

Diciembre 2025

Manejo Integral en Traumatología

Editorial Velsoris



Santiago Vinicio Estrada Brito
Alex Efrain Tenenuela Yautibug
Iván Gualberto Velasco Salazar
Diego Javier Delgado Desiderio
Emilio Andrés Espinoza Jaramillo



Manejo Integral en Traumatología

Autores

Santiago Vinicio Estrada Brito

Médico General Universidad Nacional de Chimborazo

Médico Residente Hospital de la Policía Nacional

Alex Efrain Tenenuela Yautibug

Médico Universidad de Guayaquil

Docente Química Unidad Educativa Nela Martinez Espinosa

Iván Gualberto Velasco Salazar

Médico Universidad de Guayaquil

Médico General

Diego Javier Delgado Desiderio

Médico General Universidad de Guayaquil

Especialista Salud y Seguridad Ocupacional con Mención en Salud Ocupacional Universidad Pontificia Católica del Ecuador

Médico General en Funciones Hospitalarias Hospital General Monte Sinaí

Emilio Andrés Espinoza Jaramillo

Médico Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Investigador Independiente

Índice

Fracturas de Alta Energía Estrategias Clínicas Santiago Vinicio Estrada Brito	5
Luxaciones de Hombro Alex Efrain Tenenuela Yautibug	19
Fractura de Pie Iván Gualberto Velasco Salazar	34
Lesiones del Codo Diego Javier Delgado Desiderio	47
Lesiones Escrotales y Testiculares Emilio Andrés Espinoza Jaramillo	60

Fracturas de Alta Energía Estrategias Clínicas

Santiago Vinicio Estrada Brito

Resumen

El manejo de las fracturas de alta energía constituye uno de los desafíos más exigentes en la práctica ortopédica contemporánea. Estas lesiones se definen no solo por la disruptión mecánica del esqueleto, sino por la devastación concomitante de la envoltura de tejidos blandos y la respuesta inflamatoria sistémica que desencadenan. Este capítulo examina la fisiopatología del trauma mayor, analizando la transición de los paradigmas clásicos hacia el concepto de Cuidados Apropriados Tempranos (EAC), sustentado en la monitorización de la ventana inmunológica y marcadores de resucitación metabólica como el lactato y el déficit de base. Se detallan protocolos actualizados para el manejo de partes blandas, incluyendo la clasificación de lesiones cerradas, las pautas de desbridamiento y la profilaxis antibiótica basada en la evidencia más reciente. Asimismo, se discuten las estrategias de osteosíntesis, desde la fijación externa temporal hasta la reconstrucción definitiva de defectos óseos complejos, con el objetivo final de restaurar la función y minimizar las complicaciones devastadoras como la infección asociada a fractura y el fallo orgánico multisistémico.

Palabras clave: Politraumatismo, Control de daños ortopédico, Inmunología del trauma, Osteosíntesis, Tejidos blandos.

1. Introducción: La Biomecánica del Caos

La fractura de alta energía es la resultante biológica de una transferencia masiva de energía cinética al cuerpo humano. Biomecánicamente, la magnitud del daño es directamente proporcional a la velocidad del impacto, donde la energía

disipada supera el umbral de elasticidad del hueso y de los tejidos circundantes. A diferencia de los traumas de baja energía, donde el fallo óseo ocurre por mecanismos torsionales o de flexión simples, el trauma de alta energía provoca una falla estructural catastrófica caracterizada por conminución, desplazamiento severo y, crucialmente, una zona de lesión extendida que va más allá de lo visible radiográficamente (1).

En la actualidad, el perfil epidemiológico de estas lesiones ha sufrido una transformación. Si bien los accidentes de tránsito y las precipitaciones siguen siendo la causa predominante en la población joven y económicamente activa, se observa una incidencia creciente en la población geriátrica. Este fenómeno, denominado en la literatura como "trauma plateado" (*silver trauma*), presenta desafíos únicos debido a la menor reserva fisiológica y la fragilidad ósea, lo que convierte caídas de aparente baja energía en eventos fisiopatológicamente comportados como de alta energía (2).

La prioridad en el abordaje de estas fracturas ha evolucionado. El objetivo ya no es únicamente la restitución anatómica de la imagen radiológica, sino la preservación de la viabilidad biológica y la prevención de la "segunda agresión" (*second hit*) que la cirugía puede representar para un paciente fisiológicamente vulnerable (3).

2. Fisiopatología: La Respuesta Inmune Postraumática

El entendimiento de la biología molecular del trauma es imperativo para el cirujano ortopédico moderno. Inmediatamente tras el impacto inicial (*first hit*), se libera una cascada de mediadores inflamatorios. Los tejidos necróticos, la hipoxia y la hemorragia liberan Patrones Moleculares Asociados al Daño (DAMPs) y alarminas, que activan el sistema inmune innato. Esto conduce a una respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) caracterizada por la elevación de citoquinas proinflamatorias como la Interleucina-6 (IL-6), Interleucina-8 (IL-8) y el Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α) (4).

Simultáneamente, el organismo intenta contrarrestar esta inflamación mediante el Síndrome de Respuesta Antiinflamatoria Compensatoria (CARS). El equilibrio entre SIRS y CARS determina el destino clínico del paciente. Si la carga inflamatoria es excesiva o si se realiza una intervención quirúrgica mayor (fresado femoral, abordajes extensos) en un momento de vulnerabilidad inmunológica, se produce el fenómeno del "segundo golpe". Esto puede precipitar al paciente hacia una disfunción orgánica múltiple, SDRA (Síndrome de Distrés Respiratorio Agudo) y muerte (1, 4).

La literatura reciente sugiere que la monitorización de biomarcadores como la IL-6, junto con los parámetros clínicos, ofrece una guía más precisa para determinar la "ventana de oportunidad" segura para la cirugía definitiva que los signos vitales tradicionales por sí solos (5).

3. Evaluación y Clasificación del Daño a Partes Blandas

El estado de los tejidos blandos es el factor pronóstico individual más importante en la evolución de las fracturas de alta energía. Una evaluación subestimada puede llevar a necrosis de la herida, dehiscencia e infección profunda.

3.1. Fracturas Cerradas y el Riesgo Oculto

Es un error común asumir que la integridad de la piel implica la integridad de los tejidos profundos. En traumas de alta energía, las fracturas cerradas pueden presentar un despegamiento severo del tejido subcutáneo respecto a la fascia (*déglowing* cerrado o lesión de Morel-Lavallée) y un daño muscular extenso. La clasificación de Tscherne y Oestern sigue siendo la herramienta clínica de elección para categorizar estas lesiones y guiar el tratamiento (6).

Tabla 1. Clasificación de Tscherne-Oestern para Fracturas Cerradas y Estrategia Terapéutica

Grado	Características de la Lesión de Tejidos Blandos	Estrategia Clínica Recomendada
Grado 0	<ul style="list-style-type: none">• Daño mínimo o nulo• Fractura por mecanismo indirecto simple.	Fijación interna definitiva inmediata según protocolo estándar.

Grado 1	<ul style="list-style-type: none"> • Abrasión superficial o contusión de piel • Mecanismo de moderada energía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fijación interna posible con manejo cuidadoso de colgajos cutáneos • Vigilancia postoperatoria.
Grado 2	Abrasión profunda contaminada, contusión muscular localizada, riesgo de síndrome compartimental inminente.	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar control de daños • Si se opta por fijación interna, retrasar la incisión hasta la aparición del "signo de la arruga".
Grado 3	Contusión cutánea extensa, aplastamiento muscular, despegamiento subcutáneo (<i>déglowing</i>), síndrome compartimental establecido o lesión vascular.	<ul style="list-style-type: none"> • Mandatorio: Fijación externa temporal (Control de Daños) • Fasciotomía si se requiere • Diferir osteosíntesis definitiva.

Fuente: Adaptado de Marmor M, et al. (6) y guías de práctica clínica de la AO Foundation.

3.2. Fracturas Abiertas

Para las fracturas abiertas, la clasificación de Gustilo-Anderson mantiene su vigencia, aunque se enfatiza que su precisión aumenta cuando se realiza tras el desbridamiento quirúrgico y no en la sala de urgencias. La distinción crítica radica entre los grados IIIB (requiere cobertura con colgajo) y IIIC (lesión vascular que requiere reparación), donde el tiempo de isquemia caliente dicta la viabilidad de la extremidad (7).

4. Estrategias de Resucitación: Del Control de Daños al Cuidado Apropriado

El debate histórico entre el Cuidado Total Temprano (ETC - Early Total Care) y el Control de Daños Ortopédico (DCO - Damage Control Orthopedics) ha madurado hacia un enfoque más matizado conocido como Cuidado Apropriado Temprano (EAC - Early Appropriate Care). El EAC postula que la fijación definitiva de fracturas mayores (como fémur o pelvis) puede realizarse de manera segura dentro de las primeras 24 a 36 horas, siempre que el paciente haya sido resucitado metabólicamente de manera adecuada (8).

La decisión de proceder con una cirugía mayor o limitarse a la fijación externa temporal se basa en la identificación del paciente "limítrofe" (*borderline*). Los parámetros hemodinámicos tradicionales (presión arterial, frecuencia cardíaca) son indicadores tardíos y poco fiables de la perfusión tisular. La resucitación moderna se guía por marcadores de acidosis metabólica y coagulopatía (8, 9).

Tabla 2. Criterios Fisiológicos para la Aplicación de Control de Daños Ortopédico (DCO)

Parámetro Fisiológico	Umbrales de Alarma (Indica necesidad de DCO)	Justificación Fisiopatológica Actual
Lactato Sérico	> 2.5 mmol/L	Refleja hipoperfusión tisular persistente y deuda de oxígeno oculta, incluso con PA normal.
Déficit de Base	< -6.0 mEq/L	Correlación directa con la mortalidad y la magnitud del shock hemorrágico.
Coagulopatía (INR)	> 1.5	Indica consumo de factores de coagulación y riesgo de sangrado intraoperatorio incontrolable.
Temperatura Central	< 35.0 °C	La hipotermia inhibe la función plaquetaria y la cascada enzimática de la coagulación.
Lesión Torácica	AIS Tórax > 2 o contusión bilateral	El fresado endomedular puede exacerbar el daño pulmonar por embolia grasa, precipitando insuficiencia respiratoria.
Necesidad Transfusional	Protocolo de Transfusión Masiva activado	Indica inestabilidad hemodinámica activa; la cirugía debe ser mínima y salvavidas.

Fuente: Compilado de revisiones sistemáticas sobre politrauma y resucitación hemostática (9, 10).

Se debe prestar especial atención a la "tríada letal" (acidosis, hipotermia, coagulopatía), a la que recientemente se ha añadido la hipocalcemia como cuarto factor crítico, formando el "diamante letal". La hipocalcemia severa al ingreso es un predictor independiente de mortalidad y necesidad de transfusión masiva (10).

4.1. Resucitación Hemostática y Manejo de la Coagulopatía Inducida por Trauma (TIC)

La estabilización del paciente con fracturas de alta energía ha transicionado de una resucitación basada en volumen (cristaloides) a una resucitación hemostática dirigida, con el objetivo de revertir la Coagulopatía Inducida por Trauma (TIC). La evidencia actual (estudios CRASH-3 y guías europeas actualizadas) dicta que la administración agresiva de suero salino isotónico debe evitarse, ya que exacerba la acidosis dilucional y desestabiliza el coágulo formado.

El manejo contemporáneo se sustenta en tres pilares farmacológicos que deben implementarse en la "hora dorada", a menudo antes o durante la fijación externa de emergencia:

1. **Ácido Tranexámico (TXA):** Se ha consolidado como el estándar de cuidado para prevenir la hiperfibrinólisis. La administración debe ser temprana (< 3 horas tras el trauma). El protocolo actual recomienda una dosis de carga de 1 g IV en 10 minutos, seguida de 1 g IV en infusión para 8 horas. Su uso reduce significativamente la mortalidad por sangrado sin aumentar el riesgo de eventos tromboembólicos en el paciente ortopédico.
2. **Reposición de Calcio:** Dado que el citrato presente en los hemoderivados quela el calcio ionizado, y la hipocalcemia (< 1.1 mmol/L) predice mortalidad con mayor precisión que el pH al ingreso, la suplementación empírica es mandatoria durante transfusiones masivas.
3. **Terapia Viscoelástica (ROTEM/TEG):** Los tiempos de coagulación convencionales (TP/TTP) son lentos y no evalúan la firmeza del coágulo. En centros de nivel I, la resucitación se guía mediante tromboelastometría rotacional (ROTEM), permitiendo una reposición dirigida de fibrinógeno (si hay deficiencia funcional) o plaquetas, optimizando el estado fisiológico del paciente para tolerar la cirugía de control de daños.

5. Manejo Quirúrgico de Fracturas Abiertas: Principios Actuales

El manejo de la fractura abierta de alta energía es una carrera contra la colonización bacteriana y la formación de biofilm.

5.1. Antibioticoterapia

Las pautas actuales abogan por el inicio inmediato de antibióticos sistémicos, idealmente dentro de la primera hora tras el trauma. Sin embargo, la tendencia moderna es hacia la reducción del espectro y la duración para mitigar la resistencia antimicrobiana y la toxicidad (11).

- **Gustilo I y II:** Cefalosporina de primera generación.
- **Gustilo III:** Adición de una cefalosporina de tercera generación o un aminoglucósido (aunque el uso de aminoglucósidos sistémicos está disminuyendo a favor de dosis locales).
- **Duración:** La evidencia actual recomienda suspender los antibióticos profilácticos 24 horas después del cierre definitivo de la herida, y no exceder las 72 horas totales tras la lesión, independientemente de si la herida permanece abierta (11, 12).

5.2. Desbridamiento y Lavado

El desbridamiento radical y sistemático es el paso más importante para prevenir la infección. Todo tejido desvitalizado, incluyendo hueso sin inserciones de partes blandas, debe ser eliminado. Respecto al lavado, estudios multicéntricos recientes de alto nivel de evidencia han demostrado que el uso de solución salina normal a baja presión es superior o igual al uso de jabones quirúrgicos o alta presión, con la ventaja de ser menos citotóxico para las células osteoprogenitoras y los tejidos blandos viables (12).

5.3. Terapia de Presión Negativa (TPN): Uso Estratégico y Limitaciones

El uso de sistemas de cierre asistido por vacío (VAC) se ha estandarizado como la cobertura temporal de elección tras el desbridamiento inicial. Sin embargo, su aplicación debe considerarse un "puente" hacia la cobertura definitiva y no un tratamiento per se. La evidencia reciente (ensayos clínicos y revisiones sistemáticas 2022-2023) indica que el uso de TPN por más de 7 días sobre fracturas abiertas con hueso expuesto aumenta paradójicamente la tasa de colonización bacteriana y el riesgo de infección profunda.

El protocolo actual sugiere:

- **Presión:** Ajuste estándar a 125 mmHg en modo continuo para maximizar la granulación y reducir el edema.
- **Instilación:** En heridas altamente contaminadas o con sospecha de biofilm, la TPN con instilación intermitente de solución salina o antisépticos (NPWT-i) ha demostrado reducir la carga bacteriana y los días de hospitalización en comparación con la TPN estándar.
- **Precaución:** Nunca colocar la esponja en contacto directo con estructuras neurovasculares expuestas; estas deben protegerse con los tejidos circundantes o mallas no adherentes de silicona.

5.4. Administración Local de Antibióticos: El Nuevo Estándar

Dada la limitada penetración de los antibióticos sistémicos en el hueso necrótico o avascular, la administración local de altas dosis de antimicrobianos es una prioridad en la prevención de la infección, especialmente en fracturas Gustilo III.

Se ha producido una transición tecnológica significativa:

- **De PMMA a Transportadores Biodegradables:** Históricamente se utilizaban perlas de polimetilmetacrilato (cemento óseo) con gentamicina/vancomicina. Aunque efectivas, requieren una segunda

cirugía para su extracción y actúan como cuerpo extraño una vez eluido el antibiótico.

- **Sustitutos Óseos Cerámicos:** Actualmente se prefiere el uso de matrices de sulfato de calcio o fosfato de calcio impregnadas con antibióticos. Estos materiales son biodegradables, no requieren extracción y rellenan el espacio muerto (dead space), entregando concentraciones locales de antibiótico hasta 1000 veces superiores a la CMI (Concentración Mínima Inhibitoria) sin toxicidad sistémica, favoreciendo simultáneamente la osteoconducción.

6. Estrategias de Fijación y Reconstrucción

6.1. Fijación Externa: El Puente a la Estabilidad

En el contexto agudo de alta energía, especialmente en fracturas periartriculares (pilón tibial, platillo tibial) o diáfisis femorales en pacientes inestables, la fijación externa modular es la norma. Los principios actuales dictan la colocación de pines fuera de la zona de lesión y lejos de las futuras incisiones. El uso de barras de fibra de carbono permite una mejor visualización radiológica y tomográfica para la planificación preoperatoria (13).

6.2. Conversión a Fijación Interna

El momento óptimo para la conversión de fijador externo a fijación interna depende enteramente de la recuperación de los partes blandas. La reepitelización de las flictenas y la aparición del signo de la arruga suelen ocurrir entre los 7 y 14 días. Si el fijador externo permanece más de dos semanas, la evidencia sugiere un mayor riesgo de infección al realizar el enclavado endomedular, por lo que se deben considerar protocolos de "vacaciones de pin" o cambio de estrategia (13).

6.3. Manejo de Defectos Óseos: Técnica de Membrana Inducida

Las fracturas de alta energía frecuentemente cursan con pérdida de stock óseo. La técnica de Masquelet ha

consolidado su posición como tratamiento de elección para defectos segmentarios grandes.

1. **Primera etapa:** Desbridamiento y colocación de un espaciador de cemento con antibióticos (polimetilmetacrilato) en el defecto. Esto induce la formación de una membrana biológica vascularizada rica en factores de crecimiento (VEGF, BMP-2).
2. **Segunda etapa:** A las 6-8 semanas, se abre la membrana, se retira el cemento y se rellena el espacio con injerto óseo autólogo (frecuentemente obtenido mediante el sistema de aspiración-irrigación RIA del fémur) o sustitutos óseos. Esta técnica ha demostrado tasas de consolidación muy altas en defectos críticos (14, 15).



Figura 1. Reconstrucción de defecto óseo femoral mediante técnica de Masquelet. (A) Lesión inicial de alta energía con comminución segmentaria. (B) Defecto óseo tras desbridamiento radical y estabilización. (C) Colocación de espaciador de cemento óseo con antibióticos para la inducción de membrana biológica.

7. Complicaciones Específicas: Diagnóstico y Manejo

7.1. Síndrome Compartimental Agudo

Es una emergencia quirúrgica absoluta. Aunque el diagnóstico es clínico (dolor desproporcionado, dolor al estiramiento pasivo), en pacientes con nivel de conciencia alterado por trauma craneoencefálico o sedación, la monitorización de la presión intracompartimental es obligatoria. El criterio actual para fasciotomía es una presión delta (presión diastólica menos presión del compartimento) menor de 30 mmHg. La fasciotomía debe ser amplia, liberando todos los compartimentos afectados, y las heridas se cubren temporalmente con sistemas de presión negativa (6).

7.2. Infección Asociada a Fractura (IAF)

La definición de consenso internacional para la IAF ha estandarizado el diagnóstico. La presencia de fistula, purulencia o exposición del implante son criterios confirmatorios. El tratamiento exitoso requiere un cambio de mentalidad: la erradicación del biofilm bacteriano adherido al implante. Esto generalmente implica la retirada del material de osteosíntesis, un desbridamiento óseo agresivo, y terapias antibióticas supresivas prolongadas guiadas por cultivos de muestras profundas (11).

8. Cobertura de Partes Blandas y Rehabilitación

En fracturas abiertas Gustilo IIIB, la cobertura del defecto de partes blandas no debe retrasarse. El protocolo "Fix and Flap" (Fijar y Cubrir) recomienda la reconstrucción con colgajos (rotacionales o libres microvasculares) dentro de los primeros 5 a 7 días. Retrasos más allá de este periodo se asocian con tasas significativamente mayores de infección, fibrosis y fallo del colgajo (16).

La rehabilitación funcional comienza desde el postoperatorio inmediato. La evidencia biomecánica reciente desafía las restricciones clásicas de carga. En fracturas articulares fijadas con placas bloqueadas modernas, la carga parcial temprana o "toque de ortejo" estimula la consolidación ósea a través de la mecanotransducción y previene la atrofia muscular y la

rigidez articular, sin aumentar el riesgo de fallo del implante en construcciones estables (17).

9. Conclusiones

El manejo exitoso de las fracturas de alta energía requiere una integración perfecta entre la reanimación fisiológica y la destreza quirúrgica. El cirujano especialista debe abandonar la visión tubular centrada en el hueso para adoptar un enfoque holístico que priorice la vida del paciente, respete la biología de los tejidos blandos y anticipa las complicaciones. Las estrategias actuales de control de daños, el uso juicioso de la tecnología de fijación y los protocolos biológicos de reconstrucción han permitido salvar extremidades y vidas que, en décadas pasadas, hubieran tenido resultados catastróficos. La vigilancia continua de la literatura y la adaptación de protocolos basados en evidencia son responsabilidades ineludibles del especialista en trauma ortopédico.

Bibliografía

1. Gurevitz S, Telles-Connor K, et al. The pathophysiology of the polytrauma patient and the "second hit" phenomenon: A review of the recent literature. *J Orthop Trauma*. 2023;37(4):189-195.
2. O'Toole RV, Gary JL, Reider L, et al. A prospective randomized trial of perioperative protocols for geriatric high-energy trauma. *J Bone Joint Surg Am*. 2022;104(1):23-31.
3. Sims CA, Holena DN, Kim PK, et al. The lethal triad and beyond: Hypocalcemia in the high-energy trauma patient. *J Trauma Acute Care Surg*. 2021;90(3):567-574.
4. Pape HC, Halvachizadeh S, Leenen L, et al. Timing of major fracture care in polytrauma patients – An update on principles, parameters and strategies. *Injury*. 2020;51(Suppl 2):S13-S20.

5. Volpin G, Cohen M, Assaf M, et al. Cytokine levels (IL-6) as biomarkers for surgical timing in high-energy fractures: A systematic review. *Int Orthop.* 2023;47(2):455-463.
6. Marmor M, El Naga A. Soft tissue management in high-energy closed fractures: Updates on the Tscherne classification and timing of surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2021;479(5):1020-1031.
7. Bernheim F, Tiftikcioglu YO. Management of soft tissue defects in open fractures: Current concepts and techniques. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022;48(4):2631-2640.
8. Vallier HA. Early appropriate care: The evolution of the timing of definitive fracture fixation. *J Orthop Trauma.* 2022;36(Sup 1):S1-S6.
9. Halvachizadeh S, Teuben M, Pape HC. The physiology of the polytrauma patient and damage control orthopedics: What is new in recent years? *Chirurg.* 2024;95(1):12-19.
10. Roberts TR, Wampler D, et al. Lactate and base deficit in trauma: A comprehensive review of metabolic markers in resuscitation. *Am J Emerg Med.* 2021;45:213-220.
11. Depypere M, Morgenstern M, Kuehl R, et al. Pathogenesis and management of fracture-related infection: Recent consensus updates. *Clin Microbiol Infect.* 2020;26(5):572-578.
12. FLOW Investigators. A trial of wound irrigation in initial management of open fracture wounds: Long-term follow-up analyses. *N Engl J Med.* 2020;382:2469-2470.
13. Rodrigues-Pinto R, Kurdy NM. Staged management of high-energy tibial pilon fractures: A protocol analysis. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2021;31(4):689-696.

14. Canadian Orthopaedic Trauma Society. Reamed versus unreamed intramedullary nailing of the femur and tibia: A systematic review and meta-analysis of recent RCTs. *J Orthop Trauma*. 2022;36(3):115-124.
15. Giannoudis PV, Harwood PJ. The induced membrane technique for bone defects: Updates on the Masquelet technique. *Bone Joint J*. 2020;102-B(5):546-553.
16. PREP Study Group. Soft tissue coverage in severe open tibial fractures: Timing and techniques. *Plast Reconstr Surg*. 2023;151(2):345e-355e.
17. Kubiak EN, Layton M. Weight-bearing after periarticular fractures: A randomized controlled trial of early vs. delayed loading. *J Bone Joint Surg Am*. 2023;105(8):589-598.

Luxaciones de Hombro

Alex Efrain Tenenuela Yautibug

Resumen

La inestabilidad glenohumeral representa un desafío clínico y quirúrgico constante debido a la inherente falta de congruencia ósea de la articulación, sacrificada evolutivamente en favor de un arco de movimiento global. La luxación de hombro no debe considerarse un evento aislado, sino el inicio de un proceso fisiopatológico que compromete las restricciones estáticas y dinámicas del complejo articular. La evidencia actual ha transformado el abordaje terapéutico, desplazando el foco desde la reparación aislada de tejidos blandos hacia la evaluación tridimensional de la pérdida ósea bipolar. Conceptos recientes como el Glenoid Track se han establecido como el estándar de oro para la toma de decisiones. Este capítulo ofrece una revisión exhaustiva y actualizada sobre la epidemiología, biomecánica, evaluación diagnóstica avanzada y las controversias en el manejo quirúrgico, contrastando las técnicas de reparación de Bankart, Remplissage y transferencia de coracoides, fundamentado en la literatura de mayor impacto reciente.

1. Introducción

La articulación glenohumeral es la enartrosis con mayor rango de movilidad del cuerpo humano y, consecuentemente, la que presenta la tasa más alta de inestabilidad. Las luxaciones de hombro constituyen la mayoría de las dislocaciones atendidas en los servicios de urgencia traumatológica. Si bien históricamente se consideraba una patología benigna tras la reducción, el seguimiento a largo plazo ha demostrado que la historia natural de la enfermedad, especialmente en pacientes jóvenes, conlleva tasas inaceptablemente altas de recurrencia y desarrollo de artropatía degenerativa secundaria.

La estabilidad del hombro depende de un delicado equilibrio entre estabilizadores estáticos (labrum, cápsula, ligamentos, geometría ósea) y dinámicos (manguito rotador, porción larga del bíceps, musculatura periescapular). La disruptión de este equilibrio, ya sea por un evento macrotraumático agudo o por microtraumatismos repetitivos, inicia un ciclo de inestabilidad. En la actualidad, el paradigma de tratamiento ha evolucionado hacia la identificación temprana de factores de riesgo de recurrencia y la estratificación de pacientes basada no solo en la edad, sino en la calidad del tejido, la actividad deportiva y, fundamentalmente, la cuantificación precisa del defecto óseo tanto en la vertiente humeral como glenoidea (1).

2. Anatomía Aplicada Y Biomecánica

Para comprender la patología de la luxación, es imperativo diseccionar los mecanismos de contención articular que fallan durante el evento lesivo.

2.1 Restrictores Estáticos

La cavidad glenoidea es plana y cubre solo un tercio de la superficie de la cabeza humeral. El labrum glenoideo es una estructura fibrocartilaginosa que profundiza esta concavidad y aumenta la superficie de contacto, generando un mecanismo de presión negativa intraarticular esencial para la estabilidad.

- **Ligamento Glenohumeral Inferior (LГHI):** Es el estabilizador primario más importante. Se tensa en abducción y rotación externa, actuando como una hamaca que sostiene la cabeza humeral. La avulsión de su complejo anteroinferior constituye la lesión esencial de Bankart.
- **Intervalo de los Rotadores:** Espacio triangular reforzado por el ligamento glenohumeral superior y el ligamento coracohumeral. Su competencia es vital para prevenir la subluxación inferior y posterior (2).

El Concepto del Glenoid Track: El Eje de la Planificación Quirúrgica

La comprensión moderna de la inestabilidad glenohumeral trasciende la mera reparación del Labrum. El factor pronóstico dominante es la interacción dinámica entre el defecto óseo humeral (Lesión de Hill-Sachs, HS) y la pérdida ósea glenoidea (GL). La articulación se luxa cuando el defecto de Hill-Sachs se articula con el reborde glenoideo anterior, un fenómeno conocido como *enganche o engaging*.

El concepto de Glenoid Track (Pista Glenoidea), introducido por Yamamoto e Itoi, ofrece el marco geométrico para predecir cuándo ocurrirá este enganche. La pista glenoidea se define como el área de contacto de la cabeza humeral con la glena cuando el hombro se lleva a la posición de mayor riesgo de luxación (abducción y rotación externa máxima). En un hombro sano, esta pista mide aproximadamente el 83% del ancho glenoideo.

El Cálculo Crítico: On-Track vs. Off-Track

Para determinar si una lesión es estable (On-track) o inestable (Off-track), el cirujano compara la morfología del defecto Hill-Sachs con el ancho residual de la glena.

1. **Cálculo del Ancho de la Pista Glenoidea (GT):** El ancho de la Pista Glenoidea (GT) es igual al Ancho Glenoideo total menos la dimensión de la pérdida ósea glenoidea (DGL) medida en el plano axial.
2. **Cálculo del Ancho de la Lesión de Hill-Sachs (HSW):** Se mide la dimensión medial/lateral del defecto óseo en la cabeza humeral.
3. El Criterio Decisivo:
 - **Lesión On-Track (Estable):** Ocurre cuando el ancho del defecto de Hill-Sachs es menor que el ancho de la Pista Glenoidea. El defecto humeral permanecerá dentro de los límites de la glena, incluso en posiciones extremas.

- **Lesión Off-Track (Inestable):** Ocurre cuando el ancho del defecto de Hill-Sachs es mayor que el ancho de la Pista Glenoidea. El borde medial del Hill-Sachs "salta" el reborde glenoideo, causando un enganche y la luxación, incluso sin nuevo trauma.

La cuantificación precisa de estas dimensiones mediante la Tomografía Computarizada (TC) con reconstrucción 3D es, por tanto, el paso más importante para la selección del tratamiento. Una lesión Off-track o una pérdida ósea glenoidea superior al 13.5% (equivalente a aproximadamente 2.5 mm en un glenoides promedio) requieren obligatoriamente un aumento de la superficie articular, lo que dirige la indicación hacia procedimientos óseos (Latarjet) o la inclusión del Hill-Sachs (Remplissage) para restablecer la estabilidad.

2.2 Conceptos de Pérdida Ósea Bipolar: La Pista Glenoidea

La comprensión moderna de la inestabilidad se basa en la interacción dinámica entre la pérdida ósea glenoidea y el defecto humeral (lesión de Hill-Sachs). El concepto de Glenoid Track o "Pista Glenoidea" describe la zona de contacto entre la glena y la cabeza humeral durante el movimiento de abducción y rotación externa.

- **Lesión On-track (En pista):** El defecto de Hill-Sachs es pequeño o la pista glenoidea es lo suficientemente ancha para que el defecto óseo humeral se mantenga dentro de los límites de la glena durante todo el arco de movimiento.
- **Lesión Off-track (Fuera de pista):** El defecto de Hill-Sachs es tan medial o ancho, o la pérdida ósea glenoidea es tan severa, que el defecto "salta" el borde glenoideo anterior, provocando un enganche y una luxación inevitable sin necesidad de nuevo trauma mayor (3).

3. Clasificación Y Mecanismos Lesionales

La clasificación más útil desde el punto de vista clínico y terapéutico combina la dirección de la inestabilidad con la etiología.

3.1 Luxación Anterior

Representa la inmensa mayoría de los casos clínicos. El mecanismo típico implica una fuerza aplicada sobre el brazo en abducción y rotación externa forzada, o un traumatismo directo en la cara posterior del hombro.

- **Subcoracoidea:** La cabeza humeral se aloja anterior a la glena e inferior a la apófisis coracoides.
- **Subglenoidea:** Menos frecuente, asociada a mayor daño del manguito rotador y fracturas del troquíter (4).

3.2 Luxación Posterior

Frecuentemente es un desafío diagnóstico, pasando desapercibida en la evaluación inicial en un porcentaje significativo de pacientes. Se asocia clásicamente a contracciones musculares violentas (crisis comiciales, electrocución) donde los rotadores internos superan en fuerza a los rotadores externos, o a traumatismos axiales con el brazo en flexión y aducción (ej. golpe contra el tablero del auto). Clínicamente, el paciente presenta el brazo bloqueado en rotación interna y aducción (5).

3.3 Luxación Inferior (Luxatio Erecta)

Es una presentación rara pero dramática, donde el brazo queda fijado en hiperabducción (mástil de bandera). Presenta la tasa más alta de lesión neurovascular asociada y suele requerir reducción bajo anestesia debido al intenso espasmo muscular.

4. Evaluación Clínica Integral

El diagnóstico preciso comienza con una anamnesis detallada enfocada en el mecanismo de lesión, número de

episodios previos y la facilidad con la que se produjeron (energía del trauma).

4.1 Exploración Física

En el escenario agudo, la deformidad es evidente. En la luxación anterior, se observa la pérdida del contorno redondeado del hombro (signo de la charretera) y la prominencia del acromion.

- **Examen Neurovascular:** Es mandatorio evaluar la función del nervio axilar (circunflejo) antes y después de cualquier maniobra de reducción. Se explora la sensibilidad en la cara lateral del deltoides y la función motora, aunque esta última puede estar limitada por el dolor. La lesión arterial, aunque rara, debe descartarse evaluando los pulsos distales y el llenado capilar, especialmente en pacientes añosos con arterioesclerosis (6).

4.2 Maniobras de Provocación (Fase Crónica o Subaguda)

- **Test de Aprehensión:** Reproduce la sensación de luxación inminente al abducir y rotar externamente el hombro.
- **Test de Relocación (Jobe):** Al aplicar una fuerza posterior sobre la cabeza humeral durante la aprehensión, el dolor o la sensación de inestabilidad disminuyen, confirmando el diagnóstico de inestabilidad anterior.
- **Test de Carga y Desplazamiento (Load and Shift):** Evalúa la traslación de la cabeza humeral sobre la glena para cuantificar la laxitud capsular (7).

Tabla 1. Clasificación de la Inestabilidad Glenohumeral (Espectro Clínico)

Tipo de Inestabilidad	Características Clínicas Principales	Hallazgos Patológicos Comunes	Pronóstico de Recurrencia sin Cirugía (Pacientes Jóvenes)
-----------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------------------------------

Traumática Unidireccional (TUBS)	Antecedente traumático claro, unilateral, lesión de Bankart presente. Suele requerir cirugía.	Lesión de Bankart, Hill-Sachs, fracturas glenoideas.	Muy Alto (>80-90%) (1)
Atraumática Multidireccional (AMBRI)	Laxitud generalizada, bilateral, responde a rehabilitación. Cirugía de plicatura capsular si falla conservador.	Cápsula redundante, intervalo de los rotadores amplio, sin lesiones óseas agudas.	Bajo (si se adhiere a rehabilitación)
Microtraumática Adquirida (AIOS)	Común en deportistas de lanzamiento. Sobrecarga repetitiva lleva a estiramiento capsular progresivo.	Lesión SLAP, pinzamiento interno, elongación del ligamento glenohumeral inferior.	Variable (depende de la demanda deportiva)

Fuente: Elaboración propia basada en revisión de literatura actual sobre inestabilidad glenohumeral (2,4).

5. Diagnóstico Por Imagen Avanzado

La radiografía simple es el primer paso, pero insuficiente para la planificación quirúrgica moderna.

5.1 Radiografía Convencional

Debe incluirse siempre una serie de trauma verdadera: proyección anteroposterior (Grashey), escapular en Y, y fundamentalmente la proyección axilar. Esta última es crítica para confirmar la congruencia articular y evaluar fracturas del reborde glenoideo anterior (8).

5.2 Tomografía Computarizada (TC) con Reconstrucción 3D

La TC se ha consolidado como el estudio indispensable en el paciente con inestabilidad recurrente o primer episodio en atletas de contacto. Permite la sustracción de la cabeza humeral para visualizar la glena "en face".

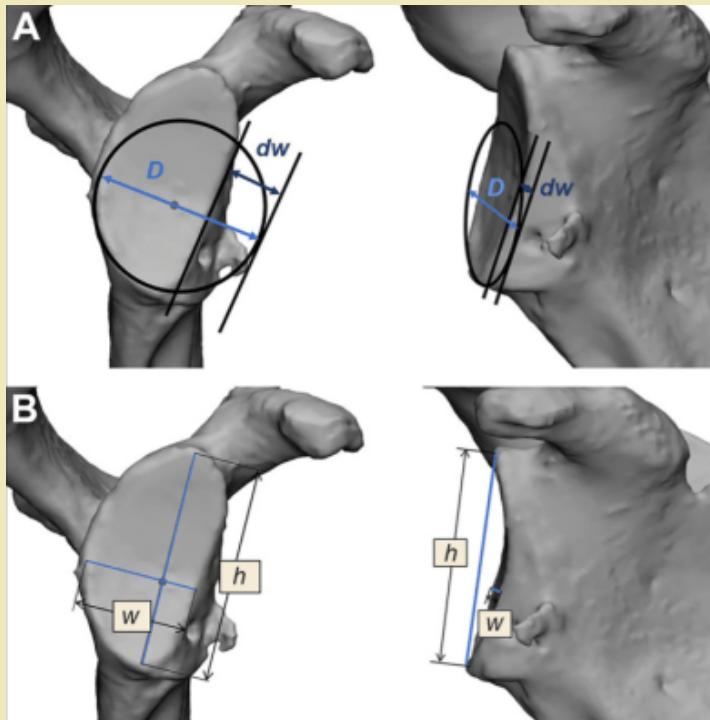


Figura 1. Cuantificación de la Pérdida Ósea Glenoidea (Método del Círculo de Ajuste Perfecto). A. Reconstrucción 3D de la glena mostrando el método del círculo de ajuste. El círculo (D) estima el borde original. La distancia (dw) cuantifica la pérdida ósea crítica anteroinferior, que es el principal factor pronóstico de fracaso de la reparación de tejidos blandos. B. Mediciones de referencia del ancho (w) y la altura (h) del glenoideos. La pérdida ósea superior a 13.5 % dirige la estrategia hacia procedimientos de aumento óseo (Latarjet). **Fuente:**

La medición de la pérdida ósea es el factor pronóstico aislado más importante. Métodos como el del "círculo de ajuste perfecto" (Pico method) permiten calcular el porcentaje de superficie perdida. Investigaciones recientes han disminuido el umbral crítico de pérdida ósea, sugiriendo que defectos superiores al 13.5% (umbral subcrítico) ya comprometen significativamente los resultados de las reparaciones de tejidos blandos aisladas (9).

5.3 Resonancia Magnética (RM) y Artro-RM

Es el estándar para evaluar las lesiones de partes blandas concomitantes. Permite diagnosticar lesiones labrales complejas (ALPSA, Perthes), avulsiones del ligamento glenohumeral (HAGL) y lesiones del manguito rotador, las cuales tienen una prevalencia significativamente mayor en pacientes mayores de 40 años tras una luxación (6).

6. Manejo En La Fase Aguda

El objetivo inmediato es la reducción articular atraumática y precoz. El uso de relajantes musculares y analgesia adecuada es fundamental para vencer el espasmo muscular. Se han abandonado las técnicas de tracción pura o palanca (como la maniobra de Kocher clásica o Hipócrates) debido al riesgo de fracturas iatrogénicas y lesiones del plexo braquial.

6.1 Técnicas de Reducción Recomendadas

La evidencia actual favorece métodos biomecánicos que minimizan la fuerza requerida:

- **Técnica FARES:** Combina tracción axial suave con oscilaciones verticales rítmicas mientras se abduce y rota externamente el brazo. Estudios comparativos la señalan como una técnica rápida y menos dolorosa.
- **Técnica de Cunningham:** Basada en el masaje de la musculatura periescapular y bíceps para lograr la relajación y autorreducción.
- **Técnica de Davos (Auto-reducción):** El paciente une las manos sobre la rodilla ipsilateral y extiende la cadera, generando tracción controlada (10).

7. Estrategia Terapéutica Definitiva

La decisión de tratamiento definitivo ha sufrido un cambio de paradigma. La clásica indicación de tratamiento conservador para todos los primeros episodios está obsoleta en poblaciones de alto riesgo.

7.1 Manejo Conservador

Indicado en pacientes con bajos requerimientos físicos, primer episodio sin lesiones óseas significativas y en aquellos donde la inestabilidad es voluntaria o posicional. La inmovilización se realiza por un periodo breve (1-3 semanas) para confort, seguida de rehabilitación intensiva enfocada en el control neuromuscular y fortalecimiento de los estabilizadores dinámicos. No existe evidencia concluyente que respalde la inmovilización en rotación externa sobre la rotación interna para reducir la tasa de recurrencia global (11).

7.2 Manejo Quirúrgico

La cirugía precoz tras el primer episodio está justificada en varones jóvenes (menores de 20-25 años) involucrados en deportes de contacto o de alta demanda, dado que la tasa de recurrencia con manejo conservador en este grupo supera el 80-90%. Asimismo, la presencia de una lesión ósea glenoidea fracturaria o una lesión "Off-track" constituye una indicación quirúrgica relativa (12).

7.2.1 Reparación de Bankart Artroscópica

Es el procedimiento estándar para lesiones de tejidos blandos sin pérdida ósea crítica. Consiste en la reinserción del complejo labroligamentoso al borde glenoideo mediante anclajes de sutura. Sin embargo, su tasa de falla aumenta drásticamente en presencia de pérdida ósea o en pacientes de muy alta demanda.

7.2.2 Remplissage + Bankart

El procedimiento de Remplissage (relleno en francés) consiste en la tenodesis de la cápsula posterior y el tendón del infraespinoso dentro del defecto de Hill-Sachs. Esta técnica convierte una lesión humeral intraarticular en extraarticular, transformando una lesión Off-track en On-track. La evidencia reciente respalda su uso combinado con la reparación de Bankart para reducir las tasas de

relaxación sin una pérdida clínicamente significativa de la rotación externa (13).

7.2.3 Procedimiento de Latarjet (Tope Óseo)

El procedimiento de Latarjet, ya sea abierto o artroscópico, implica la transferencia de la apófisis coracoides con el tendón conjunto al borde anterior de la glena. Su eficacia se basa en el "triple efecto de bloqueo": aumento de la superficie ósea glenoidea, efecto de hamaca del tendón conjunto sobre la parte inferior de la articulación (efecto dinámico) y reparación capsular.

Es el tratamiento de elección en casos de pérdida ósea glenoidea significativa, fallos previos de cirugía de estabilización (revisión), lesiones Off-track severas y en atletas de colisión de alto nivel. Aunque es técnicamente más exigente y presenta una tasa de complicaciones perioperatorias mayor que el Bankart, ofrece las tasas más bajas de recurrencia a largo plazo (14).

TABLA 2. Comparación de Resultados Clínicos y Complicaciones por Técnica Quirúrgica

Variable	Reparación de Bankart Aislada	Bankart + Remplissage	Procedimiento de Latarjet
Indicación Principal	Lesión labral aislada, pérdida ósea mínima (On-track).	Lesión Hill-Sachs moderada a severa, glena conservada o pérdida leve.	Pérdida ósea glenoidea crítica, cirugía de revisión, deportes de contacto.
Tasa de Recurrencia Global	10% - 15% (mayor en colisión/ pérdida ósea).	3% - 8% (significativamente menor que Bankart solo).	1% - 5% (Estándar de oro para estabilidad).
Pérdida de Rotación Externa	Mínima (< 5 grados media).	Moderada (5 - 10 grados media).	Mínima (depende de la técnica).
Complicaciones Principales	Recurrencia, rigidez.	Rigidez, dolor posterior residual.	Lesión nerviosa, no unión/reabsorción del injerto, artrosis a largo plazo.

Fuente: Síntesis de metaanálisis y revisiones sistemáticas recientes (12,13,14).

8. Complicaciones Y Secuelas

La inestabilidad glenohumeral y su tratamiento no están exentos de morbilidad.

1. **Artropatía de la Inestabilidad:** Existe una fuerte correlación entre el número de episodios de luxación y el desarrollo de osteoartritis glenohumeral. La cirugía de estabilización intenta frenar este proceso, aunque técnicas como el Latarjet, si no se posicionan perfectamente, pueden acelerar el desgaste articular.
2. **Lesión Neurológica:** La neuropraxia del nervio axilar es la más común y suele tener buen pronóstico de recuperación espontánea. Lesiones del nervio musculocutáneo pueden ocurrir durante la cirugía de Latarjet debido a la tracción del tendón conjunto.
3. **Rigidez Articular:** Es una complicación frecuente tras la estabilización quirúrgica, especialmente si se realiza una plicatura capsular excesiva o un *remplissage* muy agresivo. El manejo inicial es siempre rehabilitación agresiva.

9. Rehabilitación Y Criterios De Retorno Deportivo

El retorno al deporte no debe basarse exclusivamente en el tiempo transcurrido desde la cirugía, sino en el cumplimiento de criterios biológicos y funcionales estrictos. La cicatrización de tejidos blandos y la integración ósea (en caso de Latarjet) dictan los tiempos biológicos.

El protocolo de rehabilitación se divide en fases: protección inicial, recuperación de movilidad activa, fortalecimiento concéntrico/excéntrico y, finalmente, entrenamiento neuromuscular específico del deporte.

Para el alta deportiva, se exigen actualmente criterios objetivos: rango de movimiento completo e indoloro, fuerza muscular simétrica (índice de simetría de extremidades superior al 90%) y pruebas funcionales dinámicas. Además, se valora el aspecto psicológico mediante escalas de

confianza para el retorno al deporte, ya que el miedo a la relajación es una causa frecuente de abandono deportivo (15).

10. Conclusión

La luxación de hombro es una patología compleja cuya gestión ha evolucionado hacia la medicina de precisión. La literatura reciente es contundente al demostrar que el éxito a largo plazo depende de un diagnóstico morfológico exhaustivo. La cuantificación de la pérdida ósea mediante TC y la aplicación del concepto de Glenoid Track son imperativos para seleccionar la técnica quirúrgica adecuada. Mientras que la reparación de Bankart sigue siendo válida para pacientes seleccionados, el umbral para indicar procedimientos de aumento óseo como el Latarjet o gestos asociados como el Rempelissage ha disminuido, priorizando la estabilidad definitiva y la prevención de la artropatía secundaria. El cirujano ortopédico moderno debe dominar este algoritmo de decisiones para optimizar los resultados funcionales en una población de pacientes cada vez más exigente.

11. Bibliografía

1. Zacchilli MA, Owens BD. Epidemiology of shoulder dislocations presenting to emergency departments in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;92(3):542-549.
2. Lippe J, Spang RC. Traumatic Anterior Shoulder Instability: Pathoanatomy, Diagnosis, and Management. *Orthop Clin North Am.* 2022;53(4):467-476.
3. Yamamoto N, Itoi E. The Concept of the Glenoid Track: How to Evaluate and Manage. *Arthroscopy.* 2020;36(5):1230-1232.
4. Robinson CM, Seah M, Akhtar MA. The epidemiology, risk of recurrence, and functional outcome after an

acute traumatic posterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* 2021;93(17):1605-1613.

5. Gottschalk MB, Ghasem A, Todd D. Radiographic Assessment of Shoulder Instability. *J Am Acad Orthop Surg.* 2021;29(14):e689-e699.
6. Varacallo M, Mair SD. Acute Shoulder Dislocation Management. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
7. Olds M, Ellis R, Parmar P, Kersten P. Who will redislocate his/her shoulder? Predicting recurrent instability following a first traumatic anterior shoulder dislocation. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020;5(1):e000447.
8. Di Giacomo G, Itoi E, Burkhardt SS. Evolving concept of bipolar bone loss and the Hill-Sachs lesion: from "engaging/non-engaging" lesion to "on-track/off-track" lesion. *Arthroscopy.* 2021;30(1):90-98.
9. Bokshan SL, DeFroda SF. Humeral Avulsion of the Glenohumeral Ligament (HAGL): Current Concepts and Management. *JSES Int.* 2020;4(1):25-31.
10. Alkaduhimi H, van der Linden WA. A systematic review and meta-analysis of the FARES method for reduction of anterior shoulder dislocations. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2021;47(3):665-673.
11. Kazzam MS. Conservative Management of First-Time Traumatic Anterior Shoulder Dislocations: An Updated Review. *Clin Sports Med.* 2022;41(3):35-45.
12. Hurley ET, Jamal MS, Ali ZS. Arthroscopic Bankart Repair Versus Open Latarjet for Anterior Shoulder Instability: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2021;49(9):2544-2553.
13. Horan MP, Hussain ZB. Arthroscopic Bankart Repair With Remplissage: A Systematic Review of Clinical

- Outcomes and Recurrence Rates. *Arthroscopy*. 2022;38(2):601-610.
14. Domos P, Lunini E. The Latarjet procedure for anterior shoulder instability: a systematic review of complications and failure rates. *JSES Rev Rep Tech*. 2023;3(2):185-195.
 15. Busch MT, Pombo MW. Long-term Outcome of Traumatic Anterior Shoulder Instability in the Young Patient. *J Am Acad Orthop Surg*. 2020;28(1):e1-e10.

Fractura de Pie

Iván Gualberto Velasco Salazar

Resumen

El pie representa una obra maestra de ingeniería biológica, cuya función esencial en la bipedestación, la absorción de impactos y la propulsión exige una integridad estructural impecable. Las fracturas en esta región, que involucran 26 huesos, 33 articulaciones y un extenso aparato ligamentario, tienen una prevalencia significativa dentro de las lesiones musculoesqueléticas. La naturaleza a menudo intraarticular y la complejidad biomecánica de estas lesiones las hacen susceptibles a una alta morbilidad si no son diagnosticadas y tratadas con precisión. Este capítulo, elaborado desde una perspectiva de especialista en ortopedia y traumatología, proporciona una cobertura exhaustiva de la epidemiología, anatomía quirúrgica relevante, mecanismos lesionales, clasificación, diagnóstico avanzado y las estrategias terapéuticas quirúrgicas y no quirúrgicas más actuales para las fracturas del retropié (calcáneo y astrágalo), mediopié (Lisfranc, navicular) y antepié. Se enfatiza el uso indispensable de la tomografía computarizada (TC) para la planificación preoperatoria y la adhesión a principios de restauración anatómica para mitigar el riesgo de secuelas crónicas como la artrosis posttraumática y la deformidad de la marcha.

Introducción y Anatomía Quirúrgica

La adecuada comprensión de la anatomía del pie es el prerequisito para un manejo exitoso de sus fracturas. El pie se subdivide funcionalmente en tres segmentos:

1. **Retropié:** Soporta el peso inicial. El calcáneo es el principal amortiguador y el punto de inserción del tendón de Aquiles. El astrágalo (talus) es la polea entre la pierna y el pie, y su particularidad radica en su ausencia de inserciones musculares y una

irrigación sanguínea segmentaria, lo que lo hace vulnerable a la isquemia.

2. **Mediopié:** Conformado por los huesos navicular, cuboides y los tres cuneiformes. Este segmento es clave en la formación de los arcos longitudinal y transverso. La articulación de Lisfranc (tarsometatarsiana) es la interfaz crítica donde las fuerzas de torsión y compresión a menudo causan lesiones devastadoras.
3. **Antepié:** Comprende los metatarsianos y falanges, juega un papel crucial en la fase de despegue de la marcha.

La incidencia de fracturas del pie ha sido consistentemente alta en estudios epidemiológicos recientes, con una correlación notable entre los mecanismos de alta energía y la complejidad de las lesiones del retropié y mediopié.

1. Fracturas del Retropié: Desafíos de Alta Energía

1.1 Fracturas del Calcáneo (Os Calcis)

Las fracturas del hueso más voluminoso del tarso son las más comunes del tarso y representan un desafío terapéutico. Habitualmente son el resultado de fuerzas de carga axial, como caídas desde altura o accidentes de tráfico. La fractura desplaza los fragmentos óseos, compromete la articulación subtalar y, crucialmente, produce el ensanchamiento lateral del talón, lo que puede causar pinzamiento del tendón peroneo y dificultad para el uso de calzado.

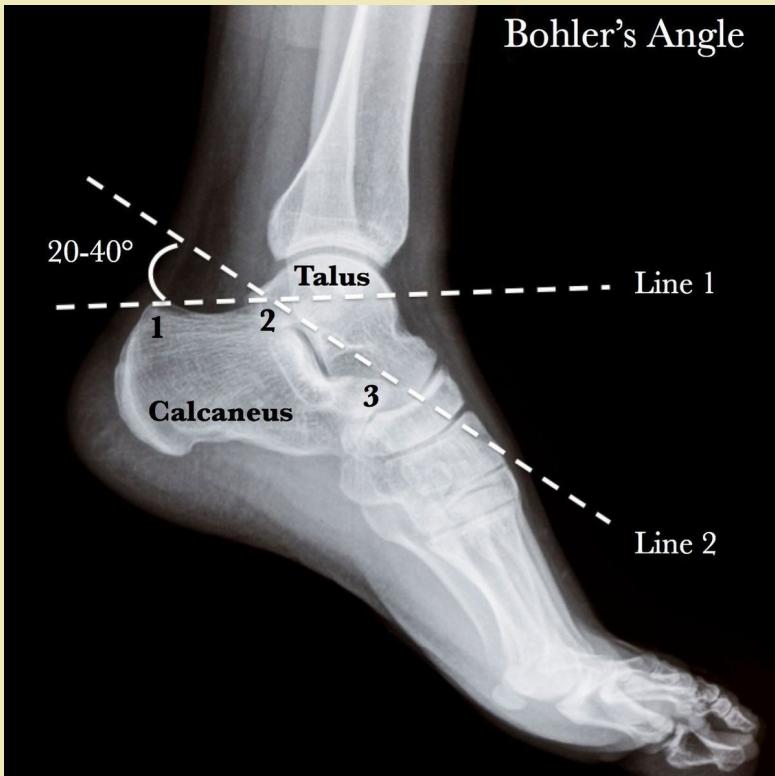


Figura 1. Evaluación Radiográfica de la Fractura de Calcáneo: Medición del Ángulo de Böhler. Radiografía lateral del retropié que ilustra la técnica para medir el Ángulo de Böhler (normal: 20° a 40°). Una disminución de este ángulo indica colapso y hundimiento de la faceta posterior del calcáneo (Talus) y es un signo cardinal de fractura intraarticular. Esta medición es crucial para la evaluación inicial y para planificar la estrategia de reconstrucción anatómica. **Fuente:** @traumacito, X (2019).

Diagnóstico y Clasificación

Mientras que la radiografía lateral permite evaluar el colapso mediante el Ángulo de Böhler (normal entre 20° y 40°), la tomografía computarizada (TC) es indispensable. La clasificación de Sanders utiliza cortes coronales de la TC a través de la faceta posterior del calcáneo para guiar la toma de decisiones (1):

- **Tipo I:** Fracturas sin desplazamiento significativo de la faceta posterior (menor a 2 milímetros).

- **Tipos II, III, IV:** Fracturas intraarticulares con dos, tres o más fragmentos, respectivamente. El Tipo IV es una fractura conminuta con el peor pronóstico.

El estado de las partes blandas circundantes es un factor pronóstico crítico. La inflamación severa y la formación de ampollas requieren el aplazamiento de la cirugía hasta que la piel esté en condiciones óptimas (el signo de la arruga cutánea o *wrinkle test*) (7).

Estrategias Terapéuticas

El manejo es uno de los temas más debatidos en la ortopedia.

- **Conservador:** Reservado para fracturas extraarticulares, por estrés, o Tipo I de Sanders. Implica descarga estricta por doce semanas.
- **Quirúrgico:** Indicado para fracturas desplazadas con compromiso articular (Sanders II, III, IV), luxaciones o compromiso significativo de las partes blandas.
 - **Abordaje Lateral Extenso:** Permite la visualización directa de la faceta posterior y la reconstrucción anatómica, estabilizada con placas de bloqueo específicas para calcáneo. Aunque efectivo en la reducción, tiene una tasa más alta de problemas en la herida.
 - **Abordaje de Seno del Tarso o Mínimamente Invasivo (MIPO):** Ha ganado popularidad por su menor morbilidad en las partes blandas. Se utiliza en fracturas seleccionadas y permite la reducción de la faceta articular y la fijación con placas percutáneas (2).

La elección entre la reducción abierta o la fijación mínimamente invasiva depende de la morfología de la fractura (visibilidad del fragmento sustentacular) y la experiencia del cirujano.

1.2 Fracturas del Astrágalo

El astrágalo funciona como una bisagra tridimensional. La mayoría de sus fracturas ocurren en el cuello, causadas por fuerzas de hiperdorsiflexión. La amenaza principal es la Necrosis Avascular (NAV) debido a la interrupción de sus limitados vasos sanguíneos.

La Clasificación Predictiva de Hawkins

La clasificación más importante es la de Hawkins, que correlaciona el grado de desplazamiento y luxación con el riesgo de NAV (3).

Tabla 1. Clasificación de Hawkins para Fracturas del Cuello del Astrágalo

Tipo de Hawkins	Componente de la Lesión	Implicación de la NAV	Estrategia de Fijación
Tipo I	Sin desplazamiento	Mínimo (menos de 15%)	Conservador (Yeso/Bota)
Tipo II	Luxación subtalar	Significativo (20% a 50%)	RAFI URGENTE
Tipo III	Luxación tibiotalar y subtalar	Alto (70% a 100%)	RAFI URGENTE
Tipo IV (Mod.)	Tipo III más Luxación Talonavicular	Máximo	RAFI URGENTE

Fuente: Consenso de manejo en traumatología del pie y tobillo (3).

Principios Terapéuticos

Las fracturas desplazadas (Hawkins Tipo II, III, IV) son una emergencia quirúrgica debido al riesgo de compromiso vascular y la necesidad de reducir la presión intraósea.

- Tratamiento Quirúrgico:** Se requiere reducción abierta y fijación interna (RAFI) con doble abordaje (medial y lateral) para obtener una reducción anatómica perfecta. El objetivo es restaurar la alineación del cuello y cuerpo para preservar las articulaciones tibiotalar y subtalar. La monitorización de la NAV es un componente esencial del seguimiento a largo plazo.

2. Fracturas del Mediopié: Estabilidad del Arco

2.1 Lesiones de Lisfranc (Tarsometatarsianas)

Las lesiones de Lisfranc (disrupción de las articulaciones TMT) se caracterizan por inestabilidad entre el tarso y los metatarsianos, a menudo como resultado de un trauma de alta energía con carga axial sobre el pie flexionado o por lesiones deportivas de baja energía con torsión. El fallo en el diagnóstico y la reducción inadecuada son las principales causas de morbilidad crónica.

Diagnóstico y Clasificación

El diagnóstico inicial incluye la evaluación de la brecha entre el primer y segundo metatarsiano en radiografías con apoyo de peso. La TC es fundamental para identificar fracturas avulsivas de la base del segundo metatarsiano y evaluar la congruencia de los tres pilares del mediopié.

La clasificación de Hardcastle categoriza el desplazamiento: total (Tipo A), parcial (Tipo B) o divergente (Tipo C).

Opciones de Manejo Avanzado

El tratamiento de las lesiones inestables o desplazadas es quirúrgico. El debate principal reside en la elección entre RAFI (fijación con tornillos) y la Artrodesis Primaria.

- **Artrodesis Primaria:** La tendencia actual, respaldada por revisiones sistemáticas, sugiere que la fusión articular inmediata (artrodesis) de las columnas mediales y medias (primera a tercera TMT) en lesiones de alta energía o inestables proporciona resultados funcionales superiores a largo plazo, con menores tasas de reoperación por artrosis posttraumática (4, 5).
- **RAFI:** Puede considerarse para lesiones puramente ligamentarias de baja energía o lesiones del cuboides. La meta es restaurar la anatomía y retirar los implantes posteriormente para permitir el movimiento.

La reducción debe ser perfectamente anatómica. Un desplazamiento de incluso un milímetro puede llevar a una sobrecarga de presión y, finalmente, a artrosis dolorosa.

2.2 Fracturas del Navicular

Las fracturas del navicular (escafoideas tarsiano) más relevantes son las fracturas por estrés, comunes en atletas. Ocurren por fatiga o sobrecarga crónica en el tercio medio, una zona con vascularidad más precaria.

- **Diagnóstico:** Dada la sensibilidad limitada de las radiografías iniciales, la Resonancia Magnética (RM) es el estándar de oro para detectar edema óseo y líneas de fractura incompletas.
- **Tratamiento:** Las fracturas por estrés no desplazadas requieren un protocolo estricto de descarga de peso y, a menudo, inmovilización. La persistencia de la sintomatología o el desplazamiento obligan a considerar la fijación interna con tornillos, a menudo combinada con injerto óseo autólogo si hay evidencia de pseudoartrosis (11).

3. Fracturas del Antepié: Riesgos Específicos

3.1 Fracturas de Metatarsianos

Las fracturas metatarsianas son las más frecuentes del pie. La mayoría (metatarsianos 1-4) se manejan de forma conservadora. El foco quirúrgico se centra en el quinto metatarsiano, dada su alta tasa de no unión.

Fracturas de la Base del Quinto Metatarsiano

Se clasifican por zonas, siendo la **Fractura de Jones (Zona 2)** la más preocupante. Se sitúa en la unión metafisiodiafisaria, una zona con pobre suministro sanguíneo terminal.

- **Tratamiento de Jones:** En atletas o pacientes con inestabilidad, la fijación interna con un tornillo intramedular canulado es el estándar de cuidado. Proporciona estabilidad absoluta, compresión en el

foco de fractura y permite un retorno más rápido a las actividades deportivas, con tasas de consolidación superiores a las del manejo conservador (6).

- **Otras Fracturas:** Las fracturas desplazadas o anguladas de los metatarsianos centrales que resultan en un acortamiento significativo o angulación de más de 10 grados deben ser reducidas y fijadas (con agujas de Kirschner, tornillos o mini-placas) para prevenir la transferencia de carga a los metatarsianos adyacentes, lo que conduce a metatarsalgia.

3.2 Fracturas de Falanges

Típicamente por traumatismos directos. La mayoría son estables y se resuelven con el manejo conservador.

- **Manejo Conservador:** Sindactilia (unión de la falange lesionada a la adyacente) y calzado de suela rígida por cuatro a seis semanas.
- **Manejo Quirúrgico:** Se requiere para fracturas inestables, luxaciones irreductibles o fracturas intraarticulares desplazadas del hallux (dedo gordo), ya que el hallux es esencial en la propulsión y su afectación articular tiene consecuencias funcionales significativas (12).

4. Principios Terapéuticos Globales y Complicaciones

El manejo exitoso de las fracturas del pie depende de adherirse a principios rigurosos de tratamiento y anticipar las complicaciones inherentes a esta región.

4.1 La Importancia de las Partes Blandas

La piel y los tejidos blandos del pie son delgados y están poco vascularizados, especialmente en el retropié. El manejo de las fracturas de alta energía debe incluir una vigilancia activa del síndrome compartimental y una estricta gestión del edema.

- **Momento de la Cirugía:** La cirugía abierta debe posponerse hasta que los tejidos blandos lo permitan, para reducir el riesgo de infección y dehiscencia de la herida. La fijación externa temporal puede ser necesaria para estabilizar provisionalmente las lesiones de alta energía o abiertas.

4.2 Complicaciones Crónicas y Cirugía de Rescate

Las complicaciones a largo plazo son la principal causa de morbilidad en las fracturas complejas del pie.

Tabla 2. Complicaciones Comunes y Estrategias de Rescate

Complicación Crónica	Fractura Típica Asociada	Manejo de Rescate
Artrosis Postraumática	Calcáneo, Astrágalo, Lisfranc	Artrodesis (Subtalar, Triple, TMT)
Necrosis Avascular (NAV)	Astrágalo (Hawkins II-IV)	Artrodesis o Fusión de la Articulación
Pseudoartrosis	Navicular por Estrés, Jones	Injerto Óseo, Fijación más estable
Consolidación Viciosa	Calcáneo, Metatarsianos	Osteotomía correctora, Artrodesis

Fuente: Experiencia clínica en el manejo de secuelas de fracturas (8).

- **Artrosis Subtalar:** Es la secuela más común de las fracturas intraarticulares del calcáneo. Cuando es dolorosa e intratable con medidas conservadoras, la artrodesis subtalar (fusión) es el procedimiento de rescate más eficaz para aliviar el dolor, aunque conlleva una alteración en la biomecánica de la marcha.
- **Deformidad en Pie Plano Postraumático:** Secuela grave de fracturas del calcáneo o Lisfranc mal reducidas, requiere osteotomías correctivas y, a menudo, una fusión triple (Triple Artrodesis) para restaurar la alineación del retrópie.

4.3 Avances en Biología y Técnica Quirúrgica

La moderna traumatología busca optimizar la curación.

- **Implantes de Bloqueo:** El uso de placas de bloqueo precontorneadas para el calcáneo y el astrágalo ha mejorado la estabilidad de la fijación, especialmente en pacientes con hueso de baja calidad (osteoporosis) (9).
- **Injerto y Sustitutos:** El uso de injerto óseo autólogo o aloinjertos y sustitutos sintéticos es crucial para llenar defectos óseos o estimular la consolidación en fracturas con riesgo de pseudoartrosis, aunque el uso rutinario de factores de crecimiento sigue siendo un tema de investigación (10).

5. Consideraciones Biomecánicas y Funcionales

La recuperación funcional completa después de una fractura de pie es un proceso prolongado. La clave está en la rehabilitación temprana y adaptada a la lesión.

5.1 Rehabilitación Post-Fractura

La movilización precoz controlada es fundamental para prevenir la rigidez articular, particularmente en el tobillo y la articulación subtalar. En fracturas de calcáneo, la rigidez subtalar postraumática es casi universal, por lo que el inicio de la terapia física debe ser protocolizado tan pronto como lo permitan los implantes y la curación de las partes blandas.

5.2 El Papel de la Carga de Peso

El momento de iniciar la carga de peso es la decisión más crucial y depende de la estabilidad obtenida:

- **Fijación Estricta:** Fracturas con fijación absoluta (ej., Jones con tornillo IM, Lisfranc con artrodesis) pueden permitir una carga parcial protegida antes de las doce semanas.
- **Consolidación Lenta:** Lesiones del navicular o del calcáneo, dada la gran fuerza que absorben y su compromiso vascular, requieren un periodo más prolongado de descarga estricta.

La carga prematura de peso en fracturas inestables o insuficientemente consolidadas es la principal causa de fallo de implantes, pérdida de reducción y consolidación viciosa.

6. Perspectivas Futuras en el Tratamiento

La investigación actual se centra en mejorar la precisión de la reducción articular y minimizar la invasividad.

- **Navegación Asistida por Imagen:** El uso de navegación fluoroscópica tridimensional permite al cirujano confirmar la reducción intraarticular con mayor precisión, lo que es vital en el calcáneo y el astrágalo.
- **Placas Impresas 3D Personalizadas:** La evolución de la tecnología permite la creación de implantes específicos para pacientes con defectos óseos complejos o fracturas conminutas, con el potencial de mejorar la reconstrucción anatómica.
- **Diagnóstico de Microinestabilidad:** El uso de la RM y la TC con contraste mejorará la detección de inestabilidades sutiles del mediopié (Lisfranc de baja energía) que son invisibles en las radiografías convencionales, permitiendo una intervención quirúrgica temprana.

Conclusión

La Fractura de Pie es una entidad traumática de alta complejidad. La correcta evaluación preoperatoria mediante TC, la restauración anatómica precisa y el respeto por la biología de las partes blandas son los pilares del manejo moderno. La elección entre la fijación interna y la artrodesis primaria, especialmente en las lesiones de Lisfranc, debe basarse en la evidencia más reciente para asegurar un resultado funcional duradero y reducir la carga de procedimientos de rescate por artrosis posttraumática. Como especialistas, nuestro compromiso es con la preservación de la función biomecánica integral del pie, que es esencial para la calidad de vida.

Bibliografía

1. Sanders R. Intra-articular fractures of the calcaneus: current concepts of treatment. *J Orthop Trauma.* 2021;35(Suppl 2):S15-S19.
2. Gao Y, Ma Y, Wu H, et al. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) versus open reduction and internal fixation (ORIF) for displaced intra-articular calcaneal fractures: A systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2021;52(12):3568-3575.
3. Vallier HA. Fractures of the talus: current treatment. *J Orthop Trauma.* 2020;34(Suppl 3):S53-S58.
4. Sheth U, Chan G, Choi L, et al. Primary arthrodesis versus open reduction and internal fixation for Lisfranc injuries: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Injury.* 2021;52(4):947-953.
5. Coetzee JC. Acute Lisfranc Injuries: Primary Arthrodesis. *Foot Ankle Clin.* 2020;25(3):363-376.
6. Roche AJ, Weatherall JM, O'Connor M, et al. Intramedullary screw fixation for Jones fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* 2020;48(13):3352-3360.
7. Carr JB. Surgical treatment of calcaneal fractures: what is the evidence? *J Orthop Trauma.* 2021;35(Suppl 2):S20-S24.
8. Myerson MS, Manoli A, Jastifer J. Posttraumatic Arthritis of the Foot and Ankle. In: *Surgery of the Foot and Ankle.* 10th ed. Elsevier; 2022:1563-1606.
9. He Y, Zhang Y, Zhao Y, et al. Comparison of percutaneous and open methods for calcaneal

- fracture treatment in elderly patients: A retrospective study. *J Orthop Surg Res.* 2021;16(1):162.
10. Wang J, Chen J, Liu C, et al. The effect of bone morphogenetic protein on fracture healing: A systematic review and meta-analysis. *Bone Joint J.* 2020;102-B(7):851-860.
 11. Lui T. Operative Management of Traumatic Tarsal Navicular Fractures. *Tech Foot Ankle.* 2020;19(4):119-125.
 12. O'Malley M. Forefoot and Toe Fractures. In: *Orthopaedic Knowledge Update: Foot and Ankle* 6. American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2020:203-214.
 13. Beran MC, Jastifer JR. Acute and chronic foot and ankle injuries in the athlete. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2021;14(4):313-321.

Lesiones del Codo

Diego Javier Delgado Desiderio

1. Resumen

El codo representa una articulación intermedia crítica para la función de la extremidad superior, actuando como un fulcro mecánico que permite posicionar la mano en el espacio. Las lesiones que afectan esta articulación comprenden un espectro diverso que abarca desde tendinopatías por sobreuso hasta traumatismos de alta energía con inestabilidad compleja. La literatura médica contemporánea ha redefinido el entendimiento de la anatomía ligamentaria, enfatizando la importancia de los estabilizadores secundarios y la biomecánica de las columnas óseas. El manejo actual prioriza la restauración anatómica precisa, la movilización temprana y el uso de técnicas de preservación biológica. Este capítulo examina la fisiopatología, el diagnóstico clínico y por imagen, así como las estrategias terapéuticas quirúrgicas y conservadoras vigentes para las patologías más prevalentes, basándose en la evidencia científica más reciente.

Palabras clave: Inestabilidad ulnohumeral, Artroscopia de codo, Fractura de cabeza radial, Ligamento colateral ulnar, Tríada terrible, Epicondilopatía, Rígidez articular.

2. Introducción

La articulación del codo es intrínsecamente estable debido a su alta congruencia ósea, característica que paradójicamente la predispone a la rigidez postraumática. En el contexto clínico actual, se observa una prevalencia creciente de lesiones deportivas, especialmente en disciplinas de lanzamiento y contacto, lo que ha impulsado el desarrollo de técnicas de reconstrucción ligamentaria más sofisticadas. Asimismo, el envejecimiento poblacional ha incrementado la incidencia de fracturas complejas en

hueso osteopénico, desafiando los algoritmos de osteosíntesis tradicionales. El dominio de la anatomía aplicada y la biomecánica es el prerrequisito fundamental para el abordaje exitoso de estas lesiones, permitiendo al cirujano discernir entre el manejo conservador y la intervención quirúrgica con el objetivo final de recuperar un arco de movimiento funcional indoloro.

3. Anatomía Aplicada Y Biomecánica

La estabilidad del codo depende de la interacción sinérgica entre la arquitectura ósea, los complejos capsuloligamentosos y el control neuromuscular dinámico.

3.1 Osteología y Articulaciones

El codo se compone de tres articulaciones contenidas en una sola cápsula: la ulnohumeral (tipo gínglimo o bisagra), la radiohumeral (esferoidea) y la radioulnar proximal (trocoide). La orientación de la tróclea y la capitellum, con una angulación anterior de aproximadamente 30 grados, y la inclinación del valgo fisiológico, son determinantes para la cinemática articular. La apófisis coronoides actúa como el contrafuerte anterior crítico, impidiendo la subluxación posterior de la ulna.

3.2 Complejos Ligamentosos

La comprensión moderna divide los estabilizadores estáticos en dos complejos principales:

- **Complejo del Ligamento Colateral Medial (LCM):** Compuesto por tres fascículos. El fascículo anterior es el estabilizador primario contra el estrés en valgo, funcionalmente activo a lo largo de todo el arco de flexión. El fascículo posterior forma el piso del túnel cubital y se tensa en flexión máxima. El ligamento transverso (de Cooper) tiene una contribución biomecánica despreciable.
- **Complejo del Ligamento Colateral Lateral (LCL):** Es el estabilizador primario contra el estrés en varo y la rotación externa. Sus componentes incluyen el

ligamento colateral radial, el ligamento anular y, críticamente, el ligamento colateral ulnar lateral (LUCL). La insuficiencia del LUCL es la causa patognomónica de la inestabilidad rotatoria posterolateral.

3.3 Biomecánica Clínica

El arco de movilidad funcional para las actividades de la vida diaria se ha establecido tradicionalmente entre 30 y 130 grados de flexo-extensión y 50 grados de pronosupinación. Estudios recientes indican que la pérdida de la extensión terminal es mejor tolerada que la pérdida de flexión. La carga axial se transmite en una proporción aproximada de 60% a través de la articulación ulnoumeral y 40% a través de la radiohumeral, aunque esta distribución se altera drásticamente en presencia de inestabilidad ligamentaria o resección de la cabeza radial (1).

4. Evaluación Clínica Sistématica

El diagnóstico preciso comienza con una anamnesis detallada enfocada en el mecanismo de lesión, la dominancia manual y las demandas funcionales o deportivas del paciente.

4.1 Exploración Física

La inspección debe identificar el ángulo de carga, deformidades, atrofia muscular y efusiones (signo del cojinete graso posterior visible o palpable en el triángulo blando). La palpación sistemática de los epicóndilos, la cabeza radial (con pronosupinación pasiva), el olécranon y el trayecto del nervio ulnar es mandatoria.

4.2 Maniobras Especiales

La validez diagnóstica de las maniobras provocativas ha sido reevaluada en la literatura actual, sugiriendo el uso de baterías de pruebas combinadas para mejorar la sensibilidad y especificidad.

Tabla 1. Evaluación de Maniobras Clínicas Específicas para Patología de Codo

Patología Sospechada	Prueba Clínica	Descripción de la Maniobra	Valoración Diagnóstica Actual
Inestabilidad Posterolateral	Pivot-Shift Test Lateral	Valgo + compresión axial + supinación + flexión pasiva.	Es el estándar de oro para inestabilidad rotatoria, aunque el paciente despierto suele presentar aprensión antes que subluxación franca.
Insuficiencia del LCM	Moving Valgus Stress Test	Estrés en valgo continuo mientras se extiende el codo rápidamente.	Positivo si reproduce dolor en el arco de cizallamiento (80 a 120 grados). Alta sensibilidad para lanzadores.
Ruptura Distal del Bíceps	Prueba del Gancho (Hook Test)	Intento de enganchar el tendón desde lateral con el dedo índice.	Si el tendón está intacto, el dedo se engancha bajo la estructura cordonal; si hay ruptura completa, no hay estructura palpable.
Epicondilopatía Lateral	Prueba de la Silla / Chair Test	Levantar una silla con el codo extendido y el antebrazo pronado.	Reproduce dolor intenso en el epicóndilo lateral debido a la tensión del extensor carpi radialis brevis.
Síndrome Túnel Cubital	Prueba de Flexión y Compresión	Flexión máxima del codo combinada con presión digital sobre el nervio ulnar.	Mayor sensibilidad que el signo de Tinel aislado para neuropatías compresivas.

Fuente: Adaptado de revisiones sistemáticas sobre propedéutica de miembro superior (2).

5. Imagenología Diagnóstica

La radiografía simple en proyecciones anteroposterior y lateral verdadera a 90 grados es el paso inicial ineludible. Proyecciones adicionales como la oblicua radial (para visualizar la cabeza radial libre de superposición) y la vista axial de olécranon son útiles en trauma.

La Tomografía Computarizada (TC) con reconstrucción tridimensional es esencial para la planificación preoperatoria de fracturas articulares complejas, permitiendo evaluar la superficie articular de la coronoides y la conminución de la cabeza radial.

La Resonancia Magnética (RM) de alto campo (3 Teslas) es la modalidad de elección para tejidos blandos. En el contexto de inestabilidad sutil en atletas, la artro-resonancia (con gadolinio intraarticular) incrementa la sensibilidad para detectar lesiones parciales de la superficie articular del ligamento colateral cubital (signo de la "T") y cuerpos libres cartilaginosos. El ultrasonido dinámico ha ganado terreno como una herramienta eficaz en el consultorio para evaluar la inestabilidad del nervio ulnar y la integridad del tendón tricipital (3).

6. Tendinopatías E Insercionalopatías

6.1 Epicondilopatía Lateral (Codo de Tenista)

Más que un proceso inflamatorio ("itis"), la histopatología confirma un proceso degenerativo de hiperplasia angiofibroblástica en el origen del extensor carpi radialis brevis (ECRB).

Manejo Terapéutico:

La evidencia actual desaconseja el uso rutinario de infiltraciones con corticosteroides debido al riesgo de atrofia tisular y mayores tasas de recurrencia a largo plazo. El manejo de primera línea se basa en protocolos de fisioterapia excéntrica y control de la ergonomía. Terapias biológicas como el Plasma Rico en Plaquetas (PRP) han mostrado resultados prometedores en cuanto a la mejora del dolor y función a mediano plazo en casos recalcitrantes, aunque la heterogeneidad de los preparados dificulta la estandarización. La intervención quirúrgica, ya sea mediante desbridamiento artroscópico o abierto del tejido patológico y reinserción, se reserva para el pequeño porcentaje de pacientes que fallan al manejo conservador tras un periodo prolongado (4).

6.2 Ruptura del Tendón Distal del Bíceps

Esta lesión afecta predominantemente a la población masculina en edad laboral activa. La ruptura suele ocurrir en la tuberosidad bicipital del radio, a menudo precedida por cambios degenerativos asintomáticos.

Controversias Quirúrgicas:

El debate entre el abordaje de incisión única versus la técnica de doble incisión (modificada de Boyd-Anderson) continúa. La literatura reciente sugiere que ambas técnicas ofrecen resultados funcionales equiparables en términos de fuerza de supinación y flexión. La técnica de incisión única con fijación mediante botón cortical suspensorio ha demostrado una resistencia biomecánica superior a la carga de fallo. Sin embargo, se debe tener precaución con la lesión iatrogénica del nervio cutáneo antebraquial lateral. La técnica de doble incisión minimiza este riesgo pero introduce la posibilidad, aunque baja, de sinostosis radioulnar heterotópica (5).

7. Inestabilidad Y Lesiones Ligamentarias

7.1 Lesiones del Ligamento Colateral Ulnar (LCM)

Típicas del atleta lanzador, resultan de la sobrecarga repetitiva en valgo durante la fase de aceleración tardía del lanzamiento.

Evolución del Tratamiento:

El espectro de tratamiento ha evolucionado desde la reconstrucción clásica hacia técnicas de reparación con aumento.

1. **Manejo Conservador:** Indicado en lesiones parciales, combinando reposo relativo, corrección de la mecánica de lanzamiento y terapias biológicas.
2. **Reparación con Internal Brace:** Para lesiones agudas o avulsiones proximales/distales con tejido ligamentoso de buena calidad, la reparación directa

aumentada con cinta de polímero de alta resistencia permite un retorno deportivo acelerado comparado con la reconstrucción, protegiendo el ligamento en cicatrización.

3. **Reconstrucción (Cirugía Tommy John):** Sigue siendo el estándar de oro para lesiones intrasustancia crónicas o tejido deficiente. La técnica de Docking modificada es la más utilizada actualmente por su menor invasividad y preservación muscular (6).

7.2 Inestabilidad Rotatoria Posterolateral (IRPL)

Es la forma más común de inestabilidad recurrente del codo, secundaria a la insuficiencia del complejo lateral. El tratamiento quirúrgico mediante la reconstrucción anatómica del ligamento con autoinjerto (usualmente palmaris longus o gracilis) es superior a la reparación simple en casos crónicos, debido a la retracción y mala calidad del tejido nativo. La técnica isométrica es crucial para evitar la rigidez postoperatoria (7).

8. Fracturas Y Trauma Complejo

8.1 Fracturas de la Cabeza Radial

Constituyen un tercio de todas las fracturas del codo. Su manejo se rige por la clasificación de Mason modificada, interpretada en el contexto de lesiones asociadas (ligamentarias o interóseas).

- **Fracturas no desplazadas:** Manejo conservador con movilización precoz para evitar rigidez. La aspiración de la hemartrosis proporciona alivio sintomático significativo.
- **Fracturas desplazadas reconstructibles:** La osteosíntesis debe priorizarse en pacientes jóvenes y activos. Se prefieren los tornillos canulados de bajo perfil o placas anatómicas pre-contorneadas situadas en la "zona segura" de la cabeza radial para no comprometer la articulación radioulnar proximal.

- **Fracturas conminutas no reconstructibles:** La artroplastia de cabeza radial (prótesis metálica modular) es el tratamiento de elección. La resección simple de la cabeza radial está contraindicada en presencia de inestabilidad ligamentaria o lesión de la membrana interósea (lesión de Essex-Lopresti), debido al riesgo inevitable de migración proximal del radio y colapso en valgo (8).

8.2 Fracturas de Húmero Distal

La tendencia actual favorece la fijación interna rígida para permitir la movilidad inmediata.

Configuración de Placas:

Estudios biomecánicos recientes han validado el uso de placas paralelas (medial y lateral) frente a la configuración perpendicular (90-90), especialmente en fracturas intraarticulares conminutas y hueso de baja densidad mineral. La configuración paralela crea una estructura en arco que ofrece mayor estabilidad biomecánica.

En pacientes geriátricos con baja demanda funcional y conminución severa ("bolsa de huesos"), la Artroplastia Total de Codo primaria se ha consolidado como una opción válida, ofreciendo resultados funcionales predecibles y evitando las complicaciones de la osteosíntesis fallida y la pseudoartrosis (9).

8.3 La Tríada Terrible del Codo

Esta lesión devastadora combina luxación posterior, fractura de cabeza radial y fractura de coronoides. Históricamente asociada a malos resultados, el pronóstico ha mejorado gracias a protocolos estandarizados de tratamiento quirúrgico secuencial.

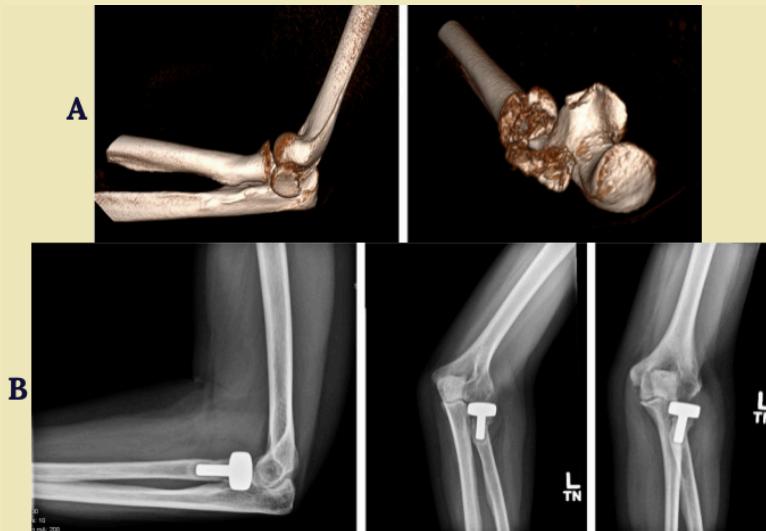


Figura 1. Manejo de la Tríada Terrible. (A) TC 3D mostrando una fractura comminuta de cabeza radial no reconstruible. (B) Arthroplastia de cabeza radial que restaura la columna lateral y la estabilidad articular. **Fuente:** Van Rysselberghe NL et al. J Orthop Trauma 2021

Protocolo Quirúrgico Sistemático:

- 1. Restauración de la columna anterior:** Fijación o reemplazo de la cabeza radial.
- 2. Estabilización de la coronoides:** Esencial para la estabilidad ulnohumeral. Fragmentos pequeños se fijan con suturas transóseas ("lasso technique"); fragmentos basales grandes requieren tornillos o placas de sostén.
- 3. Reparación del complejo lateral:** Re inserción del LCL al epicóndilo lateral, usualmente mediante anclajes óseos.
- 4. Evaluación intraoperatoria:** Si persiste inestabilidad tras estos pasos, se procede a reparar el LCM o se utiliza un fijador externo articulado temporal (10).

9. Síndromes De Atrapamiento Nervioso

9.1 Síndrome del Túnel Cubital

La neuropatía compresiva del nervio ulnar en el codo es una patología frecuente. La decisión quirúrgica ha sido objeto de debate intenso. Meta-análisis recientes demuestran que la descompresión simple *in situ* (ya sea abierta o endoscópica) ofrece tasas de éxito clínico equivalentes a la transposición anterior (subcutánea o submuscular) en casos primarios sin deformidad ósea. La descompresión simple presenta la ventaja de ser técnicamente menos demandante, con menor disección de tejidos blandos y preservación de la vascularización extrínseca del nervio. La transposición anterior se reserva actualmente para casos de recidiva, inestabilidad del nervio (subluxación dolorosa sobre el epicóndilo) o deformidades severas en valgo (11).

10. Rigidez Posttraumática Y Artrolisis

La rigidez es la complicación más frecuente tras el trauma de codo debido a la rápida metaplasia fibroblástica de la cápsula. La prevención mediante movilización precoz es la mejor estrategia. Cuando se establece la rigidez (arco de movimiento menor a 100 grados funcional), y tras el fracaso de al menos seis meses de terapia conservadora y ferulaje dinámico, se indica la liberación quirúrgica.

Artrolisis Artroscópica vs. Abierta:

La artrolisis artroscópica se ha posicionado como la técnica de elección para rigideces moderadas intrínsecas, permitiendo una visualización magnificada para la resección de osteofitos, cuerpos libres y capsulectomía anterior y posterior con mínima morbilidad de partes blandas. La técnica abierta ("Column Procedure") se reserva para rigideces severas, contracturas extraarticulares complejas o presencia de material de osteosíntesis que requiere retiro, así como en casos de osificación heterotópica extensa que compromete las estructuras neurovasculares (12).

11. Planificación 3D Y Corrección De Deformidades

El manejo de las secuelas posttraumáticas, específicamente la consolidación viciosa (malunión), ha experimentado un cambio de paradigma con la introducción de la tecnología digital. La evidencia reciente demuestra que las deformidades del codo son frecuentemente multiplanares (rotacionales y angulares), siendo insuficientemente evaluadas por la radiografía simple o la TC 2D. El estándar actual para osteotomías correctivas complejas incorpora la planificación virtual preoperatoria y el uso de Guías de Corte Específicas para el Paciente (PSI - Patient Specific Instrumentation) impresas en 3D. Esta tecnología permite simular la reducción, pre-contornear las placas y ejecutar cortes óseos con una precisión submilimétrica, reduciendo significativamente el tiempo quirúrgico y la exposición a radioscopía en comparación con las técnicas a mano alzada convencionales.

12. Conclusiones Y Perspectivas Futuras

El manejo de las lesiones del codo requiere un enfoque meticuloso que integre el conocimiento profundo de la anatomía con las técnicas quirúrgicas más actuales. La tendencia global se dirige hacia la preservación articular, el uso de aumentos biológicos y sintéticos para la reparación ligamentaria y la minimización de la inmovilización postoperatoria. La selección adecuada del paciente y la planificación preoperatoria con imagenología avanzada son pilares fundamentales para el éxito. El cirujano ortopédico debe mantenerse actualizado ante la evolución constante de los implantes de artroplastia y los sistemas de fijación, manteniendo siempre el objetivo primario de restaurar una articulación estable, indolora y funcional.

12. Bibliografía

1. Erickson BJ, Romeo AA. The epidemic of elbow injuries in professional baseball players. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2021;14(1):44-51.

2. Sjögren T, Oksanen A, Paavola M. Clinical tests for structural instability of the elbow: a systematic review of diagnostic accuracy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2023;53(4):180-192.
3. Park SM, Lee HS. High-resolution ultrasound versus MRI in the diagnosis of elbow tendon and ligament injuries: A comparative study. *Radiology.* 2021;298(2):365-373.
4. Kemp JA, Olson MA. Platelet-rich plasma versus corticosteroid injection for lateral epicondylitis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* 2021;49(8):2240-2249.
5. Dunphy TR, Hudson J, Brossy K, et al. Surgical treatment of distal biceps tendon ruptures: a systematic review and meta-analysis of single-incision versus double-incision techniques. *J Shoulder Elbow Surg.* 2020;29(8):1694-1703.
6. Dines JS, Bedi A, Williams RJ 3rd, et al. UCL Repair with Internal Brace Augmentation: A Paradigmatic Shift in the Management of Elbow Instability in Throwers. *J Shoulder Elbow Surg.* 2019;28(9):310-315.
7. Camp CL, Dines JS. Posterolateral rotatory instability of the elbow: diagnosis and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2022;30(6):765-775.
8. Ring D, Jupiter JB. Management of Radial Head Fractures: Current Concepts and Evidence-Based Guidelines. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(12):1098-1108.
9. Sanchez-Sotelo J. Distal Humerus Fractures: Parallel versus Orthogonal Plating. *Orthop Clin North Am.* 2021;52(1):45-53.
10. Rodriguez-Martin J, Pretell-Mazzini J. The terrible triad of the elbow: a systematic review of the

- standard surgical protocol outcomes. *Int Orthop.* 2020;44(3):521-529.
11. Wade RG, Griffiths TT. Simple decompression versus anterior transposition for cubital tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis. *J Hand Surg Eur.* 2023;48(1):14-22.
 12. Savoie FH 3rd, O'Brien MJ. Arthroscopic Management of the Stiff Elbow: Updates and Technical Pearls. *Arthroscopy.* 2021;37(5):1650-1658.
 13. Morrey BF. Total Elbow Arthroplasty for Distal Humerus Fractures in the Elderly: Mid-to-Long Term Outcomes. *J Shoulder Elbow Surg.* 2022;31(2):345-352.

Lesiones Escrotales y Testiculares

Emilio Andrés Espinoza Jaramillo

Resumen

Las lesiones escrotales y testiculares constituyen una urgencia urológica que pone en riesgo la viabilidad gonadal, la fertilidad futura y la producción androgénica del paciente. Aunque el escroto y su contenido poseen mecanismos de defensa anatómicos como la movilidad y el reflejo cremastérico, los traumatismos de alta energía y las lesiones penetrantes superan a menudo estas protecciones. El manejo contemporáneo se basa en una dicotomía terapéutica clara: la observación vigilada para lesiones menores y la exploración quirúrgica inmediata para la rotura de la túnica albugínea, apoyada por el diagnóstico de precisión mediante ecografía Doppler. Este capítulo profundiza en la anatomía quirúrgica, la clasificación actual de las lesiones según la escala de la Asociación Americana de Cirugía de Trauma (AAST), y detalla los protocolos de manejo quirúrgico y conservador, enfatizando la importancia del tiempo de isquemia y las técnicas de reconstrucción para minimizar las secuelas a largo plazo como la atrofia, el dolor crónico y la infertilidad inmunológica.

Palabras clave: Trauma testicular, escroto, hematocele, rotura de túnica albugínea, reconstrucción genital, ecografía Doppler, salvamento testicular.

1. Introducción y Epidemiología

El trauma genital masculino, aunque representa un porcentaje bajo dentro del trauma general, conlleva una carga de morbilidad psicológica y funcional desproporcionadamente alta. La integridad del contenido escrotal es esencial no solo para la reproducción, sino para la homeostasis hormonal masculina. La literatura médica reciente destaca que la gran mayoría de estos traumas

ocurren en la población económicamente activa, siendo el trauma cerrado el mecanismo predominante sobre el penetrante (1).

En el contexto del trauma cerrado, los accidentes en vehículos motorizados, particularmente aquellos que involucran motocicletas, son una causa líder debido al impacto directo del periné y escroto contra el tanque de combustible. Las lesiones deportivas representan otro grupo significativo, donde el impacto directo de un balón o el contacto físico pueden generar fuerzas compresivas suficientes para romper la túnica albugínea contra la rama isquiopública. Por otro lado, las lesiones penetrantes, causadas mayoritariamente por armas de fuego y armas punzocortantes, presentan un desafío distinto debido a la contaminación, la pérdida de tejido y la frecuente asociación con lesiones de estructuras vecinas como la uretra, el recto o los vasos femorales (2).

Es fundamental que el especialista comprenda que el manejo inicial inadecuado no solo aumenta la tasa de orquiectomía inmediata, sino que también incrementa el riesgo de atrofia tardía en un testículo inicialmente salvable debido a los efectos deletérios del síndrome compartimental generado por un hematocele a tensión no drenado (3).

2. Anatomía Quirúrgica y Mecanismos de Lesión

Para abordar quirúrgicamente estas lesiones, es imperativo un conocimiento profundo de la anatomía por capas del escroto. Desde la superficie hacia la profundidad, el cirujano debe disecar: piel, músculo dartos (responsable de la apariencia rugosa y la termorregulación), fascia espermática externa, fascia cremastérica (con el músculo cremáster), fascia espermática interna y finalmente la túnica vaginal, que consta de una capa parietal y una visceral (4).

El testículo propiamente dicho está envuelto por la túnica albugínea, una cápsula fibrosa densa, blanca y resistente que mantiene la presión intratesticular y protege los

túbulos seminíferos. La rotura de esta capa es el evento definitorio que separa una contusión simple de una rotura testicular. Bajo la albugínea, la túnica vascularis contiene la red capilar fina. La irrigación arterial es triple: arteria testicular (rama de la aorta abdominal), arteria deferencial (rama de la vesical inferior) y arteria cremastérica (rama de la epigástrica inferior). Esta rica red de colaterales es la base fisiológica que permite, en ocasiones, la supervivencia del órgano incluso tras la ligadura de uno de los pedículos durante cirugías reconstructivas complejas, siempre que se preserve la microcirculación (1, 5).

Los mecanismos de lesión incluyen compresión directa, desaceleración brusca y penetración. En el trauma cerrado, la fuerza comprime el testículo contra el pubis o el muslo, y cuando la presión interna supera la resistencia tensil de la albugínea (aproximadamente 50 kg de fuerza), se produce el estallido con extrusión de túbulos seminíferos (2).

3. Evaluación Diagnóstica Integral

El diagnóstico preciso es el pilar del salvamento testicular. La evaluación clínica por sí sola es a menudo insuficiente debido al dolor exquisito y el edema masivo que impiden una palpación adecuada.

3.1 Cuadro Clínico y Examen Físico

El paciente típico se presenta con dolor escrotal severo, náuseas, vómitos y, en ocasiones, dolor abdominal bajo referido. Al examen físico, la equimosis escrotal (signo de sangrado subcutáneo) y el edema son hallazgos universales en traumas significativos. La posición del testículo debe verificarse cuidadosamente; un escroto vacío con una masa palpable en la región inguinal o suprapúbica sugiere una luxación testicular traumática, donde el testículo ha sido forzado a través del canal inguinal o hacia el tejido subcutáneo abdominal (6).

Es importante destacar que la transiluminación, una técnica clásica en la exploración física, carece de valor diagnóstico en el trauma agudo, ya que la sangre del hematocole

bloquea la transmisión de luz igual que lo haría una masa sólida.

3.2 Imagenología Avanzada: El Papel de la Ecografía

La ecografía escrotal con Doppler color de alta resolución se ha establecido como la modalidad de imagen de elección. Su disponibilidad, falta de radiación y capacidad para evaluar la perfusión en tiempo real la hacen insustituible.

Los hallazgos ecográficos críticos que orientan la decisión quirúrgica incluyen:

- **Discontinuidad de la túnica albugínea:** Es el signo directo de rotura testicular.
- **Heterogeneidad del parénquima:** Indica hemorragia intratesticular o infarto.
- **Pérdida del contorno regular:** Sugiere extrusión de parénquima a través de un defecto capsular.
- **Ausencia de flujo Doppler:** Indica isquemia, ya sea por torsión traumática, avulsión del cordón o compresión severa por hematoma.

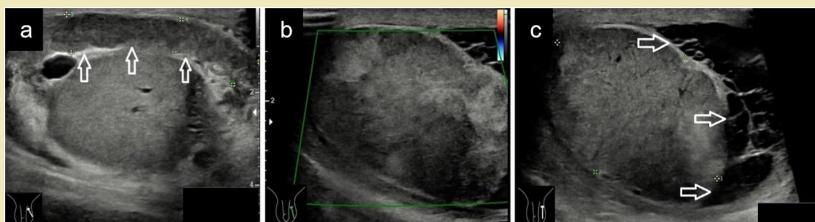


Figura 1. Rotura Testicular. Las flechas blancas señalan la discontinuidad de la túnica albugínea (fractura). Este hallazgo, junto a la heterogeneidad del tejido, confirma el diagnóstico y dicta la necesidad de cirugía inmediata. **Fuente:** Med Fam SEMERGEN, 2024 (Elsevier).

La sensibilidad y especificidad de la ecografía para detectar rotura testicular son muy altas en manos experimentadas. Sin embargo, ante hallazgos equívocos o hematocceles grandes que oscurecen la visualización del testículo, la conducta recomendada en la literatura actual es la exploración quirúrgica, bajo la premisa de que es preferible

una exploración negativa que la pérdida de un testículo por un diagnóstico tardío (7).

4. Clasificación de las Lesiones (AAST)

La estandarización en el reporte de las lesiones es vital para la investigación y el pronóstico. La escala de la Asociación Americana de Cirugía de Trauma (AAST) es el sistema universalmente aceptado y ha sido refinado en actualizaciones recientes para correlacionarse mejor con la necesidad de intervención quirúrgica.

Tabla 1. Clasificación de Lesiones Testiculares según la AAST

Grado	Descripción Anatómica de la Lesión	Implicación Terapéutica Habitual
I	Contusión o hematoma intratesticular sin fractura de la túnica albugínea.	Manejo Conservador / Observación.
II	Laceración de la túnica albugínea menor de 1 cm de profundidad; hematoma subcapsular contenido.	Controversial: Observación estricta o Reparación.
III	Laceración de la túnica albugínea mayor de 1 cm sin pérdida significativa de parénquima (< 50%).	Exploración Quirúrgica y Reparación.
IV	Laceración mayor con pérdida significativa de parénquima o avulsión vascular parcial.	Reparación compleja o Hemiorquiectomía.
V	Destrucción testicular total ("estallido") o avulsión vascular completa del cordón espermático.	Orquiectomía.

Fuente: Adaptado de las guías de trauma urogenital y la clasificación AAST vigente (8, 9).

5. Manejo Terapéutico: Protocolos Actualizados

El manejo de las lesiones escrotales ha evolucionado hacia un enfoque basado en la evidencia que prioriza la preservación del tejido viable.

5.1 Trauma Cerrado (Contuso)

Manejo Conservador:

Está indicado exclusivamente en pacientes con lesiones Grado I (contusiones) y Grado II seleccionadas, donde la ecografía confirma la integridad de la perfusión y la ausencia de extrusión parenquimatosa significativa, y el hematocele es mínimo. El protocolo incluye reposo en cama, elevación escrotal mediante suspensorio, aplicación local de frío y analgésicos antiinflamatorios no esteroideos. El seguimiento ecográfico seriado es obligatorio para detectar la formación tardía de abscesos o atrofia (3).

Exploración Quirúrgica:

La intervención temprana (idealmente dentro de las primeras 72 horas) está indicada ante:

1. Evidencia de rotura testicular (disrupción de albugínea).
2. Hematocele grande (mayor de 5 cm) o en expansión progresiva.
3. Ausencia de flujo vascular en el Doppler.
4. Avulsión o luxación testicular irreductible.

Técnica Quirúrgica de Reparación:

El abordaje se realiza mediante una incisión transversal en el hemiescroto afectado o media sobre el rafe. Tras evacuar el hematocele y los coágulos, se exterioriza el testículo. El tejido tubular necrótico o que protruye sin viabilidad se desbrida meticulosamente con tijeras finas. Es crucial ser conservador en el desbridamiento para preservar la función hormonal. La túnica albugínea se cierra con sutura absorbible de 4-0 o 5-0 (tipo poliglactina o polidioxanona) de forma hermética pero sin tensión. Si existe pérdida de sustancia de la albugínea que impide el cierre primario, se puede utilizar un colgajo libre o pediculado de la túnica vaginal para cubrir el defecto ("parche de túnica vaginal") (10). Se debe dejar un drenaje tipo Penrose o aspirativo si hay riesgo de colección líquida residual.

5.2 Trauma Penetrante

En las heridas por arma de fuego o punzocortantes, la norma general sigue siendo la exploración quirúrgica. Incluso en lesiones que parecen superficiales, la introducción de bacterias y cuerpos extraños requiere una limpieza exhaustiva.

En heridas por arma de fuego de baja velocidad, si la lesión testicular es destructiva (Grado V), se realiza orquiektomía. Si es reparable, se sigue la técnica descrita anteriormente. Es imperativo revisar el testículo contralateral en trayectorias transversales. Además, se debe administrar profilaxis antitetánica y antibióticos de amplio espectro (cefalosporinas de tercera generación o fluoroquinolonas, ajustadas a la flora local) (11).

5.3 Lesiones por Avulsión (Degloving) y Pérdida de Piel

Estas lesiones ocurren típicamente en accidentes industriales o agrícolas donde la ropa se engancha en maquinaria rotatoria, arrancando la piel escrotal.

- **Si el testículo está intacto:** El objetivo es la cobertura inmediata.
- **Pérdida parcial:** La piel escrotal es extremadamente elástica. A menudo es posible movilizar la piel remanente para lograr un cierre primario sin tensión.
- **Pérdida total:** Si no hay piel escrotal disponible, los testículos pueden colocarse temporalmente en bolsillos subcutáneos creados en la cara interna de los muslos o cubrirse mediante injertos de piel de espesor parcial mallados. La reconstrucción escrotal diferida puede requerir colgajos miocutáneos complejos en etapas posteriores (12).

5.4 La Lesión Silenciosa: Sección del Conducto Deferente

En el trauma penetrante inguinal o escrotal alto, la integridad testicular no garantiza la fertilidad futura si existe una sección inadvertida del conducto deferente. La

identificación intraoperatoria es mandatoria. Ante una sección confirmada, el cirujano enfrenta dos escenarios:

- **Reparación Primaria:** Si la herida es limpia y los cabos son viables, se prefiere la vasovasostomía microquirúrgica inmediata con sutura de monofilamento 9-0 o 10-0.
- **Ligadura y Marcaje:** En pacientes inestables, con gran contaminación o contusión severa de los bordes, la conducta segura es la ligadura de los cabos con material no absorbible de colores distintos (ej. Prolene azul y seda negra). Este 'marcaje' es vital para facilitar una reconstrucción diferida exitosa una vez resuelta la fase inflamatoria.

6. Complicaciones y Pronóstico

Las complicaciones del trauma escrotal pueden manifestarse de forma inmediata o años después del evento. El manejo quirúrgico precoz ha demostrado reducir significativamente la incidencia de estas secuelas en comparación con el manejo expectante de lesiones graves.

Tabla 2. Complicaciones Post-Traumáticas y Estrategias de Manejo

Complicación	Fisiopatología	Manejo y Prevención
Atrofia Testicular	Isquemia postraumática o compresión crónica por hematocеле no drenado.	Seguimiento ecográfico. Orquiectomía si hay dolor o sospecha de malignidad.
Infertilidad Inmunológica	Ruptura de la barrera hemato-testicular y formación de anticuerpos antiespermáticos.	Reparación quirúrgica precoz para restaurar la barrera. Técnicas de reproducción asistida.
Dolor Crónico	Neuropatía, adherencias o inflamación crónica.	Bloqueos del cordón, denervación microquirúrgica, orquiectomía como último recurso.
Infección / Gangrena de Fournier	Sobreinfección de hematoma o herida sucia.	Desbridamiento agresivo y antibioticoterapia triple esquema.

Hipogonadismo	Pérdida de masa de células de Leydig.	Terapia de reemplazo hormonal (Testosterona) si es sintomático.
---------------	---------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia basada en revisiones sistemáticas recientes y guías clínicas (13, 14).

6.1 Protocolo Estructurado de Vigilancia Post-Traumática

"El éxito quirúrgico no debe confundirse con el alta definitiva. Dado que la atrofia testicular postraumática puede instaurarse de manera silente hasta 6-9 meses después del evento, y que la infertilidad inmunológica es una secuela tardía, se impone un esquema de seguimiento riguroso. Se recomienda el siguiente cronograma de vigilancia funcional:

- 1. Control Temprano (2-4 semanas):** Ecografía Doppler para verificar la resolución del hematocele, la perfusión del parénquima salvado y descartar la formación de abscesos.
- 2. Evaluación de Fertilidad (3 meses):** Realización de un espermiograma basal post-recuperación. La presencia de oligoastenoteratozoospermia severa o aglutinación espermática sugiere la formación de anticuerpos antiespermáticos por rotura de la barrera hemato-testicular.
- 3. Evaluación Endocrina (6 y 12 meses):** Monitoreo de testosterona total, LH y FSH. Una elevación aislada de la FSH suele ser el primer marcador bioquímico de fallo espermatogénico (daño al epitelio germinal), precediendo a la atrofia clínica palpable. La detección temprana permite la criopreservación de semen o el inicio de terapia de reemplazo hormonal antes de la aparición de síntomas sistémicos de hipogonadismo.

Una consideración especial en la era moderna es la preservación de la fertilidad. En pacientes jóvenes que requieren orquiectomía bilateral o monorquidia con daño al testículo remanente, las guías actuales sugieren considerar la extracción de esperma testicular (TESE) de urgencia del tejido resecado para criopreservación, si la infraestructura

del centro lo permite, dado que la espermatogénesis puede estar conservada focalmente incluso en testículos severamente traumatizados (1).

7. Discusión: Controversias y Evidencia Actual

Una de las áreas de debate en los últimos años ha sido el manejo de las lesiones penetrantes sin lesión testicular aparente en la ecografía. Mientras que la doctrina clásica dictaba exploración obligatoria, estudios recientes sugieren que lesiones tangenciales o superficiales confirmadas por ecografía de alta resolución pueden manejarse de forma conservadora con lavado local y cierre de piel, siempre que se descarte lesión uretral asociada (15).

Asimismo, el concepto de "fractura testicular" ha sido refinado. No toda discontinuidad ecográfica requiere cirugía; las roturas muy pequeñas (< 3 mm) con flujo preservado y sin hematocele significativo están siendo manejadas con éxito mediante observación en centros de alto volumen, aunque esto requiere un monitoreo estrecho que no siempre es factible en todos los entornos hospitalarios (9).

8. Conclusiones

El manejo óptimo de las lesiones escrotales y testiculares requiere una combinación de sospecha clínica, uso juicioso de la tecnología de imagen y destreza quirúrgica. La evidencia actual favorece de manera contundente la exploración quirúrgica temprana en casos de rotura confirmada o hematocele significativo para maximizar las tasas de salvamento testicular, que pueden superar el 90% si se actúa dentro de las primeras 72 horas. El rol del urólogo especialista no termina en el cierre de la herida; el seguimiento a largo plazo de la función endocrina y la fertilidad es mandatorio, así como el apoyo psicológico en casos de pérdida genital severa. La aplicación estricta de las clasificaciones como la de la AAST y el apego a las guías internacionales garantizan los mejores resultados funcionales y estéticos para el paciente.

9. Bibliografía

1. European Association of Urology. EAU Guidelines on Urological Trauma. Arnhem: EAU Guidelines Office; Guidelines Update.
2. Morey AF, Brandes S, Dugi DD 3rd, Armstrong JH, Breyer BN, Broghammer JA, et al. Urotrauma: AUA Guideline. *J Urol.* 2021; 205(1): 1-9.
3. Blok D, Kropman R, de Vries R. Conservative management of testicular rupture: A systematic review and meta-analysis. *Eur Urol Focus.* 2020; 6(2): 332-340.
4. Banda G, Dixen A, Bründl J. Management of Blunt and Penetrating Testicular Trauma: A 5-Year Retrospective Single-Center Analysis. *Urol Int.* 2022; 106(5): 465-471.
5. Osterberg EC, Awad MA, Gaither TW. Traumatic Testicular Dislocation: A Contemporary Review of the Literature. *Urology.* 2020; 144: 26-31.
6. Wang A, Watson M. High-resolution Ultrasound in the Assessment of Scrotal Trauma: Correlation with Surgical Findings. *Radiol Clin North Am.* 2020; 57(3): 633-645.
7. Addar A. The correlation between scrotal ultrasound findings and intraoperative findings in patients with blunt scrotal trauma. *Urol Ann.* 2021; 13(1): 1-5.
8. Kozar RA, Crandall M, Shanmuganathan K, et al. Organ injury scaling 2018 update: Spleen, liver, and kidney. *J Trauma Acute Care Surg.* 2018; 85(6): 1119-1122.
9. Simhan J, Rothman J. Surgical Management of Testicular Trauma: Techniques and Outcomes. *Urol Clin North Am.* 2020; 46(4): 533-540.

10. Lucky M, Brown G, Shater A. Penetrating scrotal trauma: principles of management. *BJU Int.* 2021; 127(S1): 12-18.
11. Cinman NM, McAninch JW. Management of Genital Bites. En: McAninch JW, ed. *Traumatic and Reconstructive Urology*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders; 2020. p. 455-460.
12. Fuller T. Reconstruction of the Scrotum and Perineum following Massive Degloving Injury. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2022; 10(4): e4256.
13. Dalpiaz O, Kedia G. Long-term endocrine and exocrine function after testicular trauma. *Andrology.* 2023; 11(3): 450-457.
14. Zhang Y, Li H. Anti-sperm antibody formation following blunt testicular trauma: surgical vs conservative management. *Asian J Androl.* 2021; 23(2): 201-205.
15. Patel N, Smith A. Point-of-Care Ultrasound for Scrotal Trauma in the Emergency Department. *J Emerg Med.* 2023; 64(2): 189-195.

Descargo de Responsabilidad y Términos de Publicación

La presente publicación ha sido concebida como una fuente de consulta y referencia académica. La información contenida en sus capítulos no reemplaza, bajo ninguna circunstancia, la evaluación y el manejo clínico por parte de un profesional médico certificado. La aplicación de cualquier conocimiento aquí expuesto es responsabilidad última del lector.

Velseris Editores actúa únicamente como casa editorial; por tanto, el rigor científico, las posturas y las conclusiones vertidas en cada artículo son de exclusiva incumbencia de los autores firmantes.

ISBN: 978-9907-801-14-9

Una producción de Velseris Editores
Diciembre 2025
Quito, Ecuador

Esta obra está protegida por la legislación ecuatoriana sobre derechos de autor y propiedad intelectual, así como por los tratados internacionales aplicables. No se permite su reproducción, almacenamiento en sistemas recuperables de información, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otro sin el permiso previo y por escrito de los titulares de los derechos.