una compresión externa no invasiva es primordial en el manejo inicial de una fractura de pelvis inestable mecánicamente en un paciente hemodinámicamente inestable. Ya que aportan estabilidad mecánica a la pelvis y, por ende, ayudan a disminuir el sangrado en las fases tempranas de resucitación (Coccolini et al., 2017).

Basados en la literatura publicada, hay evidencia que indica que la aplicación de un dispositivo de compresión pélvica circunferencial, en un paciente hemodinámicamente inestable con una fractura de pelvis con inestabilidad mecánica, ayuda a elevar la presión arterial media y disminuir la frecuencia cardíaca. Además, se ha demostrado que colocar el dispositivo a nivel de los trocánteres mayores aporta la mayor generación de fuerza, logrando una reducción satisfactoria a nivel de la sínfisis del pubis y el aspecto posterior de las articulaciones sacroilíacas; sobre todo, en los patrones de fractura tipo B y C1 de Tile (Bakhshayesh et al., 2016).

Algunos autores señalan que los dispositivos de compresión pélvica circunferencial han demostrado incluso mejores resultados mecánicos en la estabilización de una pelvis en comparación con un fijador externo, debido, en parte, a la presión circunferencial que ofrecen en presencia de disrupciones anteriores o posteriores. Por supuesto, son mecanismos de estabilización temporal debido a los

efectos adversos y a la necesidad de una estabilización permanente (Prasarn et al., 2012).

En la práctica clínica, se cuenta con dos elementos que cumplen la función de dispositivos de estabilización pélvica circunferencial: la aplicación de una sábana y el cinturón pélvicos. La forma correcta de aplicar estos dispositivos, como se mencionó previamente, es alrededor de los trocánteres mayores y la sínfisis del pubis, aplicando una presión suficiente que permita reducir la fractura y aducir los miembros inferiores para disminuir, de esta forma, el volumen interno de la pelvis.

Aunque algunos estudios han sugerido que los cinturones pélvicos son más efectivos en el control del sangrado en relación con las sábanas pélvicas, otros señalan que, en realidad, no existe diferencia en cuanto a la presión que pueden alcanzar en la pelvis y que ambos se pueden utilizar de forma segura (Coccolini et al., 2017; Bakhshayesh et al., 2016).

Estos dispositivos deben ser retirados tan pronto como sea posible, cuando el estado fisiológico del paciente lo permita y reemplazados por un mecanismo de fijación externo o una osteosíntesis definitiva. Debido a que se ha demostrado que, dejarlos por más de 48 horas, pueden provocar úlceras y necrosis tisular.

2.12.2. Fijador externo de pelvis

El fijador externo de pelvis provee una estabilidad rígida temporal a la pelvis y sirve como un adyuvante en el control temprano del sangrado en un paciente hemodinámicamente inestable con fracturas del anillo pélvico. Complementa al empacado pélvico preperitoneal, al ejercer una contrapresión que favorece un empacado efectivo. Los ensamblajes anteriores en las crestas ilíacas o supra acetabulares proveen una estabilidad pélvica adecuada en fracturas APC II/III y LC II/III de Young Burgees. Sin embargo, no proveen una estabilidad adecuada a lesiones puramente verticales con disrupción de la articulación sacroilíaca.

Como se mencionó previamente, la estabilidad biomecánica del anillo pélvico depende de la integridad de la sínfisis púbica y del complejo ligamentoso posterior. La principal función de este complejo es transmitir las fuerzas de soporte axial y vertical de la columna a las extremidades inferiores. Los traumas translacionales y rotacionales de alta energía aplicados al anillo pélvico producen patrones de fractura establecidos. Estas injurias pueden, además, producir lesiones del plexo venoso presacro y paravesical, resultando en una hemorragia pélvica que puede poner en riesgo la vida del paciente.

Los fijadores externos de pelvis permiten una reducción y estabilidad adecuada de diversos patrones de fractura. Principalmente, las fracturas APC II/III y LC II/III de Young Burgees; sobre todo, aquellas que producen lesiones tipo libro abierto (Stahel et al., 2013).

Estudios experimentales han demostrado que, además, aplicados en pacientes con un sangrado pélvico activo, contribuyen a la homeostasis reduciendo y disminuyendo el movimiento de los fragmentos óseos en el sitio de la fractura, lo que permite, de esta manera, que se pueda formar un coágulo estable de fibrina (Marzi y Lustenberger, 2014). En un estudio retrospectivo realizado en Alemania, entre el 2002 y 2011, quedó en evidencia que su uso disminuye la mortalidad en pacientes con patrones de fractura inestables, asociados a inestabilidad hemodinámica. Además, al reducir el volumen intrapélvico, disminuyen el espacio para el sangrado retroperitoneal y proveen un sistema de contrapresión estable para lograr que el empacado preperitoneal sea efectivo. El empacado preperitoneal por sí solo sin el fijador externo es subóptimo (Petrone et al., 2019; Wojahn y Gardner, 2019).

Existen dos modalidades técnicas para la fijación anterior del anillo pélvico, a saber: fijadores externos transilíacos y supra acetabulares. Cualquiera de las técnicas tiene ventajas y desventajas.

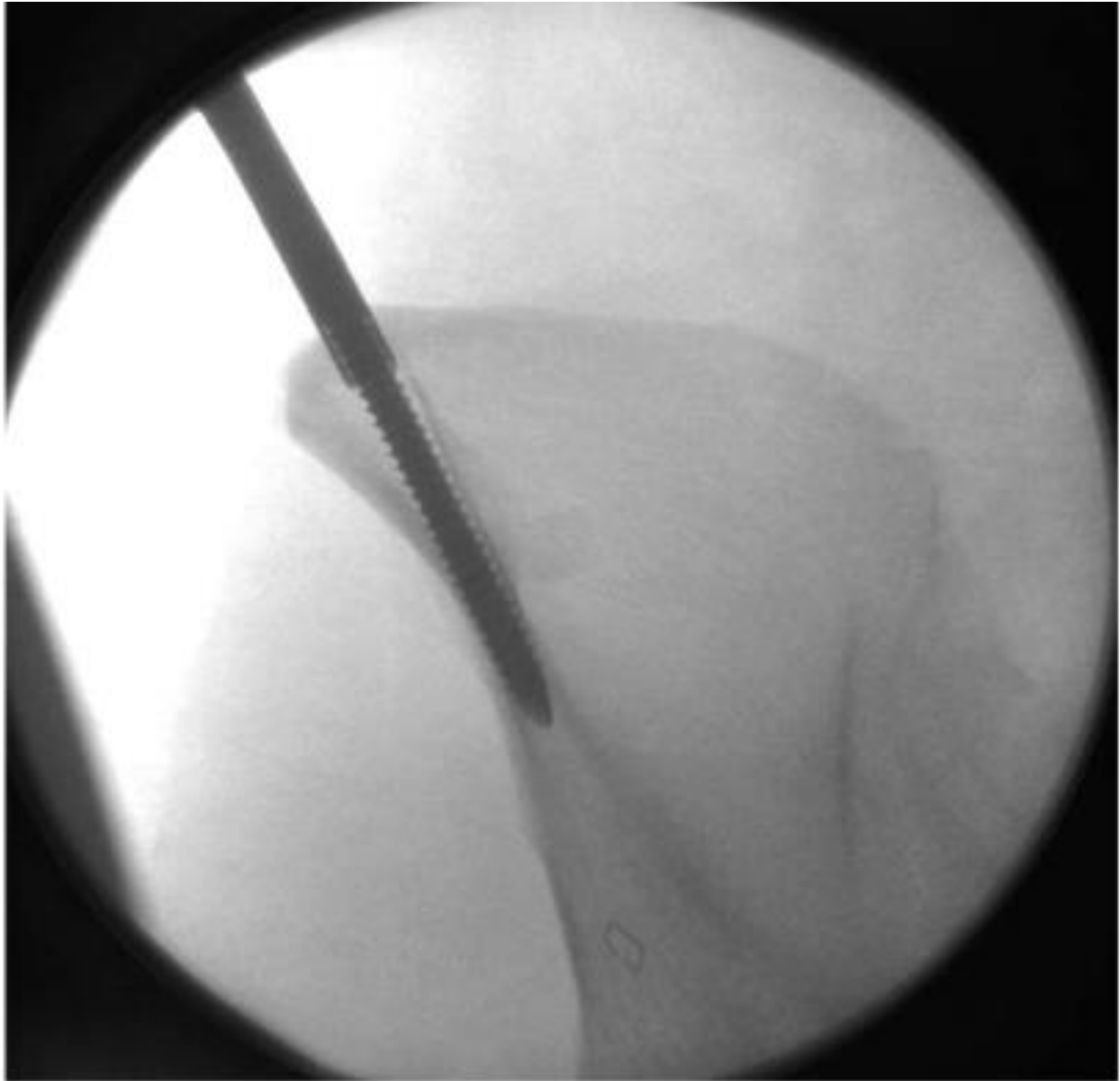
2.12.3. Fijador de pelvis transilíaco

Su principal ventaja es su rápida aplicación en el escenario de control agudo de daños en un paciente inestable hemodinámicamente, y que, en teoría, los pines se pueden colocar sin intensificador de imágenes. Por otra parte, su desventaja radica en que hay un alto índice de mala colocación de los pines, por lo que se deben colocar varios; además, estos tienen menos recorrido óseo de fijación–agarre, por lo que tienen una tasa mayor de aflojamiento aséptico, hasta un 11% y pérdida de la reducción reportada en diversas series hasta en un 57%. Sumado a la dificultad que puede suponer lograr una adecuada colocación y reducción en pacientes obesos (Stahel et al., 2013; Wojahn y Gardner, 2019).

2.12.3.1. Técnica quirúrgica para su aplicación

La localización óptima para la colocación de los pines es el pilar glúteo, que es un engrosamiento del ilíaco que se extiende inferiormente desde la cresta hasta la región supra acetabular. Esta zona es donde se encuentra la mayor distancia entre las tablas externa e interna, lo cual reduce la posibilidad de una perforación cortical. El pilar glúteo comienza 2 a 3 cm posterior a la espina ilíaca anterosuperior y se extiende de 6 a 8 cm sobre la cresta ilíaca. El sitio de entrada para el primer pin se localiza 3 a 4 cm posterior a la espina ilíaca anterosuperior, sobre la cresta y en un punto medio entre los bordes interno y externo. La trayectoria del pin puede observarse en la vista oblicua obturatriz en el intensificador de imágenes, y la localización anteroposterior en la vista oblicua ilíaca. Por su parte, los opines adicionales se colocan paralelos y posteriores al primer pin. Ver figura 6.

Figura 6. Vista oblicua obturatriz en un intensificador de imágenes donde se puede observar la colocación correcta de un pin en un fijador de pelvis transilíaco



Fuente: *Wojahn y Gardner (2019)*.

2.12.4. Fijador de pelvis supraacetabular

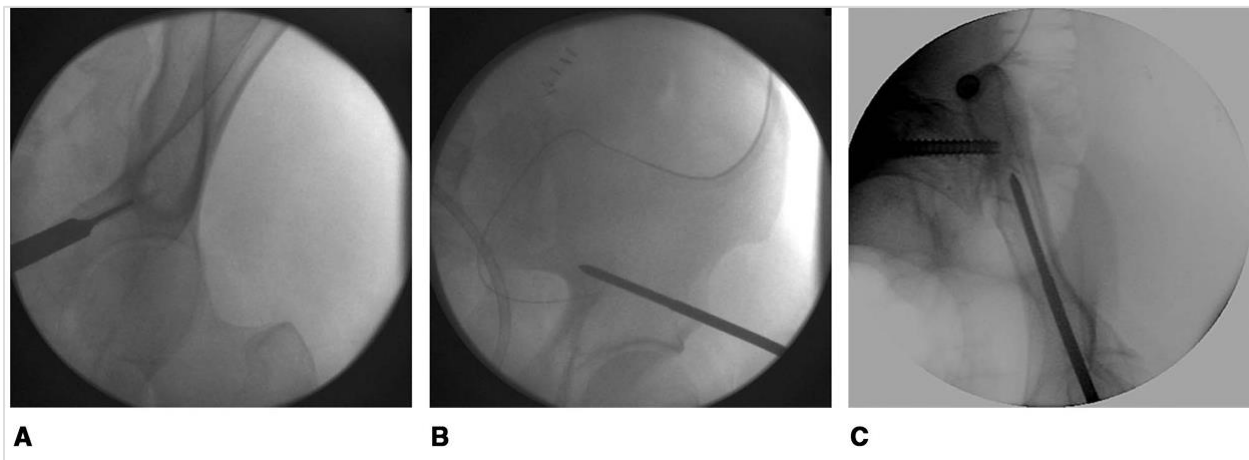
En contraste, los pines colocados a nivel supraacetabular tienen un mayor corredor óseo de fijación con mejor calidad ósea; lo que permite que se pueda colocar solo un pin en cada hemipelvis. Desde una perspectiva biomecánica, permiten una excelente reducción y fijación con un bajo riesgo de falla del material. Entre sus

principales desventajas, se encuentra que requieren un intensificador de imágenes para su colocación, se requiere un mayor nivel de experiencia y que, aunque poco frecuente, una mala colocación de los pines puede ocasionar lesiones más severas, como lesión del espacio articular de la cadera, lesión del nervio ciático y de los vasos glúteos. A pesar de sus desventajas, son la modalidad externa de fijación de elección en una fractura de pelvis inestable; debido a la mayor estabilidad que proveen y menor tasa de fallo (Stahel et al., 2013).

2.12.4.1. Técnica quirúrgica para su aplicación

Los pines se colocan en un amplio corredor óseo que va desde la espina ilíaca anteroinferior hasta la espina iliaca posterosuperior. Este corredor es visualizado como una lágrima en la proyección oblicua obturatriz. El sitio de entrada debe ser aproximadamente 2 cm superior al domo acetabular para evitar penetrar la articulación de la cadera. La vista oblicua ilíaca permite verificar la profundidad y dirigir el pin 1-2 cm sobre la escotadura ciática mayor. Ver figura 7.

Figura 7. Técnica quirúrgica para la colocación de los pines en un fijador externo supra acetabular



Nota. A: punto de entrada en la lágrima, en una vista oblicua obturatriz. B: orientación 2 cm superior a la escotadura ciática mayor en una proyección oblicua ilíaca. C: colocación central del pin.

Fuente: Wojahn y Gardner (2019).

2.12.5. C Clamp

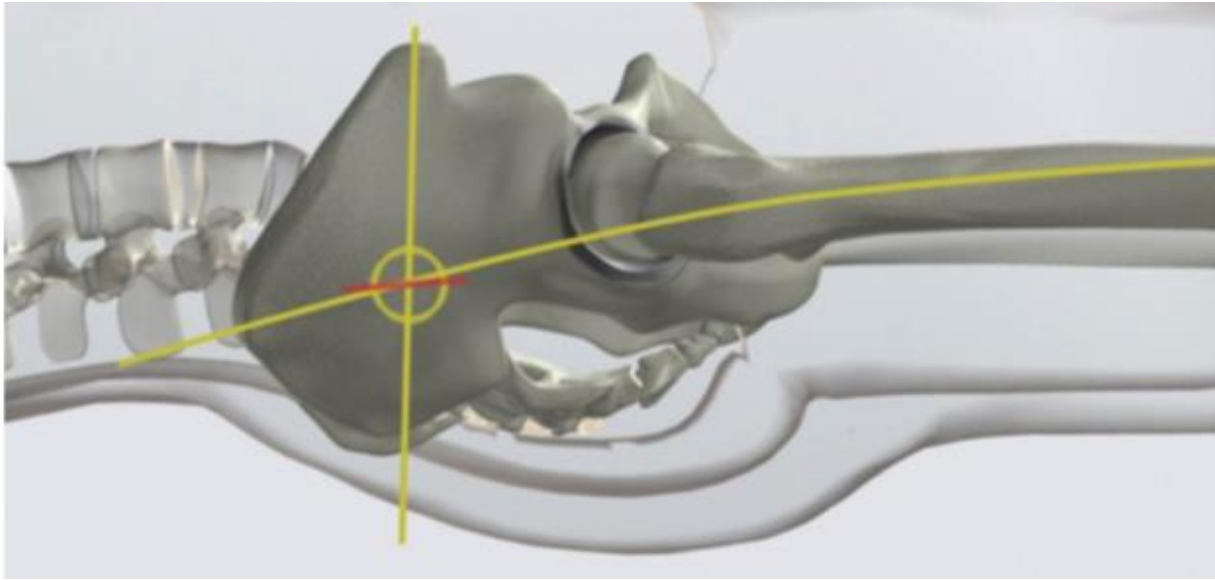
La principal indicación para la fijación externa con un C Clamp, para un paciente con una fractura de pelvis mecánicamente inestable en un paciente con inestabilidad hemodinámica, son las fracturas con inestabilidad vertical, es decir, aquellas con un desplazamiento mayor a 1 cm craneocaudal de la articulación sacroilíaca o una diástasis mayor a 4 mm de la misma articulación. Dentro de sus principales contraindicaciones, están las fracturas conminutas del sacro o aquellas con afectación de los agujeros sacros.

Las lesiones inestables verticales del anillo pélvico se caracterizan por disrupción completa de los elementos posteriores uni o bilateralmente, ya sea con lesiones a través de la articulación sacroilíaca o fracturas del sacro. Por tal motivo, un fijador externo anterior no provee estabilidad al anillo pélvico posterior. El C Clamp se diseñó para proveer estabilidad de emergencia al anillo pélvico posterior en un paciente inestable hemodinámicamente. Por lo tanto, la indicación clásica son las fracturas de pelvis tipo VS y APC III de Young Burgees, con inestabilidad vertical. Dentro de sus principales contraindicaciones, están las fracturas sacras conminutas, las fracturas transforaminales, fracturas del ala del ilíaco y fracturas LC de Young Burgees. (Stahel et al., 2013).

2.12.5.1. Técnica quirúrgica para su aplicación

El sitio de entrada de los pines se localiza en la intersección de una línea vertical dibujada anteroposteriormente desde la espina iliaca anterosuperior y una línea horizontal que se localiza sobre el trocánter mayor (ver figura 8). Después de la colocación de los pines y, en caso de que exista un desplazamiento cráneo-caudal, se debe ejercer tracción manual sobre la extremidad de la hemipelvis afectada para lograr la reducción; luego, se debe ejercer una compresión axial para reducir el anillo pélvico posterior.

Figura 8. Esquema que ilustra el sitio de entrada de los pines en la colocación de un C Clamp



Fuente: Stahel et al. (2013).

2.12.6. Empacado preperitoneal

El empacado preperitoneal debe ser una intervención por considerar en todo paciente con una fractura de pelvis relacionada con inestabilidad hemodinámica. Representa una medida quirúrgica efectiva en el control temprano del sangrado en pacientes hipotensos. Se debe realizar en conjunto con la fijación externa para maximizar la efectividad de la intervención. Los pacientes que persistan con inestabilidad hemodinámica posterior a una angiografía deben ser siempre considerados para realizar un empacado preperitoneal.

Como se mencionó previamente, la principal fuente de sangrado retroperitoneal en un paciente hemodinámicamente inestable asociado a una fractura del anillo pélvico es atribuida a sangrado venoso en un 80-90% de los casos; que se originan del plexo venoso presacro y paravesical, y del hueso en el sitio de la fractura. Solo en el 10-20 % de los casos el sangrado será de origen arterial (Coccolini et al., 2017). El sangrado de origen arterial se debe sospechar en todo paciente que se haya fijado y continúe inestable. Además, la imposibilidad de controlar el sangrado venoso mediante una angiografía representa el fundamento básico para el empacado preperitoneal y la razón

principal del porqué la angiografía no está indicada en el manejo inicial de dichas fracturas.

El empacado preperitoneal ha demostrado ser una intervención que disminuye la mortalidad, aumenta la presión arterial sistólica y ayuda a disminuir el sangrado pélvico al incrementar la presión dentro del espacio retroperitoneal. Además, disminuye significativamente la necesidad de transfusiones sanguíneas y la necesidad de una angioembolización posterior (Petrone et al., 2019; Chiara et al., 2016). Siempre debe realizar en combinación con la fijación externa.

Dentro de sus principales efectos secundarios, están el riesgo de infección que pasa de un 4% a un 45% si se debe reempacar y una mayor tasa de tromboembolismo venoso (Rojas et al., 2021).

2.12.6.1. Técnica quirúrgica

Se realiza una incisión infraumbilical en la línea media de, aproximadamente, 6-8 cm o una incisión de Phannenstiel. Se disecciona el tejido celular subcutáneo hasta la fascia. Se incide la fascia y se drena el hematoma. Después, se retrae la vesícula superiormente, se libera hasta ambas articulaciones sacroilíacas, se empaca con 3 o 4 paños grandes. Se cierra por planos y se debe retirar el empaque a las 24-48 horas.

2.12.7. Tornillo sacroilíaco de emergencia

En los pacientes con fracturas de pelvis con inestabilidad mecánica y hemodinámicamente inestables, que tengan compromiso del anillo posterior, tipo B y C de Tile, los tornillos transilíacos percutáneos representan una opción de fijación aceptada, sin detrimento de la condición general del paciente.

En un paciente con una fractura de pelvis inestable mecánica y hemodinámicamente, la inmovilización inicial se realiza con una sábana pélvica como se indicó previamente. Esta inmovilización inicial ayudará a estabilizar el anillo pélvico, principalmente, la parte anterior.

Las fracturas con inestabilidad del anillo pélvico posterior requieren otro tipo de inmovilización. Siendo una opción el C Clamp. El problema es que este dispositivo no está disponible en todos los países y es, además, una medida temporal de inmovilización, que requiere ser cambiada por una estabilización permanente a la mayor brevedad posible.

Mucho se ha estudiado sobre los posibles beneficios, así como complicaciones de realizar una osteosíntesis definitiva en un paciente muy inestable hemodinámicamente. Porque se ha demostrado que, dependiendo de la condición general del paciente, el realizar una osteosíntesis definitiva, lejos de proveer algún beneficio, puede precipitar una exacerbación del daño general del paciente, específicamente en aquellos pacientes que han sido clasificados como *in extremis*. Esta condición se refiere a aquellos pacientes en los que la injuria inicial ha sido de tal magnitud que están en peligro real de muerte. El politrauma presente genera un estado inflamatorio generalizado que se traduce como *shock*, coagulopatía, hipotermia y lesiones de los tejidos blandos (las cuatro cascadas patológicas del politrauma), que, de evolucionar negativamente, desencadenan en síndrome de distrés respiratorio agudo, falla orgánica múltiple y muerte. Además, ya se ha establecido que las osteosíntesis definitivas de la pelvis influyen negativamente en estas cuatro vías. Por lo que está absolutamente contraindicado realizar procedimientos de osteosíntesis definitiva en un paciente que ha sido clasificado como *in extremis*. En este escenario, solo está indicado realizar cirugías de control de daños; donde se incluyen las estabilizaciones con fijadores externos, como se describió con anterioridad (Pape et al., 2005).

Los parámetros para poder clasificar a un paciente inestable hemodinámicamente como *in extremis* son varios, de manera práctica se han descrito: presión arterial sistólica menor a 60 mm de Hg, lactato mayor a 4 mmol/L, plaquetas igual o menor a 70 000 / microlitro, déficit de base menor a 6 mEq/L y necesidad de transfusión de más de 15 unidades de glóbulos rojos en las primeras dos horas del trauma (Nahm et al., 2014; Pape et al., 2005).

Sin embargo, se ha demostrado que realizar una estabilización temprana, inmediata de las lesiones del anillo posterior, específicamente fracturas tipo B y C de Tile con tornillos transilíacos percutáneos en un paciente hemodinámicamente inestable, provee resultados radiológicos adecuados sin elevar las complicaciones del estado general del paciente (Acker et al., 2018).

La osteosíntesis percutánea ofrece varias ventajas, principalmente, permite realizar una fijación ósea, sin la necesidad de realizar abordajes amplios. Lo que supone tiempos quirúrgicos más cortos, con menos pérdidas sanguíneas y menos lesión de tejidos blandos. A pesar de estos beneficios, este método de fijación presenta algunas limitaciones que es necesario considerar. En primer lugar, podría tener la limitación de contar con una menor estabilidad, al no realizarse una construcción más estable con placas y tornillos: lo cual supondría un mayor riesgo de migración o fallo del material, no unión, consolidación viciosa y desplazamientos secundarios. Aunque en la bibliografía publicada dichas complicaciones llegan al 8% en el peor de los casos; sobre todo, en el tema de desplazamientos secundarios (Prieto y Giráldez, 2011).

2.12.8. Angiografía y embolización arterial selectiva

La angioembolización es una medida efectiva del control de la hemorragia en pacientes con sangrado retroperitoneal de origen arterial. La extravasación de medio de contraste intrapélvico y la presencia de un hematoma son los dos signos más importantes para tomar en cuenta al realizar una angioembolización. La principal indicación para su aplicación sería un paciente con una fractura de pelvis inestable en la que se haya realizado la fijación externa, una resucitación agresiva, se hayan descartado otros focos de sangrado y aun así persista con una inestabilidad hemodinámica. También podría estar indicada en un paciente en el que se le haya realizado una embolización previa por un sangrado de origen arterial, con una estabilización transitoria y una inestabilidad hemodinámica posterior, por el riesgo de un resangrado (Coccolini et al., 2017).

El uso de una angiografía en una paciente con una fractura de pelvis mecánicamente inestable, que cursa con inestabilidad hemodinámica, dependerá de

múltiples factores, incluido el escenario clínico del paciente, la necesidad continua de resucitación, la disponibilidad del equipo y del personal médico calificado. La indicación básica para una angiografía es la sospecha de un sangrado pélvico de origen arterial; esto con la intención de poder realizar una embolización y, de esta manera, poder controlar el sangrado. Sin embargo, en la práctica clínica con múltiples escenarios, el tema se vuelve más complejo. Usualmente, estos pacientes van a ser víctimas de politraumatismos con lesiones en otros aparatos y sistemas incluidos sistema nervioso central, tórax y abdomen; además de la pelvis. Siendo que lesiones en cada uno de ellos pueden ser la causa de la inestabilidad hemodinámica. Por lo tanto, es indispensable descartar hemorragias en todos los sitios anatómicos lesionados, incluida la pelvis. Por esta razón, en la literatura en diversos estudios no están claras las indicaciones para realizar la angiografía, o se indica simplemente cómo realizar en sospecha de sangrado pélvico de origen arterial.

Una indicación bien aceptada para la embolización es la presencia de sangrado arterial activo visto como extravasación del medio de contraste en una angiografía (Vaidya et al., 2018). Se ha documentado también que la TAC de pelvis con medio de contraste es útil para predecir la necesidad de una angiografía. Siendo que la extravasación del medio de contraste y la presencia de un hematoma son los dos hallazgos principales que indican la realización de una angiografía. La sensibilidad y la especificidad de la TAC prediciendo la necesidad de una angioembolización va de un 60-90% y de un 92-100%, respectivamente (Tanizaki et al., 2014; Sandhu et al., 2020; Vaidya et al., 2018).

Por otro lado, diversos estudios señalan que el tiempo transcurrido entre la lesión del paciente y la realización de una angiografía y posterior embolización para aquellos pacientes con un sangrado pélvico de origen arterial es crucial en la sobrevida. Siendo que, cuanto más temprano se realice la intervención, mejor será el pronóstico. No hay un umbral bien establecido, pero se ha demostrado que la mortalidad aumenta de un 36%, si la embolización se realiza en las tres primeras horas a un 75% si se realiza después (Vaidya et al., 2018). Otros, incluso, mencionan que la sobrevida mejora

considerablemente si la intervención se realiza en las dos primeras horas (Boonsinsukh y Maroongroge, 2020). Lo que sí está claro es que, cuanto más temprano se realice la intervención, mejor será el pronóstico del paciente.

2.13. Protocolos de manejo de un paciente con una fractura de pelvis mecánicamente inestable con inestabilidad hemodinámica

Como se mencionó desde un principio, no existe un protocolo establecido y aceptado universalmente para el manejo de estos pacientes. Debido, en gran parte, a las realidades de cada centro de salud en los diferentes lugares en los que se maneja pacientes politraumatizados y en parte, también, a causa de la dificultad de lograr una adecuada coordinación entre el equipo de salud involucrado. Lo que sí ha quedado en evidencia es que el establecer protocolos locales en cada hospital, conocidos y aceptados por todo el equipo médico, incluidos los cirujanos ortopedistas, generales, vasculares y radiólogos intervencionistas; mejora significativamente la sobrevida del paciente. En un estudio retrospectivo llevado a cabo en Hong Kong entre el 2010 y 2014, en el que se implementó un protocolo de trauma para el manejo de estos pacientes, la mortalidad pasó de un 45% a un 12.5% a los 30 días, de un 37% a un 11% a los 7 días y de un 37% a un 11% en las primeras 24 horas (Cheng et al., 2018).

A continuación, se muestra y discute el manejo recomendado, según la clasificación y lineamientos de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia (WSES). Como se estableció con anterioridad, ellos clasifican las fracturas de pelvis en lesiones menores, moderadas y severas. Siendo que las menores y moderadas corresponden a lesiones en pacientes hemodinámicamente estables; mientras que las severas son las que se correlacionan con pacientes con inestabilidad hemodinámica. Las menores, por otro lado, son las fracturas que no presentan una inestabilidad mecánica inherente; mientras que las moderadas son aquellas fracturas inestables mecánicamente, pero estables hemodinámicamente. Las severas son inestables tanto mecánica como hemodinámicamente. Ver tabla 1.

Tabla 1. Manejo recomendado según clasificación y lineamientos de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia (WSES).

Clasificación de WSES	Clasificación de Young Burgess	Estabilidad hemodinámica	Estabilidad Mecánica	Tratamiento
Menor				
Grado 1	APC I, LC I	Estable	Estable	Tratamiento conservador
Moderado				
Grado 2	LC- APC II/III	Estable	Inestable	Cinturón pélvico, sábana pélvica. Fijador externo. Angioembolización si TAC +.
Grado 3	VS, CM	Estable	Inestable	Cinturón pélvico, sábana pélvica. Angioembolización si TAC +. C Clamp si hay inestabilidad posterior.
Severo				
Grado 4	Cualquiera	Inestable	cualquiera	Cinturón pélvico. Empacado preperitoneal. Fijación externa. C Clamp Angioembolización

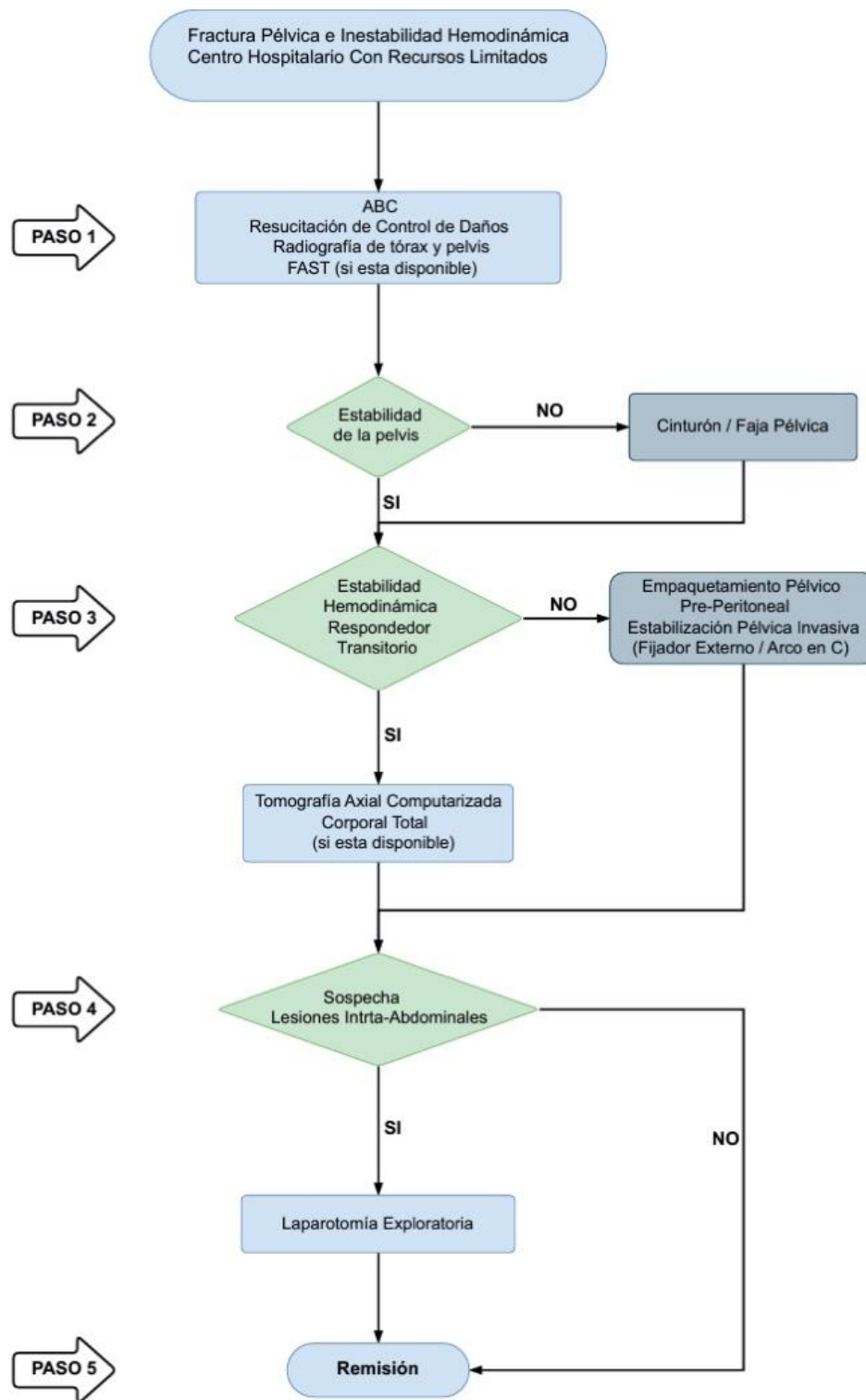
Fuente: Coccolini et al. (2017).

Según estos lineamientos, todo paciente con una fractura de pelvis que curse con inestabilidad hemodinámica debe ser abordado por el servicio de ortopedia. La fractura debe ser estabilizada en el sitio con una sábana pélvica o un cinturón pélvico. Posteriormente, a nivel intrahospitalario, se debe valorar si la inestabilidad mecánica es anterior, anterior y posterior o meramente posterior. Esto con el propósito de elegir el método de inmovilización más apropiado. Se debe considerar siempre la angiografía cuando se sospeche una lesión arterial.

El siguiente protocolo (figura 9) fue presentado en la revista Colombia Médica en el 2020. Se expone, debido a que las condiciones que presenta son similares a las que se pueden encontrar en un hospital clase A del país. Este protocolo consta de cinco pasos. En el paso 1, los esfuerzos se deben dirigir a la identificación de todas las lesiones que potencialmente comprometan la vida, siguiendo las guías del ATLS (Soporte vital avanzado de trauma). Incluye estudios radiológicos, pelvis, FAST. Y se categoriza la fractura pélvica según la clasificación de WSES. En el paso 2, en los pacientes con inestabilidad hemodinámica WSES 3, se debe realizar una estabilización mecánica temporal no invasiva en el servicio de emergencias, con un cinturón pélvico o una sábana pélvica. Si la fractura presenta, además, una inestabilidad vertical, se debe realizar una tracción de longitudinal de las extremidades inferiores (Mejía et al., 2020).

En el tercer paso, si el paciente se encuentra hemodinámicamente estable, se debe realizar un cuerpo TAC con el propósito de caracterizar bien la fractura y la presencia de lesiones asociados. Pero, si el paciente está inestable, debe ser trasladado inmediatamente al quirófano para realizar un empacado preperitoneal y valorar si es candidato a un fijador externo o un C Clamp. En el paso 4, si se comprueba la asociación con lesiones quirúrgicas intraabdominales, se debe realizar una laparotomía exploratoria. Finalmente, si el paciente requirió un empacado pélvico preperitoneal y una fijación externa, debe ser trasladado a una unidad de cuidados intensivos para continuar su manejo.

Figura 9. Algoritmo de manejo quirúrgico de trauma pélvico e inestabilidad hemodinámica.



Fuente: Mejía et al. (2020).

Lee et al. (2019), en el Journal Europeo de Cirugía de Emergencia, presentan una publicación del 2018, con un flujograma en el que se toma en cuenta la realización de un TAC de pelvis con medio de contraste, para valorar el uso de una angiografía y posible embolización. En este flujograma, ellos proponen realizar una TAC con medio de contraste, si el paciente se encuentra hemodinámicamente inestable para valorar si hay extravasación pélvica, en cuyo caso estaría indicada la angioembolización de emergencia. Sin embargo, este procedimiento solo sería viable si la disponibilidad para su aplicación es inmediata, debido a que, en la mayoría de los casos, el sangrado será de origen venoso. Y realizar este procedimiento solo retrasaría el tratamiento del paciente, incidiendo en su mortalidad.

Capítulo III. Conclusiones

El manejo de un paciente con una fractura de pelvis con inestabilidad mecánica y hemodinámica es desafiante. Por lo que es indispensable una adecuada coordinación entre todo el equipo de salud.

A partir de lo anterior, se recomienda contar con un protocolo estandarizado en cada centro de salud, en el que se manejen pacientes politraumatizados, ya que se ha comprobado que esta medida reduce la mortalidad del paciente.

En cualquier paciente con una fractura de pelvis inestable mecánica y hemodinámicamente, sin un sitio claro de sangrado, está indicada una intervención quirúrgica ortopédica de emergencia. Además, el tornillo sacroilíaco de emergencia es la opción adecuada en este medio para pacientes con inestabilidad mecánica vertical, en un paciente inestable hemodinámicamente.

Por su parte, el fijador de pelvis supracetabular es la mejor opción para estabilización en control de daños de lesiones anteriores del anillo pélvico superior sobre el fijador transilíaco.

Bibliografía

- Acker, A., Perry, Z. H., Blum, S., Shaked, G., y Korngreen, A. (2018). Immediate percutaneous sacroiliac screw insertion for unstable pelvic fractures: is it safe enough? *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 44(2), 163–169. <https://doi.org/10.1007/s00068-016-0654-9>
- Azar, F. M., Canale, S. T., y Beaty, J. H. (2020). *Campbell's Operative Orthopaedics* (14^a ed.). Elsevier Health Sciences.
- Bakhshayesh, P., Boutefnouchet, T., y Tötterman, A. (2016). Effectiveness of noninvasive external pelvic compression: A systematic review of the literature. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s13049-016-0259-7>
- Boonsinsukh, T., y Maroongroge, P. (2020). Effectiveness of transcatheter arterial embolization for patients with shock from abdominopelvic trauma: A retrospective cohort study. *Annals of Medicine and Surgery*, 55, 97–100. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2020.04.029>
- Boyer, M. I. (2014). *AAOS comprehensive orthopaedic review 2*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Cheng, M., Lee, K. Y., Chang, A. M. L., Ho, H. F., Chan, L. P. S., Lee, K. B., Kwok, P. C. H., Lee, A. C. W., Wong, K. Y. K., Kam, C. W., Leung, G. K. K., Wong, J. K. S., Cheung, N. K., Yeung, J. H. H., Tang, N., Choi, S. H., Lau, T. W., Wong, H. H. T., y Leung, M. (2018). Three-in-one protocol reduces mortality of patients with haemodynamically unstable pelvic fractures—a five year multi-centred review in Hong Kong. *International Orthopaedics*, 42(10), 2459–2466. <https://doi.org/10.1007/s00264-018-3842-x>

- Chiara, O., di Fratta, E., Mariani, A., Michaela, B., Prestini, L., Sammartano, F., y Cimbanassi, S. (2016). Efficacy of extra-peritoneal pelvic packing in hemodynamically unstable pelvic fractures, a Propensity Score Analysis. *World Journal of Emergency Surgery*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13017-016-0077-2>
- Coccolini, F., Stahel, P. F., Montori, G., Biffl, W., Horer, T. M., Catena, F., ... y Ansaloni, L. (2017). Pelvic trauma: WSES classification and guidelines. *World Journal of Emergency Surgery*, 12, 1-18. <https://doi.org/10.1186/s13017-017-0117-6>
- Copp, J., y Eastman, J. G. (2021). Novel resuscitation strategies in patients with a pelvic fracture. *Injury*, 52(10), 2697–2701. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.01.042>
- Gänsslen, J. (2021). *Pelvic Ring Fractures*. Springer.
- Langford, J. R., Burgess, A. R., Liporace, F. A., y Haidukewych, G. J. (2013). Pelvic fractures: Part 1. Evaluation, classification, and resuscitation. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21(8), 448–457. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-21-08-448>
- Lee, M. A., Yu, B., Lee, J., Park, J. J., Lee, G. J., Choi, K. K., Park, Y., Gwak, J., y Han, A. (2019). Effects of the establishment of a trauma center and a new protocol on patients with hemodynamically unstable pelvic fractures at a single institution in Korea. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 45(2), 273–279. <https://doi.org/10.1007/s00068-017-0899-y>
- Marzi, I., y Lustenberger, T. (2014). Management of bleeding pelvic fractures. *Scandinavian journal of surgery*, 103(2), 104-111.
- Mejía, D., Parra, M. W., Ordoñez, C. A., Padilla, N., Caicedo, Y., Warr, S. P., Jurado-Muñoz, P. A., Torres, M., Martínez, A., Serna, J. J., Rodríguez-Holguín, F., Salcedo, A., García, A., Millán, M., Pino, L. F., Hadad, A. G., Herrera, M. A., y Moore, E. E. (2020). Hemodynamically unstable pelvic fracture: A damage control surgical algorithm that fits your reality. *Colombia Medica*, 51(4). <https://doi.org/10.25100/cm.v51i4.4510>

- Nahm, N. J., Moore, T. A., y Vallier, H. A. (2014). Use of two grading systems in determining risks associated with timing of fracture fixation. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 77(2), 268–279. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000000283>
- Pape, H. C., Giannoudis, P. V., Krettek, C., y Trentz, O. (2005). Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma: role of conventional indicators in clinical decision making. *Journal of orthopaedic trauma*, 19(8), 551-562.
- Perumal, R., Jayaramaraju, D., Sen, R. K., y Trikha, V. (2021). Management of pelvic injuries in hemodynamically unstable polytrauma patients – Challenges and current updates. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 12(1), 101–112. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.09.035>
- Petrone, P., Rodríguez-Perdomo, M., Pérez-Jiménez, A., Ali, F., Brathwaite, C. E. M., y Joseph, D. K. (2019). Pre-peritoneal pelvic packing for the management of life-threatening pelvic fractures. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 45(3), 417–421. <https://doi.org/10.1007/s00068-018-1018-4>
- Prasarn, M. L., Horodyski, M. B., Conrad, B., Rubery, P. T., Dubose, D., Small, J., y Rehtine, G. R. (2012). Comparison of external fixation versus the trauma pelvic orthotic device on unstable pelvic injuries: A cadaveric study of stability. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 72(6), 1671–1675. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31824526a7>
- Prieto, E., y Giráldez, M. (2011). *Efectividad y seguridad del tratamiento percutáneo de las fracturas del anillo pélvico*. Tecnologías Sanitarias de Andalucía.
- Rojas, D. G., Coleman, J. R., Moore, E. E., Dean, C. S., Parry, J. A., Elrick, B. P., Ryan, W. K., Nadeau, J. T., Maher, M., Hwang, J., Byun, S., y Mauffrey, C. P. (2021). The Association of Surgical Timing and Injury Severity with Systemic Complications in Severely Injured Patients with Pelvic Ring Injuries. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 35(4), 171–174. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001946>

- Sandhu, J., Abrahams, R., Miller, Z., Bhatia, S., Zakrison, T. L., y Mohan, P. (2020). Pelvic Trauma: factors predicting arterial hemorrhage and the role of Angiography and preperitoneal pelvic packing. *European Radiology*, 30(11), 6376–6383. <https://doi.org/10.1007/s00330-020-06965-9>
- Spahn, D. R., Bouillon, B., Cerny, V., Duranteau, J., Filipescu, D., Hunt, B. J., Komadina, R., Maegele, M., Nardi, G., Riddez, L., Samama, C. M., Vincent, J. L., y Rossaint, R. (2019). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Critical Care (London, England)*, 23(1), 98. <https://doi.org/10.1186/s13054-019-2347-3>
- Stahel, P. F., Mauffrey, C., Smith, W. R., McKean, J., Hao, J., Burlew, C. C., y Moore, E. E. (2013). External fixation for acute pelvic ring injuries: Decision making and technical options. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 75(5), 882–887. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3182a9005f>
- Tanizaki, S., Maeda, S., Matano, H., Sera, M., Nagai, H., y Ishida, H. (2014). Time to pelvic embolization for hemodynamically unstable pelvic fractures may affect the survival for delays up to 60 min. *Injury*, 45(4), 738–741. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.11.007>
- Tile, M., Helfet, D. L., y Kellam, J. F. (2015). *Fractures of the pelvis and acetabulum : principles and methods of management* (4a ed., Vol. 1). Thieme.
- Vaidya, R., Waldron, J., Scott, A., y Nasr, K. (2018). Angiography and Embolization in the Management of Bleeding Pelvic Fractures. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 26(4), e68–e76. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-16-00600>
- Wojahn, R. D., y Gardner, M. J. (2019). Fixation of Anterior Pelvic Ring Injuries. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 27(18), 667–676. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-17-00839>