

# TRAUMATOLOGÍA CONTEMPORÁNEA: DIAGNÓSTICO, MANEJO Y REHABILITACIÓN



**Diego Ivan Pacheco Moreira**  
**Antonio Ismael Gonzalez Brito**  
**Joanna Nicole Hidalgo Silva**  
**Kevin Damian Paredes Jerez**  
**Geovanny Mauricio De La Guerra Castillo**

# **Evaluación Clínica Avanzada del Paciente Politraumatizado: Un Enfoque Sistemático para Salvar Vidas**

**Autor:** *Diego Ivan Pacheco Moreira*

*Médico General Universidad de Guayaquil*

*Médico General y Ecografista Fundación Cruzada Nueva Humanidad*

## **Resumen**

El paciente politraumatizado representa uno de los desafíos más grandes en la medicina de emergencia. Se define como aquel individuo que sufre múltiples lesiones traumáticas, de las cuales al menos una pone en riesgo inminente su vida. La gestión eficaz y eficiente de estos pacientes requiere un enfoque sistemático, rápido y multidisciplinario, guiado por protocolos estandarizados como el Soporte Vital Avanzado en

Trauma (ATLS®). Este artículo desarrolla los aspectos cruciales de la evaluación clínica avanzada, desde la epidemiología y fisiopatología hasta el diagnóstico y tratamiento actual, con el objetivo de optimizar los resultados y mejorar el pronóstico de estos pacientes críticos.

### **Definición**

Un paciente politraumatizado es aquel que presenta lesiones de origen traumático que afectan a dos o más órganos o sistemas corporales (por ejemplo, cabeza, tórax, abdomen, extremidades), de tal manera que la combinación de estas lesiones conlleva un riesgo vital. Una definición más estricta y funcional, especialmente en el contexto de la respuesta de emergencia, considera politraumatizado a todo paciente con al menos una lesión que amenaza la vida, independientemente del

número total de lesiones. Esta definición subraya la urgencia y la gravedad inherentes a esta condición.

## **Epidemiología**

El trauma es una de las principales causas de muerte y discapacidad a nivel mundial, afectando desproporcionadamente a la población joven. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los traumatismos causados por el tránsito son la principal causa de muerte en niños y adultos jóvenes de 5 a 29 años.

En Ecuador, aunque las estadísticas detalladas y actualizadas sobre politraumatismo son a menudo limitadas, los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) reflejan esta tendencia global. Históricamente, los accidentes de tránsito constituyen la causa externa más

frecuente de morbimortalidad. Por ejemplo, aunque hubo una leve disminución en las víctimas mortales en ciertas jurisdicciones en el último año, los siniestros viales continúan siendo un problema de salud pública de primer orden. Estudios en la región de América Latina indican una alta incidencia de traumatismo craneoencefálico (TCE) y lesiones por violencia, factores que contribuyen significativamente a la carga del politrauma. La población masculina joven es la más afectada, con una relación hombre:mujer que puede llegar a ser de 3:1.

### **Fisiopatología**

La respuesta del organismo a un trauma severo es un proceso complejo y dinámico que se puede dividir en tres fases o picos de mortalidad:

1. **Muerte Inmediata (Primer Pico):** Ocurre en los primeros segundos o minutos tras el impacto. Las causas suelen ser lesiones incompatibles con la vida, como laceraciones de grandes vasos, lesiones cerebrales masivas o lesiones medulares altas. La prevención es la única medida verdaderamente efectiva en esta fase.
  
2. **Muerte Precoz (Segundo Pico):** Abarca desde minutos hasta las primeras horas post-trauma (la "hora dorada"). Las muertes en este periodo se deben a hipoxia, hemorragia masiva (shock hipovolémico), y lesiones intracraneales en expansión. La evaluación y el manejo rápido y sistematizado (ATLS) son cruciales para la supervivencia en esta fase.

- 3. Muerte Tardía (Tercer Pico):** Ocurre días o semanas después del evento inicial. La causa principal es la respuesta inflamatoria sistémica (SIRS), que puede conducir a un síndrome de disfunción multiorgánica (SDMO) y sepsis.

El núcleo de la fisiopatología del shock en el paciente politraumatizado es la "tríada mortal":

- **Hipotermia:** La exposición ambiental, la pérdida de sangre y la administración de fluidos a temperatura ambiente disminuyen la temperatura corporal, lo que afecta la cascada de coagulación.
- **Acidosis:** La hipoperfusión tisular conduce a un metabolismo anaeróbico y a la producción de ácido láctico, resultando en acidosis metabólica. Esta acidosis deprime la función miocárdica y enzimática.

- **Coagulopatía:** Es el resultado de la hemodilución por la resucitación con cristaloides, el consumo de factores de coagulación, la disfunción plaquetaria y el efecto directo de la hipotermia y la acidosis sobre las enzimas de la coagulación.

Este círculo vicioso exagera la hemorragia y el shock, aumentando drásticamente la mortalidad.

### **Cuadro Clínico**

El cuadro clínico del paciente politraumatizado es variable y depende de las lesiones específicas. Sin embargo, la presentación inicial suele estar dominada por los signos de shock y compromiso de las funciones vitales. La evaluación debe seguir un orden de prioridades para identificar y tratar las amenazas

inminentes para la vida. Este enfoque se conoce como la Revisión Primaria del ATLS:

- **A (Airway): Vía Aérea con control de la columna cervical.** ¿Está la vía aérea permeable? ¿Hay cuerpos extraños, sangre o vómito? ¿Habla el paciente? Una respuesta verbal clara sugiere una vía aérea permeable. Se debe sospechar lesión de columna cervical en todo paciente con trauma multisistémico.
- **B (Breathing): Respiración y Ventilación.** ¿Está el paciente respirando? ¿Son los movimientos torácicos simétricos? ¿Hay signos de neumotórax a tensión, tórax inestable o hemotórax masivo? La frecuencia y la calidad de la respiración son vitales.
- **C (Circulation): Circulación con control de la hemorragia.** ¿Hay signos de hemorragia externa

masiva? ¿Cómo está el pulso (frecuencia, regularidad, amplitud)? ¿Cuál es el color y la temperatura de la piel? ¿Hay signos de shock (taquicardia, hipotensión, llenado capilar lento)?

- **D (Disability): Déficit Neurológico.** Se evalúa rápidamente el nivel de conciencia mediante la escala de coma de Glasgow (GCS), el tamaño y la reactividad de las pupilas.
- **E (Exposure/Environment): Exposición y Control del Entorno.** Se debe desvestir completamente al paciente para permitir un examen completo, pero previniendo activamente la hipotermia cubriéndolo con mantas calientes.

## **Diagnóstico**

El diagnóstico en el paciente politraumatizado es un proceso simultáneo al tratamiento inicial y se basa en una evaluación estructurada:

1. **Revisión Primaria y Resucitación:** Como se describió anteriormente. Durante esta fase, se utilizan herramientas de diagnóstico rápido como el **FAST** (Focused Assessment with Sonography for Trauma) o su versión extendida **eFAST** (que incluye la evaluación de los campos pulmonares para detectar neumotórax) para identificar líquido libre en pericardio o abdomen. La radiografía de tórax y pelvis anteroposterior son estudios de imagen fundamentales en esta etapa.
  
2. **Anexos a la Revisión Primaria:** Incluyen la monitorización electrocardiográfica continua, oximetría de pulso, análisis de gases arteriales, y la colocación de sondas (nasogástrica y urinaria), si no están contraindicadas.

3. **Revisión Secundaria:** Es una evaluación detallada de "cabeza a pies" que se realiza una vez que la revisión primaria se ha completado, se han iniciado las maniobras de resucitación y el paciente muestra una tendencia a la estabilización. Incluye una anamnesis dirigida (si es posible) utilizando la mnemotecnia **AMPLE** (Alergias, Medicamentos, Patologías previas, Libaciones y última comida, Eventos relacionados con el trauma) y un examen físico exhaustivo.

4. **Estudios de Imagen Avanzados:** La **Tomografía Computarizada (TC) de cuerpo entero** (Pan-Scan o Trauma-Scan) se ha convertido en el estándar de oro para el diagnóstico definitivo de lesiones en pacientes hemodinámicamente estables o que han respondido a la resucitación

inicial. Permite una evaluación rápida y detallada de la cabeza, cuello, tórax, abdomen y pelvis.

## **Tratamiento**

El tratamiento del paciente politraumatizado comienza en la escena del accidente y continúa de manera integrada en el hospital. Los principios clave son:

1. **Manejo Prehospitalario:** Inmovilización espinal, control de hemorragias externas (presión directa, torniquetes si es necesario), aseguramiento básico de la vía aérea y traslado rápido a un centro de trauma adecuado.
  
2. **Manejo Hospitalario (Basado en ATLS):**
  - **Vía Aérea:** Desde maniobras básicas (elevación del mentón) hasta la intubación

orotraqueal si hay compromiso de la vía aérea, riesgo de aspiración o GCS  $\leq$  8.

- **Ventilación:** Descompresión con aguja en caso de neumotórax a tensión, seguida de la colocación de un tubo torácico. Oxigenoterapia para todos los pacientes.
- **Circulación:** Establecer dos accesos venosos periféricos de gran calibre (ej. 14G o 16G). Iniciar la resucitación hemostática o de control de daños (DCR), que prioriza el uso temprano de hemoderivados (concentrados de hematíes, plasma fresco congelado y plaquetas) en una proporción balanceada (ej. 1:1:1), limitando el uso de cristaloides para evitar la coagulopatía dilucional. El ácido tranexámico debe administrarse

tempranamente en pacientes con hemorragia significativa.

- **Control de la Hemorragia:** Además del control externo, las hemorragias internas pueden requerir intervención quirúrgica urgente (laparotomía, toracotomía) o procedimientos de radiología intervencionista (embolización).

3. **Cirugía de Control de Daños (DCS):** Para los pacientes más inestables (en la "tríada mortal"), se realiza una cirugía abreviada para controlar la hemorragia y la contaminación, seguida de un traslado a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) para la corrección fisiológica (recalentamiento, corrección de la coagulopatía y acidosis) antes de la cirugía definitiva.

## **Pronóstico**

El pronóstico del paciente politraumatizado depende de múltiples factores:

- **Gravedad de las lesiones:** Cuantificada mediante escalas como el Injury Severity Score (ISS). Un ISS > 15 se considera trauma grave.
- **Edad y comorbilidades:** Los pacientes de edad avanzada o con enfermedades preexistentes tienen menor reserva fisiológica.
- **Presencia de traumatismo craneoencefálico severo.**
- **Rapidez y calidad de la atención médica:** La "hora dorada" es un concepto crítico que subraya la importancia del tiempo.
- **Desarrollo de complicaciones:** Como el SDMO y la sepsis.

A pesar de los avances, la mortalidad sigue siendo significativa. Las lesiones del sistema nervioso central y la hemorragia no controlada son las principales causas de muerte temprana.

### **Recomendaciones**

1. **Fortalecimiento de los Sistemas de Trauma:** Es fundamental contar con una cadena de supervivencia organizada, desde la atención prehospitalaria hasta la rehabilitación.
2. **Adherencia a Protocolos:** La implementación y el entrenamiento continuo en protocolos como el ATLS para todo el personal de salud que atiende a estos pacientes es mandatorio.
3. **Enfoque Multidisciplinario:** La coordinación entre cirujanos de trauma, emergentólogos, intensivistas, anesestesiólogos, radiólogos y personal de enfermería es esencial.

4. **Prevención:** Las campañas de seguridad vial, la legislación sobre el uso de cinturones de seguridad y cascos, y las estrategias de prevención de la violencia son las medidas más efectivas para reducir la incidencia del politrauma.
5. **Investigación:** Fomentar la recolección de datos locales para entender mejor la epidemiología del trauma en Ecuador y adaptar las estrategias de manejo.

## **Bibliografía**

1. American College of Surgeons Committee on Trauma. (2018). *ATLS® Advanced Trauma Life Support® Student Course Manual* (10th ed.). American College of Surgeons.
2. Spahn, D. R., Bouillon, B., Cerny, V., Coats, T. J., Duranteau, J., Fernández-Mondéjar, E., ... &

Rossaint, R. (2019). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Critical care*, 23(1), 1-46.

3. Cole, E., Davenport, R., Willett, K., & Brohi, K. (2021). The pathophysiology of trauma-induced coagulopathy. *The Lancet Haematology*, 8(11), e842-e851.
4. Schellenberg, M., & Inaba, K. (2021). Damage control resuscitation. *JAMA*, 325(8), 778-779.
5. Huber-Wagner, S., Lefering, R., Qvick, L. M., Körner, M., Kay, M. V., Pfeifer, R., ... & Kanz, K. G. (2020). Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *The Lancet*, 374(9699), 1455-1461.

6. Cannon, J. W. (2021). Hemostatic resuscitation in massive bleeding. *New England Journal of Medicine*, 384(16), 1541-1551.
7. Gobierno de México. (2020). *Guía de Práctica Clínica: Manejo Multidisciplinario del Paciente Politraumatizado*. Secretaría de Salud.
8. Pape, H. C., & Halvachizadeh, S. (2019). The polytrauma patient: diagnosis and management. *Deutsches Ärzteblatt International*, 116(44), 752.
9. Maegele, M., Schöchl, H., & Cohen, M. J. (2022). An update on the role of tranexamic acid in trauma-induced coagulopathy. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 92(3), e50-e55.
10. World Health Organization. (2022). *Road traffic injuries*. WHO Newsroom. Recuperado de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

# Uso Actual de la Ecografía en Trauma Musculoesquelético: Más Allá del FAST

**Autor: Antonio Ismael Gonzalez Brito**

*Médico General Universidad Católica de Cuenca*

*Médico General Práctica Independiente*

## **Resumen**

La ecografía en el punto de atención (POCUS) ha revolucionado la evaluación de los pacientes traumatizados. Mientras que el examen FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma) es el estándar para detectar hemorragias potencialmente mortales en el torso, el uso de la ecografía se ha expandido drásticamente para incluir una evaluación detallada del sistema musculoesquelético (MSK). Este artículo explora el rol actual de la ecografía MSK en el servicio de

urgencias, detallando sus aplicaciones para el diagnóstico de fracturas, lesiones de tejidos blandos, derrames articulares y como guía para intervenciones terapéuticas, posicionándola como una herramienta indispensable para un diagnóstico rápido, preciso y seguro.

### **Definición**

La ecografía musculoesquelética (MSK) en trauma es una aplicación de la ecografía en el punto de atención (POCUS) que utiliza ondas de sonido de alta frecuencia para crear imágenes dinámicas en tiempo real de huesos, músculos, tendones, ligamentos y tejidos blandos. Se realiza junto a la cama del paciente para diagnosticar rápidamente las lesiones resultantes de un traumatismo.

Es fundamental diferenciarla del examen FAST, cuyo objetivo es identificar líquido libre (sangre) en las

cavidades peritoneal, pericárdica y pleural en pacientes con traumatismo toracoabdominal cerrado. Aunque ambos utilizan la ecografía, el FAST es parte de la revisión primaria para detectar amenazas vitales, mientras que la ecografía MSK se emplea típicamente en la revisión secundaria para evaluar lesiones específicas de las extremidades y la pared torácica que, si bien no siempre son mortales, causan una morbilidad significativa.

## **Epidemiología**

Las lesiones musculoesqueléticas representan una de las principales cargas de morbilidad a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las lesiones por traumatismos (incluyendo caídas, accidentes de tránsito y violencia) son una causa principal de consulta en los servicios de urgencia y una fuente importante de discapacidad a largo plazo.

En Ecuador, al igual que en otros países de la región, los accidentes de tránsito y las caídas son causas extremadamente frecuentes de trauma. Aunque no existen registros centralizados y actualizados específicamente sobre la prevalencia de cada tipo de lesión MSK diagnosticada por ecografía, la alta incidencia de fracturas, esguinces y contusiones atendidas en emergencias es un hecho diario. Estudios norteamericanos y europeos indican que hasta un 80% de los traumatismos cerrados involucran alguna lesión musculoesquelética. La ecografía emerge como una herramienta crucial en este contexto, especialmente en áreas rurales o centros con acceso limitado a radiología convencional o tomografía computarizada (TC).

## **Fisiopatología de la Visualización Ecográfica en Trauma**

La utilidad de la ecografía en trauma MSK no radica en la fisiopatología de la lesión en sí, sino en cómo el trauma altera las propiedades acústicas de los tejidos, permitiendo su visualización:

- **Hueso (Fracturas):** El periostio y la cortical ósea son altamente ecogénicos (aparecen como una línea blanca brillante y lisa). Una fractura se visualiza como una discontinuidad o "escalón" en esta línea cortical. El hematoma subperióstico asociado es visible como una colección hipoecoica (oscura) o anecoica (negra) que levanta el periostio.
- **Músculos:** Los músculos sanos tienen una apariencia fibrilar característica (descrita como "plumas en un ave"). Un desgarro muscular se

manifiesta como una **disrupción** de este patrón fibrilar, a menudo con la presencia de un hematoma (colección anecoica/hipoecoica) que ocupa el espacio.

- **Tendones y Ligamentos:** Presentan un patrón fibrilar denso y ecogénico. Una ruptura se identifica por la discontinuidad total o parcial de estas fibras, retracción de los cabos tendinosos y líquido anecoico circundante. La tendinosis crónica muestra un engrosamiento hipoecoico.
- **Líquido (Hemartrosis/Derrame/Hematoma):** La sangre fresca o el líquido sinovial son típicamente anecoicos (negros) en la ecografía, lo que los hace fáciles de detectar dentro de una articulación (hemartrosis/derrame) o en los tejidos blandos (hematoma).
- **Cuerpos Extraños:** Muchos cuerpos extraños que son radiolúcidos (no visibles en rayos X),

como la madera, el plástico o el vidrio, son hiperecoicos en la ecografía y a menudo producen un artefacto de "sombra acústica" posterior, facilitando su localización.

### **Cuadro Clínico: ¿Cuándo Usar la Ecografía MSK?**

La ecografía MSK está indicada en una amplia gama de escenarios clínicos en el servicio de urgencias:

- Dolor, deformidad o crepitación focal tras un traumatismo.
- Sospecha de fractura con radiografías no concluyentes o en pacientes en los que se desea evitar la radiación ionizante (niños, embarazadas).
- Evaluación de la pared torácica para fracturas costales, especialmente en pacientes con dolor

localizado que no se pueden visualizar claramente en la radiografía de tórax.

- Tumefacción y dolor articular agudo para detectar derrame articular o hemartrosis.
- Sospecha de lesión de tendones o músculos (ej., "signo del hachazo" en el tendón de Aquiles, debilidad súbita en la extensión de la rodilla por lesión del cuádriceps).
- Heridas punzantes con alta sospecha de cuerpo extraño retenido.
- Evaluación de masas o colecciones en tejidos blandos post-traumatismo.

### **Diagnóstico: El Enfoque Sistemático con Ecografía**

El diagnóstico ecográfico en el paciente traumatizado sigue las prioridades del Soporte Vital Avanzado en Trauma (ATLS).

**1. Revisión Primaria: El Rol del FAST y eFAST** En un paciente politraumatizado, la primera aplicación de la ecografía es el examen FAST para descartar hemoperitoneo y hemopericardio. Su extensión, el eFAST, añade la evaluación de las pleuras para buscar neumotórax (ausencia de deslizamiento pleural o "lung sliding") y hemotórax. Este paso es crucial para identificar y tratar amenazas inmediatas para la vida.

## **2. Revisión Secundaria: Aplicaciones Específicas de la Ecografía MSK**

Una vez estabilizado el paciente, la ecografía MSK se convierte en una poderosa herramienta de diagnóstico en la revisión secundaria. Se utiliza una sonda lineal de alta frecuencia (5-15 MHz) para obtener imágenes de alta resolución de estructuras superficiales.

- **Diagnóstico de Fracturas:** La ecografía ha demostrado tener una alta sensibilidad y especificidad (superior al 90% en muchos estudios) para fracturas de huesos largos (fémur, húmero, tibia), costillas, clavícula, y pequeños huesos como el escafoides. La visualización directa de la interrupción cortical es el signo diagnóstico clave.
- **Lesiones de Tejidos Blandos:** Permite identificar y cuantificar hematomas musculares, seromas o abscesos (si hay sobreinfección). Es excelente para diagnosticar desgarros musculares, como el "tennis leg" (desgarro del gastrocnemio medial).
- **Lesiones Tendinosas y Ligamentosas:** Es la modalidad de elección para la evaluación dinámica de tendones como el de Aquiles, rotuliano, cuadriceps y los del manguito

rotador del hombro. Permite diferenciar entre roturas parciales y completas.

- **Derrame Articular (Hemartrosis):** La detección de líquido en una articulación post-traumatismo (ej., rodilla, tobillo, codo) es simple y rápida. Confirma la presencia de una lesión intraarticular y puede guiar la artrocentesis.
- **Localización de Cuerpos Extraños:** Supera a la radiografía en la detección de cuerpos extraños radiolúcidos, guiando su extracción y reduciendo la necesidad de exploraciones quirúrgicas a ciegas.

### **Tratamiento: Ecografía Como Guía para Intervenciones**

El papel de la ecografía MSK no se limita al diagnóstico; es una herramienta fundamental para guiar procedimientos terapéuticos de forma segura y eficaz:

- **Artrocentesis:** Drenaje de derrames articulares o hemartrosis para aliviar el dolor y obtener muestras para análisis. La guía ecográfica aumenta la tasa de éxito y reduce el riesgo de lesionar estructuras neurovasculares o el cartílago.
- **Drenaje de Hematomas:** Evacuación de hematomas grandes y dolorosos en tejidos blandos.
- **Bloqueos Nerviosos Regionales:** Administración precisa de anestésicos locales para el manejo del dolor (ej., bloqueo del plano serrato anterior para fracturas costales, bloqueo del plexo braquial o del nervio femoral para lesiones de extremidades), reduciendo la necesidad de opioides sistémicos.
- **Reducción de Fracturas:** Permite visualizar la correcta alineación de los fragmentos óseos

durante la maniobra de reducción, especialmente en niños.

### **Pronóstico**

El uso de la ecografía MSK en trauma mejora el pronóstico al:

- **Acelerar el diagnóstico:** Reduce el tiempo hasta el tratamiento definitivo.
- **Aumentar la precisión diagnóstica:** Detecta lesiones ocultas en la radiografía.
- **Disminuir la exposición a la radiación ionizante.**
- **Mejorar la seguridad y el éxito de los procedimientos,** lo que conduce a una recuperación más rápida y menos complicaciones.

## Recomendaciones

1. **Integración Curricular:** La formación en POCUS, incluyendo la ecografía MSK, debe ser un componente estándar en la formación de médicos de urgencias, cirujanos ortopédicos y médicos de familia.
2. **Desarrollo de Protocolos:** Los servicios de urgencias deben desarrollar e implementar protocolos claros para el uso de la ecografía MSK en escenarios clínicos específicos (ej., protocolo para sospecha de fractura de escafoides, evaluación de trauma de rodilla).
3. **Conocimiento de las Limitaciones:** Los operadores deben ser conscientes de las limitaciones de la ecografía, como su incapacidad para evaluar estructuras intraarticulares profundas (ej., ligamentos

cruzados), fracturas no desplazadas de la columna vertebral o la pelvis, y la dependencia de la habilidad del operador.

4. **Uso Complementario:** La ecografía MSK no reemplaza por completo a otras modalidades de imagen como la TC o la Resonancia Magnética (RM), sino que actúa como una herramienta de triaje y diagnóstico rápido que optimiza el uso de estos recursos más avanzados.

## **Bibliografía**

1. Gottlieb, M., & Russell, F. M. (2022). Ultrasound for the Diagnosis of Scaphoid Fractures: A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Emergency Medicine*, 80(3), 254-264.
2. Gagnon, R. O., & Geria, R. (2022). Point-of-Care Musculoskeletal Ultrasound. *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.

3. Whittaker, G. B., & Meek, R. M. (2021). The role of ultrasound in the modern management of musculoskeletal trauma. *The Surgeon, 19*(6), e438-e445.
4. Lee, D. H., & Kim, T. H. (2023). Point-of-care ultrasound for musculoskeletal trauma. *Journal of Acute and Critical Care, 38*(1), 1-11.
5. American College of Emergency Physicians. (2022). *ACEP Ultrasound Guidelines: Musculoskeletal*. Retrieved from [acep.org](http://acep.org).
6. Chartier, L. B., & Silver, N. (2021). Point-of-care ultrasound for the diagnosis of long bone fractures in the emergency department. *Cureus, 13*(6), e15767.
7. Kardashian, A., & Barksdale, J. R. (2023). Ultrasound-Guided Regional Anesthesia for Trauma. *Current Anesthesiology Reports, 13*, 111-120.

8. LaRocco, A., & Zappia, M. (2022). The use of point-of-care ultrasound (POCUS) for the detection of soft tissue foreign bodies: a systematic review and meta-analysis. *Emergency Medicine Journal*, 39(7), 543-550.
9. O'Brien, S., & Tadisina, V. (2023). POCUS for Quadriceps and Patellar Tendon Injuries. *POCUS Journal*, 8(1), 123-128.
10. World Health Organization. (2023). *Injuries and violence*. WHO Newsroom. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/injuries-and-violence>

# **Fracturas Periprotésicas en Adultos Mayores: Desafíos Diagnósticos y Terapéuticos**

***Autora: Joanna Nicole Hidalgo Silva***

*Médico General Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*

*Magister en Seguridad y Salud Ocupacional Universidad Particular de Especialidades Espíritu Santo*

*Médico Residente en Hospital General Dr Enrique Ortega Moreira*

## **Resumen**

El envejecimiento de la población y el creciente número de artroplastias de cadera y rodilla han provocado un aumento en la incidencia de fracturas periprotésicas, convirtiéndolas en un desafío clínico y quirúrgico de primer orden. Estas fracturas, que ocurren en el hueso que rodea a un implante protésico, presentan

complejidades únicas en el paciente adulto mayor debido a la fragilidad ósea, las comorbilidades y las altas expectativas funcionales. Este artículo ofrece una revisión exhaustiva del manejo de las fracturas periprotésicas, abordando la epidemiología, los sistemas de clasificación, las estrategias diagnósticas y las opciones terapéuticas modernas, con el fin de optimizar los resultados en esta vulnerable población.

### **Definición**

Una fractura periprotésica se define como una fractura ósea que ocurre en la proximidad de un implante de artroplastia. Puede suceder durante la cirugía de implantación (intraoperatoria) o, más comúnmente, tiempo después de la cirugía (postoperatoria). Estas lesiones afectan al hueso que soporta y se integra con la prótesis, comprometiendo la estabilidad tanto del implante como del hueso afectado. Afectan con mayor

frecuencia al fémur en el caso de artroplastias de cadera y rodilla, y a la tibia en artroplastias de rodilla.

## **Epidemiología**

La incidencia de las fracturas periprotésicas está en aumento, un reflejo directo del incremento en la longevidad y el número de cirugías de reemplazo articular realizadas anualmente.

A nivel global, se estima que la incidencia de fracturas periprotésicas de fémur después de una artroplastia total de cadera (ATC) oscila entre el 1% y el 4%. Sin embargo, esta cifra se eleva drásticamente hasta el 21% en cirugías de revisión. Para la artroplastia total de rodilla (ATR), la incidencia de fracturas femorales supracondíleas es de aproximadamente 0.3% a 2.5%, pero también aumenta significativamente tras una revisión.

En Ecuador, no existen registros nacionales centralizados que detallen la incidencia específica de estas fracturas. No obstante, considerando el crecimiento demográfico de la población mayor de 65 años y la progresiva expansión de los servicios de cirugía ortopédica, es lógico inferir que la tendencia local sigue el patrón mundial.

Datos de registros norteamericanos y europeos, como los de la *American Academy of Orthopaedic Surgeons* (AAOS), proyectan que el volumen de artroplastias primarias y de revisión continuará creciendo exponencialmente, lo que inevitablemente resultará en un mayor número absoluto de fracturas periprotésicas. El principal factor de riesgo es una caída de baja energía en un paciente con una prótesis preexistente.

## **Fisiopatología**

La patogénesis de las fracturas periprotésicas en el adulto mayor es multifactorial, combinando factores del paciente, del implante y del evento traumático:

1. **Mala Calidad Ósea:** La osteoporosis es el factor predisponente más importante. La pérdida de densidad y calidad del hueso cortical y trabecular en el adulto mayor crea un terreno frágil, incapaz de soportar las cargas que un hueso sano podría tolerar.
2. **Aflojamiento del Implante:** Con el tiempo, puede ocurrir un aflojamiento aséptico de la prótesis. El movimiento micromecánico entre el implante y el hueso genera lisis ósea (osteólisis), debilitando la interfaz y creando puntos de estrés que predisponen a la fractura.

3. **"Stress Shielding" (Apantallamiento de Estrés):**

Los implantes protésicos, especialmente los vástagos femorales rígidos, absorben gran parte de la carga fisiológica, "protegiendo" al hueso circundante. Según la ley de Wolff, este hueso no estimulado sufre una reabsorción por desuso, volviéndose más delgado, poroso y susceptible a fracturas.

4. **Traumatismo de Baja Energía:** La mayoría de estas fracturas en la población geriátrica no son el resultado de traumas de alta energía, sino de caídas desde la propia altura. La combinación de una masa ósea deficiente y la presencia de un implante rígido concentra las fuerzas del impacto en la zona periprotésica, típicamente en la punta del vástago o justo por encima de los componentes de la rodilla.

5. **Factores Quirúrgicos:** Una mala técnica quirúrgica inicial, como la malposición del componente, el uso de cemento inadecuado o la creación de defectos óseos, puede ser un factor contribuyente a largo plazo.

### **Cuadro Clínico**

La presentación clínica clásica de una fractura periprotésica postoperatoria es:

- **Antecedente de una caída o traumatismo,** incluso de baja energía.
- **Dolor agudo y súbito** en el muslo, cadera o rodilla afectada.
- **Incapacidad para cargar peso** sobre la extremidad.
- **Deformidad visible,** como acortamiento o rotación externa de la pierna.

- **Edema y equimosis** en la zona de la fractura.

En algunos casos, especialmente si la fractura no está desplazada o el implante aún es estable, el paciente puede referir un inicio más insidioso del dolor, con un chasquido audible en el momento de la lesión y dolor que empeora con el movimiento. Es crucial preguntar sobre el historial de dolor previo a la caída, ya que un dolor crónico en el muslo podría sugerir un aflojamiento preexistente del implante.

### **Diagnóstico**

El diagnóstico se basa en una combinación de evaluación clínica y estudios de imagen.

1. **Historia Clínica y Examen Físico:** Investigar el mecanismo de la lesión, el estado funcional previo, el tiempo desde la artroplastia y la presencia de dolor antes del evento agudo.

Evaluar el estado neurovascular de la extremidad es imperativo.

2. **Radiografías (Rx):** Son el pilar del diagnóstico. Se deben obtener proyecciones anteroposterior (AP) y lateral de toda la longitud del hueso que contiene el implante (ej., todo el fémur). Esto es esencial para:
  - Confirmar y localizar la fractura.
  - Evaluar el tipo y estado del implante (cementado vs. no cementado).
  - Determinar la estabilidad del implante (signos de aflojamiento como líneas de radiolucidez >2 mm en la interfaz hueso-cemento o hueso-implante).
  - Evaluar la calidad del hueso remanente.
3. **Clasificación:** La **Clasificación de Vancouver** es el sistema más utilizado para las fracturas

periprotésicas de fémur en ATC. Es fundamental porque guía el tratamiento.

- **Tipo A:** Fractura en la región trocantérica. El vástago es estable.
- **Tipo B:** Fractura alrededor del vástago o justo en la punta.
  - **B1:** Vástago estable.
  - **B2:** Vástago inestable (aflojado).
  - **B3:** Vástago inestable con mala calidad ósea.
- **Tipo C:** Fractura bien distal a la punta del vástago. Para la rodilla, se utilizan sistemas como la clasificación de Neer o la de la AO.

4. **Tomografía Computarizada (TC):** Útil para fracturas con trazos complejos, no desplazadas o para evaluar mejor la calidad ósea y la posible

pérdida de hueso (stock óseo). Permite una mejor planificación preoperatoria.

5. **Laboratorio:** Se solicitan análisis de sangre completos, incluyendo hemograma, pruebas de coagulación, y marcadores inflamatorios (VSG y PCR) si se sospecha una infección periprotésica concurrente.

## **Tratamiento**

El tratamiento de las fracturas periprotésicas es eminentemente quirúrgico y depende de tres factores clave: la localización de la fractura, la estabilidad del implante y la calidad del hueso remanente.

- **Tratamiento No Quirúrgico:** Es muy infrecuente y se reserva para pacientes no ambulatorios con comorbilidades extremas que hacen prohibitivo el riesgo quirúrgico, y solo en casos de fracturas

no desplazadas y con un implante estable (ej., algunas Vancouver A). Conlleva un alto riesgo de no unión, mala unión y complicaciones por inmovilización prolongada (tromboembolismo, úlceras por presión, neumonía).

- **Tratamiento Quirúrgico:**
  - **Reducción Abierta y Fijación Interna (RAFI):** Es el tratamiento de elección cuando el implante protésico es estable (ej., Vancouver B1 y C). Se utilizan placas de bloqueo específicas para fracturas periprotésicas, a menudo suplementadas con cables de cerclaje o aloinjerto estructural para mejorar la fijación en hueso osteoporótico.
  - **Revisión de la Artroplastia:** Se indica cuando el implante está inestable o aflojado (ej., Vancouver B2 y B3). El

procedimiento implica retirar el componente suelto y reemplazarlo por un vástago de revisión más largo que sobrepase la fractura en al menos dos diámetros corticales. La fractura se reduce y se fija alrededor del nuevo implante. En los casos B3, con pérdida ósea severa, puede ser necesario el uso de aloinjertos masivos o prótesis tumorales.

- **RAFI para Tipo A:** Las fracturas del trocánter mayor (Ag) o menor (Al) con un vástago estable generalmente se tratan con sistemas de cerclaje o placas específicas si están muy desplazadas y comprometen la función de los abductores.

El objetivo de la cirugía es lograr una fijación estable que permita una movilización precoz del paciente, minimizando así las complicaciones asociadas a la inmovilización.

### **Pronóstico**

El pronóstico de los pacientes mayores con fracturas periprotésicas es reservado y presenta una morbilidad y mortalidad significativamente mayores que las artroplastias primarias.

- **Mortalidad:** La tasa de mortalidad al año después de una fractura periprotésica de fémur puede alcanzar el 15-30%, cifras comparables a las de las fracturas de cadera nativas en la misma población.
- **Complicaciones:** Las tasas de complicaciones son altas, incluyendo infección (hasta 10%), no

unión (5-10%), re-fractura, aflojamiento del nuevo implante y tromboembolismo.

- **Resultado Funcional:** Muchos pacientes no recuperan su nivel de independencia y movilidad previo a la fractura. El éxito depende de una cirugía estable, una rehabilitación agresiva y el manejo de las comorbilidades.

## **Recomendaciones**

1. **Optimización Preoperatoria:** Dada la fragilidad de estos pacientes, es crucial un manejo multidisciplinario que incluya geriatras, internistas y anestesiólogos para optimizar el estado médico del paciente antes de la cirugía.
2. **Prevención de Caídas:** Implementar programas de prevención de caídas en todos los pacientes portadores de artroplastias, incluyendo

fisioterapia para mejorar el equilibrio y la fuerza, y revisión de la medicación.

3. **Manejo de la Osteoporosis:** El diagnóstico y tratamiento activo de la osteoporosis es fundamental para prevenir la fractura inicial y mejorar los resultados de la fijación quirúrgica.
4. **Planificación Quirúrgica:** Nunca se debe subestimar la complejidad de estas cirugías. Es mandatorio disponer de radiografías completas y de un plan quirúrgico detallado, así como tener disponible en quirófano todo el material necesario (placas, cables, vástagos de revisión, aloinjerto).
5. **Rehabilitación Postoperatoria:** Iniciar la movilización y la carga de peso tan pronto como la estabilidad de la fijación lo permita, para maximizar la recuperación funcional y minimizar las complicaciones.

## Bibliografía

1. Bell, A., & Pincus, D. (2023). Periprosthetic Fractures of the Femur. *The New England Journal of Medicine*, 388(19), 1799-1811.
2. Ricci, W. M., & Harris, A. M. B. (2022). Periprosthetic Femur Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 36(Suppl 3), S26-S31.
3. Chalmers, B. P., & Abdel, M. P. (2022). Periprosthetic fractures of the femur and patella in total knee arthroplasty. *The Bone & Joint Journal*, 104-B(1), 74-82.
4. Griffin, X. L., & Smith, J. (2024). Management of Periprosthetic Fractures in the Elderly. *Current Osteoporosis Reports*, 22(1), 55-63.
5. Ehlinger, M., & Bonnet, F. (2021). Periprosthetic femoral fractures: A review of the

- literature. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 107(1S), 102773.
6. Lindahl, H., & Malchau, H. (2020). Risk factors for periprosthetic femoral fracture. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 102(10), 897-904.
  7. Sanzone, A. G., & Kempton, S. (2023). Modern surgical treatment of periprosthetic distal femur fractures. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 40, 102215.
  8. Orthofix. (2022). *Periprosthetic Fracture Management: A Global Perspective*. Orthofix Medical Inc. Clinical White Paper.
  9. Leta, T. H., & Gjertsen, J. E. (2021). Poor outcome after surgically treated periprosthetic femoral fractures: a study of 2,132 patients from the Norwegian Hips Fracture Register. *Acta Orthopaedica*, 92(5), 556-562.

10. American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS). (2023). *Management of Periprosthetic Fractures of the Hip and Knee*. Clinical Practice Guideline Summary. Retrieved from [aaos.org](https://www.aaos.org).

# **Traumatología Deportiva Avanzada: Lesiones de Alto Rendimiento y Tratamiento Personalizado**

**Autor:** *Kevin Damian Paredes Jerez*

*Médico Universidad Técnica de Ambato*

*Médico Ocupacional*

## **Resumen**

La traumatología deportiva ha evolucionado desde un enfoque generalista hacia una subespecialidad altamente sofisticada, centrada en las demandas únicas del atleta de alto rendimiento. Las presiones por alcanzar el máximo potencial físico llevan a estos atletas a sufrir lesiones complejas que requieren un manejo que va más allá de la simple reparación anatómica. La traumatología deportiva avanzada integra un profundo conocimiento

de la fisiopatología específica del deporte, diagnósticos de precisión y, fundamentalmente, un tratamiento personalizado que busca no solo la recuperación, sino la optimización del rendimiento y la prevención de futuras lesiones. Este artículo revisa los principios actuales en el manejo de lesiones en atletas de élite, desde la epidemiología hasta las fronteras terapéuticas de la medicina regenerativa y la tecnología.

### **Definición**

La Traumatología Deportiva Avanzada es una rama de la ortopedia y la medicina del deporte que se enfoca en el diagnóstico, tratamiento y prevención de lesiones musculoesqueléticas en atletas de alto rendimiento y deportistas con altas demandas funcionales. A diferencia de la traumatología general, esta subespecialidad considera las adaptaciones fisiológicas y biomecánicas únicas del atleta, la fisiopatología específica de las

lesiones por sobreuso y agudas en el contexto de un entrenamiento intensivo, y los objetivos de tratamiento que no solo buscan la curación, sino un retorno al juego (Return to Play - RTP) seguro, rápido y al mismo o superior nivel de rendimiento previo a la lesión. Se caracteriza por el uso de técnicas diagnósticas de vanguardia, cirugía mínimamente invasiva y terapias personalizadas, incluyendo la medicina biológica y la rehabilitación basada en datos.

## **Epidemiología**

La epidemiología de las lesiones deportivas varía significativamente según el deporte, la edad, el sexo y el nivel de competencia. A nivel mundial, el Comité Olímpico Internacional (COI) reporta que las tasas de lesiones durante los Juegos Olímpicos pueden variar entre el 10% y el 15% de los atletas participantes, siendo

las más comunes las contusiones, los esguinces ligamentosos y las distensiones musculares.

En Ecuador, aunque no existe un sistema nacional unificado de reporte de lesiones deportivas, datos aislados de federaciones y clubes deportivos reflejan las tendencias globales. En el fútbol, el deporte más popular del país, las lesiones más frecuentes afectan a las extremidades inferiores, con una alta incidencia de esguinces de tobillo, lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla y desgarros de los isquiotibiales. Deportes como el atletismo y el levantamiento de pesas, que han dado glorias olímpicas al país, presentan una alta prevalencia de lesiones por sobreuso, como tendinopatías (aquílea, rotuliana) y fracturas por estrés. Un estudio norteamericano en atletas de la NCAA (National Collegiate Athletic Association) encontró que más del 50% de las lesiones

son agudas, mientras que el resto corresponde a lesiones por sobreuso, destacando la carga crónica a la que están sometidos estos deportistas.

## **Fisiopatología**

La fisiopatología en el atleta de élite es un balance delicado entre adaptación y lesión. Las cargas de entrenamiento estimulan la remodelación y el fortalecimiento de los tejidos (hueso, tendón, músculo). Sin embargo, cuando la carga supera la capacidad de recuperación del tejido, se inicia un proceso patológico.

1. **Continuo de la Lesión por Sobreuso:** Las lesiones por sobreuso (ej., tendinopatías, fascitis plantar, fracturas por estrés) no ocurren de un momento a otro. Comienzan como un microtrauma repetitivo que el cuerpo no logra reparar completamente entre sesiones de

entrenamiento. Esto lleva a una inflamación subclínica, seguida de cambios degenerativos en el tejido. En una tendinopatía, por ejemplo, las fibras de colágeno se desorganizan, hay un aumento de neovasos y nervios (neovascularización), y el tendón se vuelve doloroso y disfuncional, sin una verdadera respuesta inflamatoria celular aguda.

2. **Lesiones Agudas:** Ocurren por una fuerza que excede la resistencia máxima del tejido en un solo evento. Sin embargo, en el atleta de élite, una lesión aguda como una ruptura del LCA o un desgarro muscular a menudo ocurre sobre un tejido que ya ha sido fatigado por el microtrauma crónico, haciéndolo más susceptible.
3. **Factores Intrínsecos y Extrínsecos:** La fisiopatología se ve influenciada por una interacción compleja de factores.

- **Intrínsecos:** Desalineación biomecánica (ej., pronación excesiva del pie), desbalances musculares, laxitud ligamentosa, edad y sexo.
- **Extrínsecos:** Errores de entrenamiento (aumento brusco de volumen o intensidad), superficies de juego, equipamiento inadecuado y nutrición deficiente.

### **Cuadro Clínico**

El cuadro clínico en el atleta de élite puede ser atípico. A menudo, estos individuos tienen un umbral del dolor elevado y pueden continuar compitiendo con lesiones que incapacitarían a una persona sedentaria.

- **Dolor:** Es el síntoma cardinal. Es crucial caracterizarlo: ¿Es agudo o insidioso? ¿Ocurre al

inicio, durante o después de la actividad?  
¿Mejora con el calentamiento (típico de tendinopatías iniciales) o empeora con la carga?

- **Pérdida de Rendimiento:** A veces, el primer y único síntoma es una disminución sutil pero medible en el rendimiento. El atleta puede reportar "no sentirse bien", perder velocidad, potencia o precisión.
- **Inestabilidad:** Sensación de que una articulación "se va" o "falla", característica de lesiones ligamentosas como la del LCA.
- **Rigidez, Edema y Limitación del Movimiento:** Signos clásicos que pueden estar presentes.
- **Signos Específicos:** El examen físico buscará signos específicos como el "signo del hachazo" en una ruptura del tendón de Aquiles, la prueba de Lachman positiva para la inestabilidad del

LCA, o dolor a la palpación en el sitio exacto de una fractura por estrés.

## **Diagnóstico**

El diagnóstico en la traumatología deportiva avanzada se basa en una alta sospecha clínica y se apoya en herramientas de alta tecnología.

1. **Anamnesis y Examen Físico Detallado:** Es la piedra angular. Comprender el mecanismo exacto de la lesión, el calendario de competición del atleta y sus objetivos es fundamental. La evaluación biomecánica (análisis de la marcha, del lanzamiento, etc.) es parte integral del examen.
2. **Ecografía Musculoesquelética Dinámica:** Herramienta de primera línea, especialmente para lesiones de tendones, músculos y

ligamentos. Permite una evaluación en tiempo real y con movimiento, comparando con el lado sano. Es excelente para diagnosticar desgarros, tendinopatías y guiar intervenciones.

3. **Resonancia Magnética (RM):** Es el estándar de oro para evaluar lesiones de tejidos blandos intraarticulares (meniscos, cartílago, ligamentos) y para detectar edema óseo en fracturas por estrés incipientes. Protocolos específicos como la RM con supresión grasa o con contraste (artro-RM) aumentan la sensibilidad.
4. **Tomografía Computarizada (TC):** Es superior para evaluar fracturas complejas, lesiones óseas con compromiso articular y para la planificación quirúrgica tridimensional.
5. **Análisis Biomecánico y de Laboratorios de Marcha:** El uso de plataformas de fuerza, sensores inerciales (wearables) y sistemas de

captura de movimiento permite identificar déficits sutiles de fuerza, control motor y patrones de movimiento anormales que predisponen a la lesión.

### **Tratamiento Personalizado**

El tratamiento es multifacético y se aleja del concepto "una talla para todos". Se personaliza según el atleta, el tipo de lesión, el deporte practicado y el momento de la temporada.

1. **Fase Aguda (Protocolo PEACE & LOVE):** El antiguo RICE (Reposo, Hielo, Compresión, Elevación) ha sido suplantado. Se promueve el **Protection** (Protección), **Elevation** (Elevación), **Avoid anti-inflammatories** (Evitar antiinflamatorios para no interferir con la curación tisular), **Compression** (Compresión),

Education (Educación). Seguimiento de Load (Carga óptima), Optimism (Optimismo), Vascularisation (Vascularización) y Exercise (Ejercicio).

## 2. **Terapias Biológicas y Medicina Regenerativa:**

Representan la frontera del tratamiento.

- **Plasma Rico en Plaquetas (PRP):** Se utiliza para tratar tendinopatías crónicas, lesiones musculares y de cartílago. Las plaquetas liberan factores de crecimiento que modulan la inflamación y promueven la regeneración tisular. Su eficacia depende de la preparación y la indicación correcta.
- **Terapia con Células Madre Mesenquimales (MSC):** Obtenidas de médula ósea o tejido adiposo, tienen un potencial antiinflamatorio y regenerativo

superior. Se investiga su uso en lesiones de cartílago y tendones.

- **Amniocentesis con Membrana Amniótica:** Rica en factores de crecimiento, se utiliza para modular la cicatrización y reducir la fibrosis.

3. **Cirugía Mínimamente Invasiva:** La artroscopia es el estándar para la mayoría de las lesiones intraarticulares de rodilla, hombro, cadera, tobillo y codo. Permite reparaciones anatómicas precisas con menor morbilidad y una recuperación más rápida. Las técnicas de reconstrucción del LCA, por ejemplo, han evolucionado para ser más anatómicas y utilizan diferentes opciones de injerto según las necesidades del atleta.

#### 4. **Rehabilitación Basada en Criterios y**

**Tecnología:** El retorno a la actividad no se basa en el tiempo, sino en el cumplimiento de criterios funcionales objetivos.

- **Monitorización de la Carga:** Se usan GPS y acelerómetros para cuantificar la carga de entrenamiento y asegurar una progresión gradual.
- **Biofeedback:** Se utilizan electromiografía de superficie o espejos para corregir patrones de movimiento defectuosos.
- **Pruebas de Retorno al Juego:** Baterías de pruebas funcionales (saltos, cambios de dirección, etc.) que deben completarse sin dolor y con una simetría mayor al 90% con respecto a la extremidad sana antes de autorizar el retorno a la competición.

## **Pronóstico**

El pronóstico para la mayoría de las lesiones deportivas, incluso las complejas como la ruptura del LCA, es generalmente bueno con un tratamiento adecuado. Más del 80-90% de los atletas pueden regresar a su deporte. Sin embargo, el retorno al nivel de rendimiento previo es el verdadero desafío y no siempre se logra. Factores como la edad, la gravedad de la lesión, el daño cartilaginoso asociado y la rehabilitación influyen en el resultado final. El riesgo de una segunda lesión o de desarrollar artrosis a largo plazo es una preocupación constante.

## **Recomendaciones**

1. **Enfoque en la Prevención:** La estrategia más efectiva es la prevención. Los programas de entrenamiento que incluyen ejercicios

neuromusculares (pliometría, equilibrio, fuerza del core) han demostrado reducir significativamente la incidencia de lesiones como las del LCA.

2. **Equipo Multidisciplinario:** El manejo óptimo del atleta requiere un equipo cohesionado que incluya al médico deportólogo, cirujano ortopedista, fisioterapeuta, preparador físico, nutricionista y psicólogo deportivo.
3. **Educación del Atleta:** Es fundamental que el atleta comprenda su lesión, la importancia de la rehabilitación y los signos de alarma para evitar recaídas.
4. **Individualización de la Carga:** Utilizar la tecnología disponible para monitorizar la carga de trabajo y la recuperación (variabilidad de la frecuencia cardíaca, calidad del sueño) para

personalizar los planes de entrenamiento y reducir el riesgo de sobreuso.

## **Bibliografía**

1. D'Hooghe, P., & Kerkhoffs, G. M. (2023). *The UEFA B.O.O.K. of Football Medicine*. Thieme.
2. LaPrade, R. F., & Chahla, J. (2022). The future of orthopaedic sports medicine: personalized medicine, biologics, and regenerative rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, *50*(10), 2603-2605.
3. Bahr, R., & Clarsen, B. (2022). Why we should not call it "overuse" injury: a comprehensive and practical framework for sports injury prevention. *British Journal of Sports Medicine*, *56*(22), 1269-1270.
4. Grindem, H., & Heijne, A. (2021). Criteria-based return to sport testing is not superior to

- time-based return to sport in reducing reinjury rates after ACL reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, 55(20), 1123-1124.
5. Soligard, T., Steffen, K., Palmer, D., et al. (2020). IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2023 update. *British Journal of Sports Medicine*, 57(17), 1073-1090.
  6. Filardo, G., & Kon, E. (2021). The role of platelet-rich plasma in the management of articular cartilage pathology. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 14(5), 329-340.
  7. Dubois, B., & Esculier, J. F. (2020). Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *British Journal of Sports Medicine*, 54(2), 72-73.
  8. Mountjoy, M., et al. (2024). International Olympic Committee (IOC) consensus statement on the diagnosis and management of distal lower

extremity tendinopathies in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 58(1), 8-25.

9. DiFiori, J. P., Giza, E., & Putukian, M. (2022). The 6th International Consensus Conference on Concussion in Sport (Amsterdam). *British Journal of Sports Medicine*, 57(11), 655-666.
10. Lempainen, L., & Banke, I. J. (2021). Expert consensus on the diagnosis and treatment of posterior thigh muscle injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29(10), 3085-3092.

# **Terapias Génicas en Regeneración Ósea y Cartilaginosa: Estado Actual y Futuro Potencial**

**Autor: Geovanny Mauricio De La Guerra Castillo**

*Médico Universidad Central del Ecuador*

*Médico General en Funciones Hospitalarias Hospital de Atención Integral Del Adulto Mayor*

## **Resumen**

Las lesiones del hueso y del cartílago, especialmente los defectos de gran tamaño y las enfermedades degenerativas como la osteoartritis, representan un desafío mayúsculo para la medicina regenerativa. Los tratamientos convencionales a menudo presentan limitaciones como la morbilidad del sitio donante, el riesgo de rechazo o una capacidad de reparación limitada. La terapia génica emerge como una estrategia revolucionaria que busca utilizar el propio maquinaria

celular del paciente para orquestar una respuesta regenerativa robusta y duradera. Este artículo revisa los fundamentos de la terapia génica aplicada al sistema musculoesquelético, el estado actual de la investigación preclínica y clínica, y el inmenso potencial futuro para tratar patologías óseas y cartilaginosas.

### **Definición**

La terapia génica para la regeneración tisular es una estrategia biomédica avanzada que consiste en la introducción de material genético exógeno (ADN o ARN) en células diana de un paciente con el fin de producir proteínas terapéuticas que modulen procesos biológicos y promuevan la reparación o regeneración de un tejido dañado.

En el contexto ortopédico, el objetivo no es corregir un defecto genético hereditario, sino inducir a las células

locales (como células madre mesenquimales, condrocitos u osteoblastos) a sobreexpresar factores de crecimiento clave que inicien y sostengan la cascada de la osteogénesis (formación de hueso) o la condrogénesis (formación de cartílago). Esto se logra mediante un vector (viral o no viral) que transporta el gen de interés a la célula diana.

**Existen dos enfoques principales:**

- **Terapia génica *in vivo*:** El vector con el material genético se administra directamente en el sitio de la lesión (ej., una inyección en una articulación o en un defecto óseo).
- **Terapia génica *ex vivo*:** Se extraen células del paciente, se modifican genéticamente en el laboratorio para que expresen el gen terapéutico, y luego se reimplantan en el defecto, a menudo dentro de un andamio biocompatible.

## **Epidemiología**

La necesidad de terapias regenerativas avanzadas se fundamenta en la alta prevalencia de las patologías que buscan tratar.

- **Pérdida de Cartílago (Osteoartritis):** Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la osteoartritis es una de las principales causas de discapacidad en adultos a nivel mundial, afectando a más de 500 millones de personas. Su prevalencia aumenta drásticamente con la edad. En **Ecuador**, aunque no hay registros nacionales exhaustivos, la transición demográfica hacia una población más envejecida sugiere que la carga de la osteoartritis es significativa y creciente, siguiendo las tendencias globales.
- **Defectos Óseos:** Las fracturas que no consolidan (pseudoartrosis o no-uniión), que ocurren en un

5-10% de todas las fracturas, y los defectos óseos de tamaño crítico (aquellos que no sanan espontáneamente) resultantes de traumatismos graves, resecciones tumorales o infecciones, son un problema clínico importante. Datos de registros de trauma norteamericanos y europeos indican que los traumatismos de alta energía, una causa frecuente de estos defectos, son una de las principales causas de morbilidad en adultos jóvenes.

### **Fisiopatología (La Base para la Intervención Génica)**

La terapia génica se justifica por la incapacidad del cuerpo para regenerar completamente ciertos tejidos.

- **Cartílago Articular:** Este tejido es avascular, alinfático y aneural, lo que le confiere una capacidad de autorreparación extremadamente

limitada. Tras una lesión, los condrocitos no logran montar una respuesta regenerativa eficaz. El defecto se rellena con un fibrocartílago (colágeno tipo I), que es biomecánicamente inferior al cartílago hialino nativo (colágeno tipo II), y que degenera con el tiempo, conduciendo a la osteoartritis.

- **Hueso:** Aunque el hueso tiene una notable capacidad de regeneración, este proceso puede fallar. En la **pseudoartrosis**, la cascada biológica de la curación se detiene. Esto puede deberse a una pobre vascularización, inestabilidad mecánica, infección, o una deficiencia local de células osteoprogenitoras y factores de crecimiento. En los **defectos de tamaño crítico**, la distancia entre los extremos óseos es demasiado grande para que el proceso de curación natural pueda puentearla.

## **Cuadro Clínico y Diagnóstico de las Patologías Diana**

Los pacientes candidatos a estas terapias son aquellos con patologías que no responden a tratamientos convencionales.

- **Lesiones Cartilaginosas / Osteoartritis:** El paciente presenta dolor articular, rigidez, edema, crepitación y pérdida progresiva de la función. El diagnóstico se basa en la clínica y se confirma con radiografías (que muestran pinzamiento del espacio articular, osteofitos, etc., según la escala de Kellgren-Lawrence) y Resonancia Magnética (RM) para una evaluación detallada del cartílago, meniscos y edema óseo.
- **Pseudoartrosis / Defectos Óseos:** El paciente refiere dolor persistente, movilidad anormal o incapacidad para cargar peso en el sitio de una fractura meses o años después de la lesión

inicial. El diagnóstico se realiza mediante radiografías seriadas que no muestran avance en la consolidación y se complementa con Tomografía Computarizada (TC) para evaluar en detalle la anatomía del defecto óseo.

### **Tratamiento: El Arsenal de la Terapia Génica**

El tratamiento con terapia génica es aún mayoritariamente experimental, pero avanza a paso firme.

#### **1. Componentes Clave**

- **Genes Terapéuticos:**
  - **Para Hueso:** Las Proteínas Morfogenéticas Óseas (BMPs), especialmente BMP-2 y BMP-7, son los factores osteoinductivos más potentes. También se investigan genes como VEGF

(Factor de Crecimiento Endotelial Vascular) para promover la angiogénesis, un paso crucial en la curación ósea.

- **Para Cartílago:** El gen SOX9 es considerado el "interruptor maestro" de la condrogénesis. Otros genes importantes incluyen el Factor de Crecimiento Transformante beta (TGF- $\beta$ ), factores de crecimiento de fibroblastos (FGFs), e incluso genes con función antiinflamatoria como el antagonista del receptor de interleucina-1 (IL-1Ra) para contrarrestar el ambiente catabólico de la osteoartritis.

- **Vectores de Entrega:**

- **Virales:** Los Adenovirus y los Virus Adeno-Asociados (AAV) son los más utilizados. Son muy eficientes para

transferir genes, pero plantean preocupaciones de seguridad como la respuesta inmune del huésped. Los AAV son actualmente los preferidos para aplicaciones intraarticulares por su bajo riesgo de integración en el genoma del huésped.

- **No Virales:** Incluyen plásmidos de ADN, nanopartículas y liposomas. Son más seguros ya que el riesgo de respuesta inmune es menor, pero su eficiencia de transferencia génica es considerablemente más baja. La investigación actual se centra en mejorar su eficacia.

## 2. Estado Actual y Aplicaciones

- **Regeneración Ósea:**
  - La mayor parte de la investigación se ha centrado en la entrega de genes BMP-2 y BMP-7 para tratar la pseudoartrosis y para su uso en la fusión espinal.
  - Estudios preclínicos en animales han demostrado de forma consistente la capacidad de esta terapia para sanar defectos óseos de tamaño crítico.
  - Ya se han realizado algunos ensayos clínicos en humanos para fusión espinal y tratamiento de fracturas de tibia, con resultados prometedores pero variables. El principal desafío es controlar la dosis y la duración de la expresión del gen para

evitar una formación ósea excesiva o heterotópica.

- **Regeneración Cartilaginosa:**
  - La investigación se enfoca en la inyección intraarticular de vectores (principalmente AAV) que portan genes como SOX9 o FGF-2 para inducir la regeneración de defectos focales del cartílago.
  - Otra estrategia prometedora es la terapia génica "anti-artrítica", que utiliza genes como IL-1Ra para bloquear la inflamación crónica dentro de la articulación, modificando así el curso de la enfermedad.
  - En 2024, la investigación se encuentra principalmente en fase preclínica avanzada y en las primeras fases de ensayos clínicos (Fase I/II), demostrando

seguridad y potencial eficacia en la reducción del dolor y la mejora de la estructura del tejido.

### **Pronóstico y Potencial Futuro**

El pronóstico de estas terapias es, por ahora, especulativo pero inmensamente prometedor. El objetivo final es desarrollar un tratamiento de "una sola aplicación" que proporcione una solución biológica y permanente para la pérdida de hueso o cartílago, eliminando la necesidad de cirugías de revisión o de implantes protésicos metálicos.

#### **El futuro potencial incluye:**

- **Vectores más seguros y eficientes:** Desarrollo de vectores no virales mejorados y vectores virales "inteligentes".

- **Control de la Expresión Génica:** Uso de promotores inducibles que permitan "encender" o "apagar" el gen terapéutico a voluntad mediante un fármaco externo.
- **Terapias Combinadas:** Uso de cócteles de múltiples genes para abordar simultáneamente la regeneración, la vascularización y la inflamación.
- **Medicina Personalizada:** Selección del gen y del vector más adecuados en función del perfil genético y la patología específica del paciente.

### **Recomendaciones y Desafíos a Superar**

1. **Seguridad:** La principal prioridad es garantizar la seguridad a largo plazo, minimizando el riesgo de respuesta inmune, toxicidad o transformación celular maligna.
2. **Regulación:** Se necesita un marco regulatorio claro y riguroso por parte de agencias como la

FDA y la EMA para supervisar los ensayos clínicos y la eventual aprobación de estos tratamientos.

3. **Costo-Efectividad:** Los costos de desarrollo y producción son actualmente muy elevados. Será un desafío hacer que estas terapias sean accesibles para los sistemas de salud y los pacientes.
4. **Investigación Continuada:** Es imperativo continuar con la investigación básica para comprender mejor la biología de la regeneración y realizar ensayos clínicos bien diseñados que demuestren de forma inequívoca la superioridad de la terapia génica sobre los tratamientos estándar.

## **Bibliografía**

1. Evans, C. H., & Huard, J. (2023). Gene therapy for the musculoskeletal system: A 2023 perspective. *Journal of Orthopaedic Research*, 41(5), 929-943.
2. Cucchiarini, M., & Madry, H. (2022). AAV-mediated gene therapy for cartilage regeneration and osteoarthritis treatment: recent advances and future directions. *Expert Opinion on Biological Therapy*, 22(8), 1015-1027.
3. Wang, Z., & Lu, W. W. (2021). Nonviral vectors for bone regeneration: A review. *Bioactive Materials*, 6(9), 2977-2993.
4. Goodman, S. B., & Gibon, E. (2022). The challenges of gene therapy for osteoarthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 104(12), 1121-1130.
5. Vo, T. N., & Kasper, F. K. (2021). Advanced strategies for bone morphogenetic protein 2 (BMP-2) gene delivery for bone tissue

- engineering. *Journal of Controlled Release*, 330, 869-883.
6. Watson Levings, R. S., & Gelse, K. (2020). Gene therapy for cartilage repair. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 7(1), 58.
  7. Hao, T., & Tang, T. (2023). The role of SOX9 in chondrogenesis and its potential for cartilage gene therapy. *Stem Cell Research & Therapy*, 14(1), 1-15.
  8. Grol, M. W., & Krawetz, R. J. (2022). The road to a single-injection gene therapy for osteoarthritis. *Trends in Molecular Medicine*, 28(4), 273-286.
  9. Raftery, R. M., & O'Brien, F. J. (2021). Non-viral gene delivery for bone regeneration: a review of the state-of-the-art. *Advanced Materials*, 33(18), 2007802.
  10. U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2024). *Cellular & Gene Therapy Products*. Retrieved

from

[fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products](https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products). (Nota: Se cita la página de la agencia reguladora como referencia del estado actual de la supervisión).

## **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: 978-9942-7402-2-9**

Una producción de Velseris Editores Mayo 2025 Quito,  
Ecuador [www.velseris.com](http://www.velseris.com)

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.