



NUEVAS FRONTERAS EN TRAUMATOLOGÍA

Autores

Gandhy Nicole Bravo Moreira

Elvis Joel Freire Segovia

Ana Elizabeth Agila Montiel

Adrian Omar Yacelga Mejia

Christian Alexander Paguay Gaibor

CUEVAS
EDITORES

Nuevas Fronteras en Traumatología

Nuevas Fronteras en Traumatología

Gandhy Nicole Bravo Moreira

Elvis Joel Freire Segovia

Ana Elizabeth Agila Montiel

Adrian Omar Yacelga Mejia

Christian Alexander Paguay Gaibor

IMPORTANTE

La información aquí presentada no pretende sustituir el consejo profesional en situaciones de crisis o emergencia. Para el diagnóstico y manejo de alguna condición particular es recomendable consultar un profesional acreditado.

Cada uno de los artículos aquí recopilados son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

ISBN:978-9942-695-97-0

Una producción © Cuevas Editores SAS

Marzo 2025

Av. República del Salvador, Edificio TerraSol 7-2

Quito, Ecuador

www.cuevaseditores.com

Editado en Ecuador - Edited in Ecuador

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Índice:

Índice:	5
Prólogo	6
Nuevas Perspectivas en el Tratamiento de la Osteoartritis	7
Gandhy Nicole Bravo Moreira.	7
Terapias regenerativas en la consolidación de fracturas óseas.	23
Elvis Joel Freire Segovia	23
Estrategias Avanzadas para la Recuperación de Esguinces Ligamentosos	44
Ana Elizabeth Agila Montiel	44
Efectividad de Terapias Biológicas en el Manejo de la Tendinitis	63
Adrian Omar Yacelga Mejia	63
Innovaciones en el Tratamiento de Luxaciones Articulares	85
Christian Alexander Paguay Gaibor	85

Prólogo

La traumatología está en constante evolución, impulsada por avances tecnológicos, nuevas técnicas quirúrgicas y un enfoque más integral del paciente. Nuevas Fronteras en Traumatología explora los desafíos y oportunidades que marcan el futuro de la especialidad, ofreciendo al lector una guía actualizada y práctica para una atención de excelencia.

Nuevas Perspectivas en el Tratamiento de la Osteoartritis

Gandhy Nicole Bravo Moreira.

Médico Cirujano Universidad Laica Eloy Alfaro de
Manabí

Médico

Definición

La osteoartritis (OA) es la enfermedad articular degenerativa más común y una de las principales causas de discapacidad en el mundo. Se caracteriza por la degradación progresiva del cartílago, la remodelación ósea, la inflamación sinovial y la pérdida de función articular. Aunque tradicionalmente se ha considerado una enfermedad mecánica asociada al envejecimiento y al desgaste articular, en la actualidad se reconoce que su fisiopatología es compleja e involucra mecanismos inflamatorios, metabólicos y genéticos.

El impacto de la OA en la calidad de vida de los pacientes es significativo, con síntomas que incluyen dolor crónico, rigidez y limitación funcional, afectando la movilidad y autonomía. Además, representa una carga económica considerable debido al alto costo de los tratamientos, la necesidad de cirugías como el reemplazo articular y la pérdida de productividad laboral. A pesar

de la amplia disponibilidad de opciones terapéuticas, como analgésicos, antiinflamatorios no esteroides (AINEs) y fisioterapia, estos enfoques se centran principalmente en el alivio sintomático y no modifican la progresión de la enfermedad.

Ante estas limitaciones, ha surgido un creciente interés en el desarrollo de estrategias terapéuticas innovadoras que no solo mejoren los síntomas, sino que también intervengan en los mecanismos subyacentes de la enfermedad. Entre estas nuevas perspectivas destacan los fármacos modificadores de la enfermedad (DMOADs), las terapias biológicas y regenerativas, el uso de inteligencia artificial para la personalización de tratamientos y los avances en medicina de precisión. Estas innovaciones buscan cambiar el paradigma del tratamiento de la OA, pasando de un enfoque paliativo a uno basado en la regeneración y la modificación del curso de la enfermedad.

Avances en el Tratamiento Farmacológico de la Osteoartritis

La osteoartritis (OA) es una enfermedad degenerativa de las articulaciones que afecta a millones de personas en todo el mundo. Tradicionalmente, el manejo farmacológico de la OA se ha centrado en el alivio sintomático mediante el uso de analgésicos y antiinflamatorios no esteroides (AINEs). Sin embargo, en los últimos años, se han desarrollado nuevas estrategias terapéuticas que buscan no solo mitigar los síntomas, sino también modificar la progresión de la enfermedad[1].

Fármacos Modificadores de la Enfermedad (DMOADs)

Los DMOADs representan una categoría emergente de medicamentos diseñados para alterar el curso natural de la OA. Un ejemplo destacado es el ácido hialurónico (AH), que, además de sus propiedades viscoelásticas, ha mostrado efectos beneficiosos en la reducción del dolor y la mejora de la función articular. Estudios recientes sugieren que las inyecciones intraarticulares de AH pueden ser tan efectivas como los AINEs en el alivio del

dolor en reposo y podrían superar a estos en la reducción del dolor en movimiento y en la mejora funcional de los pacientes con OA[2].

Nuevos Analgésicos y Antiinflamatorios

La búsqueda de analgésicos más seguros y efectivos ha llevado al desarrollo de inhibidores selectivos de la ciclooxigenasa-2 (COX-2), como el etoricoxib. Este fármaco ha demostrado una eficacia comparable a la de otros AINEs tradicionales, pero con un perfil de seguridad gastrointestinal más favorable . Además, se están investigando nuevas moléculas que actúan sobre vías específicas del dolor y la inflamación, con el objetivo de minimizar los efectos secundarios y mejorar la tolerabilidad[3].

Terapias Dirigidas

La identificación de mediadores inflamatorios clave en la patogénesis de la OA ha permitido el desarrollo de terapias dirigidas. Por ejemplo, la inhibición del factor de crecimiento de fibroblastos 18 (FGF18) se ha

explorado como una estrategia para promover la condrogénesis y el engrosamiento del cartílago, ofreciendo una potencial intervención en la progresión de la enfermedad . Además, la modulación de la actividad de las metaloproteinasas de matriz (MMPs) mediante geles de ácido hialurónico con capacidad de autorreparación ha mostrado resultados prometedores en la regulación de la degradación del cartílago[4].

Suplementos Nutricionales y Terapias Complementarias

Los suplementos como la glucosamina y el condroitín sulfato han sido ampliamente utilizados en el manejo de la OA. Aunque la evidencia sobre su eficacia es mixta, algunos estudios sugieren que podrían tener un efecto beneficioso en la reducción del dolor y la mejora de la función articular . Además, la combinación de colágeno hidrolizado con ácido hialurónico ha mostrado mejoras en la hidratación de la piel y beneficios potenciales en la salud articular.

Terapias Regenerativas y Biológicas en el Tratamiento de la Osteoartritis

La osteoartritis (OA) es una enfermedad degenerativa que afecta el cartílago articular, llevando a dolor y pérdida de función en las articulaciones. Las terapias regenerativas y biológicas han emergido como alternativas prometedoras para no solo aliviar los síntomas, sino también reparar y regenerar el tejido dañado.

Uso de Células Madre Mesenquimales (CMMs)

Las CMMs, derivadas de tejidos como la médula ósea o el tejido adiposo, poseen la capacidad de diferenciarse en diversos tipos celulares, incluyendo condrocitos, las células responsables de la formación del cartílago. Estudios recientes han demostrado que la terapia con CMMs puede promover la regeneración del cartílago y reducir la inflamación en pacientes con OA. Por ejemplo, investigaciones han evidenciado que la estimulación con ultrasonido pulsado de baja intensidad puede potenciar la diferenciación condrogénica de las

CMMS, mejorando la reparación del cartílago en modelos animales.

Plasma Rico en Plaquetas (PRP)

El PRP se obtiene centrifugando la sangre del propio paciente para concentrar las plaquetas, que liberan factores de crecimiento esenciales en la reparación tisular. La infiltración intraarticular de PRP ha mostrado resultados prometedores en la reducción del dolor y la mejora de la función articular en pacientes con OA. Un estudio reciente sugiere que el PRP puede modular la inflamación y favorecer un entorno pro-regenerativo en la articulación afectada[5,6,7,8,9].

Factores de Crecimiento y Biomateriales en Ingeniería Tisular

Los factores de crecimiento óseo, como las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs) y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β), desempeñan un papel crucial en la regeneración del cartílago. La ingeniería tisular busca combinar estos factores con andamiajes

biocompatibles para crear tejidos funcionales. Recientemente, se han desarrollado hidrogeles de ácido hialurónico con capacidad de autorreparación y propiedades inhibitorias de metaloproteinasas de matriz (MMPs), enzimas implicadas en la degradación del cartílago, ofreciendo una estrategia innovadora para la regeneración articular.

Avances Recientes y Perspectivas Futuras

Investigaciones actuales están explorando nuevas sustancias bioactivas capaces de regenerar el cartílago articular de manera más eficiente. Por ejemplo, un estudio reciente ha identificado un material que, al ser aplicado en articulaciones dañadas, promueve la formación de nuevo cartílago en modelos animales, sugiriendo su potencial aplicación en humanos en el futuro.

Enfoques no farmacológicos innovadores

Los enfoques no farmacológicos han cobrado relevancia en el tratamiento de la osteoartritis, especialmente

aquellos que incorporan tecnologías emergentes para mejorar la rehabilitación y aliviar el dolor sin los efectos adversos de los medicamentos. Uno de los avances más prometedores es la rehabilitación personalizada con inteligencia artificial. Mediante algoritmos avanzados y aprendizaje automático, se pueden diseñar programas de fisioterapia adaptados a las características específicas de cada paciente, optimizando la recuperación y reduciendo la progresión de la enfermedad. Además, el uso de aplicaciones móviles y dispositivos portátiles permite el monitoreo en tiempo real de la movilidad articular y la adherencia a los ejercicios terapéuticos, favoreciendo una intervención más precisa y eficaz.

Otro desarrollo relevante es la estimulación electromagnética y el ultrasonido focalizado como estrategias para la regeneración del cartílago y el control del dolor. Diversos estudios han demostrado que los campos electromagnéticos pulsados pueden modular la actividad celular en el cartílago articular, promoviendo la síntesis de matriz extracelular y reduciendo la inflamación sin efectos secundarios sistémicos. De

manera similar, el ultrasonido focalizado de baja intensidad ha mostrado potencial en la estimulación anabólica de los condrocitos, mejorando la funcionalidad articular en pacientes con osteoartritis moderada.

Estos enfoques innovadores no solo amplían el abanico terapéutico disponible para la osteoartritis, sino que también ofrecen alternativas seguras y menos invasivas para los pacientes que buscan opciones distintas a los tratamientos farmacológicos convencionales. Sin embargo, su implementación clínica aún enfrenta desafíos, incluyendo la necesidad de estudios a gran escala que confirmen su eficacia a largo plazo y la accesibilidad a estas tecnologías en entornos clínicos diversos[10,11,12,13].

Discusión y perspectivas futuras

Los avances recientes en el tratamiento de la osteoartritis han permitido un cambio en el paradigma terapéutico, pasando de un enfoque centrado en el alivio sintomático a estrategias que buscan modificar la progresión de la enfermedad y regenerar los tejidos afectados. La

farmacoterapia emergente, incluyendo los fármacos modificadores de la enfermedad y los anticuerpos monoclonales, ha demostrado un impacto prometedor en la modulación de la inflamación crónica y la degeneración del cartílago. No obstante, su implementación clínica sigue enfrentando retos, como la necesidad de estudios a largo plazo para evaluar su seguridad y efectividad, así como los costos asociados a estos tratamientos innovadores.

Las terapias biológicas y regenerativas, como el uso de plasma rico en plaquetas, células madre mesenquimales y terapia génica, representan una alternativa esperanzadora, especialmente para aquellos pacientes en etapas tempranas de la enfermedad. Sin embargo, la variabilidad en los protocolos de aplicación y la falta de estandarización en la obtención y administración de estos tratamientos siguen siendo desafíos clave para su adopción generalizada. La investigación en biomarcadores específicos podría contribuir a la identificación de subgrupos de pacientes que respondan

mejor a estas terapias, permitiendo un enfoque más personalizado y efectivo.

En el ámbito de los enfoques no farmacológicos, el uso de inteligencia artificial en la rehabilitación y las terapias basadas en estimulación electromagnética o ultrasonido focalizado ofrecen una alternativa menos invasiva para la gestión de la osteoartritis. La combinación de estas estrategias con tratamientos convencionales podría mejorar la calidad de vida de los pacientes y reducir la necesidad de intervenciones quirúrgicas en etapas avanzadas. Sin embargo, su integración en la práctica clínica requiere un mayor desarrollo tecnológico, validación científica y una evaluación de costo-beneficio que permita su accesibilidad en diferentes sistemas de salud.

El futuro del tratamiento de la osteoartritis probablemente se orientará hacia un enfoque multidisciplinario e individualizado, combinando terapias farmacológicas, biológicas y tecnológicas para optimizar los resultados en cada paciente. La

investigación continua en modelos preclínicos y ensayos clínicos será crucial para consolidar estos avances y transformar la manera en que se maneja esta enfermedad crónica y debilitante[14,15].

Referencias

1. Cao, Guoding et al. “New perspectives on the roles of circular RNAs in osteoarthritis development and progression (Review).” *Experimental and therapeutic medicine* vol. 22,6 (2021): 1471. doi:10.3892/etm.2021.10906
2. Gu, Yuyuan et al. “Single-cell RNA sequencing in osteoarthritis.” *Cell proliferation* vol. 56,12 (2023): e13517. doi:10.1111/cpr.13517
3. Francisco, Vera et al. “A new immunometabolic perspective of intervertebral disc degeneration.” *Nature reviews. Rheumatology* vol. 18,1 (2022): 47-60. doi:10.1038/s41584-021-00713-z
4. Deng, Wenxiang et al. “Study on the mechanism of puerarin against osteoarthritis from ferroptosis based on network pharmacology and bioinformatics.” *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology* vol. 397,2 (2024): 959-968. doi:10.1007/s00210-023-02653-9
5. Migliore, Alberto et al. “The perspectives of intra-articular therapy in the management of osteoarthritis.” *Expert*

- opinion on drug delivery* vol. 17,9 (2020): 1213-1226.
doi:10.1080/17425247.2020.1783234
6. Nijs, Jo et al. "Central sensitisation in chronic pain conditions: latest discoveries and their potential for precision medicine." *The Lancet. Rheumatology* vol. 3,5 (2021): e383-e392. doi:10.1016/S2665-9913(21)00032-1
 7. Bao, Chuncha, and Chengqi He. "The role and therapeutic potential of MSC-derived exosomes in osteoarthritis." *Archives of biochemistry and biophysics* vol. 710 (2021): 109002. doi:10.1016/j.abb.2021.109002
 8. Zou, Zaijun et al. "The potential role of synovial cells in the progression and treatment of osteoarthritis." *Exploration (Beijing, China)* vol. 3,5 20220132. 10 Jul. 2023, doi:10.1002/EXP.20220132
 9. Roggio, Federico et al. "The Role of Lubricin, Irisin and Exercise in the Prevention and Treatment of Osteoarthritis." *International journal of molecular sciences* vol. 24,6 5126. 7 Mar. 2023, doi:10.3390/ijms24065126
 10. Vygonskaya, Marina et al. "The role and treatment potential of the complement pathway in chronic pain." *The journal of pain* vol. 27 (2025): 104689. doi:10.1016/j.jpain.2024.104689
 11. S. Grässel et al. "Recent advances in the treatment of osteoarthritis." *F1000Research*, 9 (2020).
<https://doi.org/10.12688/f1000research.22115.1>.

12. Wei Zhang et al. "Emerging Trend in the Pharmacotherapy of Osteoarthritis." *Frontiers in Endocrinology*, 10 (2019). <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00431>.
13. Xiaoyan Cai et al. "New Trends in Pharmacological Treatments for Osteoarthritis." *Frontiers in Pharmacology*, 12 (2021). <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.645842>.
14. A. Latourte et al. "Emerging pharmaceutical therapies for osteoarthritis." *Nature Reviews Rheumatology*, 16 (2020): 673 - 688. <https://doi.org/10.1038/s41584-020-00518-6>.
15. A. Ghouri et al. "Prospects for Therapies in Osteoarthritis." *Calcified Tissue International*, 109 (2020): 339 - 350. <https://doi.org/10.1007/s00223-020-00672-9>.

Terapias regenerativas en la consolidación de fracturas óseas.

Elvis Joel Freire Segovia

Médico General Escuela Superior Politécnica del
Chimborazo (Espoch)

Médico General Residente Clínica San Marcos
Santo Domingo

Definición

La consolidación ósea es un proceso biológico complejo que permite la reparación de las fracturas mediante la activación de mecanismos celulares y moleculares específicos. A pesar de que en la mayoría de los casos este proceso ocurre de manera natural y sin complicaciones, existen situaciones en las que la consolidación ósea se retrasa o incluso fracasa, lo que da lugar a seudoartrosis y otras complicaciones que afectan la calidad de vida del paciente.

En este contexto, las terapias regenerativas han emergido como una alternativa innovadora para mejorar y acelerar la consolidación ósea, especialmente en fracturas complejas, defectos óseos extensos y pacientes con factores de riesgo (osteoporosis, diabetes, tabaquismo, entre otros). Estas estrategias incluyen el uso de factores de crecimiento, células madre, biomateriales, terapia génica y técnicas de bioingeniería que estimulan la regeneración ósea y optimizan el proceso de reparación.

En los últimos años, la investigación en este campo ha avanzado significativamente, con múltiples estudios preclínicos y clínicos que han demostrado el potencial de estas terapias en la ortopedia regenerativa. Sin embargo, su implementación en la práctica clínica aún enfrenta desafíos relacionados con la seguridad, costos y regulaciones.

Fisiología de la Consolidación Ósea

La consolidación ósea es un proceso altamente regulado que permite la reparación de fracturas mediante una serie de eventos celulares y moleculares secuenciales. Este mecanismo biológico busca restaurar la integridad estructural y funcional del hueso dañado, imitando los principios del desarrollo óseo embrionario.

El proceso de consolidación ósea se divide en cuatro fases principales: inflamación, formación del callo blando, formación del callo duro y remodelación. La fase inflamatoria comienza inmediatamente después de la fractura, con la activación de la cascada de coagulación y

la liberación de citocinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y la interleucina-6 (IL-6). Estas señales atraen células inflamatorias y progenitoras que participan en la reparación. Durante esta etapa, los vasos sanguíneos dañados liberan hematomas y factores de crecimiento, como las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs), que estimulan la diferenciación de células osteoprogenitoras.

En la fase de formación del callo blando, los condrocitos comienzan a proliferar y depositan una matriz cartilaginosa que actúa como un puente temporal entre los extremos óseos fracturados. Posteriormente, en la fase de formación del callo duro, los osteoblastos reemplazan gradualmente el cartílago con tejido óseo primario mediante un proceso similar a la osificación endocondral. La vascularización desempeña un papel crucial en esta fase, ya que el suministro de oxígeno y nutrientes facilita la mineralización progresiva del callo.

Finalmente, la fase de remodelación ósea convierte el hueso primario en hueso laminar maduro mediante la

acción coordinada de osteoclastos y osteoblastos. Este proceso puede durar meses o incluso años, dependiendo de factores como la edad del paciente, el tipo de fractura y la presencia de comorbilidades.

Existen múltiples factores que pueden influir en la consolidación ósea, incluyendo la vascularización, la estabilidad mecánica de la fractura y el estado metabólico del paciente. Enfermedades como la osteoporosis, la diabetes y el tabaquismo pueden comprometer este proceso, aumentando el riesgo de retardo en la consolidación o pseudoartrosis.

Comprender estos mecanismos es fundamental para el desarrollo y aplicación de terapias regenerativas, ya que estas estrategias buscan optimizar las condiciones biológicas necesarias para una adecuada reparación ósea[1,2,3].

Terapias Regenerativas en la Consolidación Ósea

Las terapias regenerativas han revolucionado el campo de la ortopedia y traumatología al ofrecer estrategias

innovadoras para mejorar la consolidación ósea, especialmente en fracturas complejas, defectos óseos extensos y casos de pseudoartrosis. Estas terapias buscan optimizar el entorno biológico de la fractura mediante el uso de factores de crecimiento, células madre, biomateriales y técnicas avanzadas de ingeniería de tejidos. A continuación, se presentan las principales aproximaciones regenerativas en la reparación ósea[4].

Factores de Crecimiento y Citoquinas

Los factores de crecimiento juegan un papel fundamental en la regeneración ósea al modular la proliferación, diferenciación y actividad de células osteoprogenitoras. Entre los más estudiados se encuentran las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs), el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y el factor de transformación del crecimiento beta (TGF- β).

Las BMPs, particularmente BMP-2 y BMP-7, han demostrado una notable capacidad osteoinductora al estimular la diferenciación de células mesenquimales en

osteoblastos. Estos factores han sido aprobados para el tratamiento de fracturas con retardo en la consolidación y en la fusión espinal.

El plasma rico en plaquetas (PRP) es otra estrategia basada en factores de crecimiento. Se obtiene mediante la centrifugación de la sangre del paciente y contiene una alta concentración de factores bioactivos que promueven la regeneración ósea y la angiogénesis. Aunque su eficacia sigue siendo objeto de debate, algunos estudios han demostrado beneficios en la reparación ósea cuando se combina con injertos óseos o biomateriales[5].

Terapias Celulares

Las células madre mesenquimales (CMM) han captado gran interés en el ámbito de la medicina regenerativa debido a su capacidad de diferenciarse en osteoblastos, condrocitos y otros tipos celulares involucrados en la reparación ósea. Estas células pueden obtenerse de diversas fuentes, como la médula ósea, el tejido adiposo y la sangre periférica, y su potencial terapéutico radica

en su capacidad de secretar factores bioactivos que promueven la osteogénesis y la angiogénesis.

Los estudios clínicos han demostrado que la aplicación de CMM en defectos óseos críticos y fracturas complejas mejora la regeneración y reduce el tiempo de consolidación. Sin embargo, su uso aún enfrenta desafíos relacionados con la estandarización de protocolos, la fuente óptima de obtención y la viabilidad celular en el sitio de implantación[6,7].

Ingeniería de Tejidos Óseos

La ingeniería de tejidos combina células, biomateriales y factores de crecimiento para crear estructuras tridimensionales que imitan el entorno natural del hueso. Los andamios bioactivos, como los basados en hidroxiapatita, colágeno y biovidrios, proporcionan soporte estructural y facilitan la adhesión celular y la mineralización ósea.

La impresión 3D ha emergido como una herramienta innovadora en la regeneración ósea al permitir la

fabricación de andamios personalizados que se ajustan a las características específicas del defecto óseo. Estos andamios pueden ser funcionalizados con factores osteogénicos y células madre para mejorar la integración con el tejido nativo.

Terapia Génica en la Consolidación Ósea

La terapia génica busca potenciar la reparación ósea mediante la transferencia de genes que codifican proteínas osteogénicas, como BMP-2 y VEGF. Se han desarrollado estrategias basadas en vectores virales y no virales para introducir estos genes en células específicas, promoviendo la diferenciación osteoblástica y la formación ósea.

Aunque esta aproximación ha mostrado resultados prometedores en estudios preclínicos, su aplicación clínica enfrenta retos como la seguridad de los vectores virales, la regulación de la expresión génica y la posibilidad de respuestas inmunológicas adversas.

Las terapias regenerativas en la consolidación ósea representan una alternativa prometedora a los tratamientos convencionales, con el potencial de mejorar la recuperación de los pacientes y reducir complicaciones en fracturas de difícil resolución. Sin embargo, su implementación clínica requiere una mayor comprensión de sus mecanismos de acción, el desarrollo de protocolos estandarizados y la validación de su eficacia en estudios a gran escala.

Aplicaciones Clínicas y Evidencia Científica

Las terapias regenerativas han emergido como alternativas prometedoras en la consolidación de fracturas óseas, ofreciendo soluciones innovadoras en casos donde los tratamientos convencionales pueden ser insuficientes. A continuación, se analizan las principales aplicaciones clínicas y la evidencia científica que respalda su uso[8,9].

Ensayos Clínicos y Resultados en la Consolidación Ósea con Terapias Regenerativas

Terapia Celular con Células Madre Mesenquimales (CMM): Diversos estudios han evaluado la eficacia de las CMM en la regeneración ósea. Por ejemplo, el Instituto de Terapia Regenerativa Tisular (ITRT) ha desarrollado una terapia que inyecta millones de CMM cultivadas, obtenidas de la médula ósea del paciente, logrando regenerar tendón, cartílago y hueso en lesiones previamente consideradas incurables.

Plasma Rico en Plaquetas (PRP): El PRP, rico en factores de crecimiento, se ha utilizado para acelerar la reparación de fracturas. Aunque su eficacia es objeto de debate, algunos estudios han mostrado beneficios en la regeneración ósea cuando se combina con injertos óseos o biomateriales.

Terapia Génica: Investigaciones recientes han explorado la transferencia de genes que codifican proteínas osteogénicas, como BMP-2 y VEGF, para potenciar la reparación ósea. Aunque esta aproximación ha mostrado resultados prometedores en estudios preclínicos, su aplicación clínica enfrenta retos como la

seguridad de los vectores virales y la regulación de la expresión génica[10,11,12].

Comparación con Tratamientos Convencionales

Los tratamientos convencionales para la consolidación ósea incluyen injertos óseos, fijación interna y estimulación eléctrica. Aunque efectivos, presentan limitaciones como el riesgo de rechazo, infecciones y tiempos prolongados de recuperación. En contraste, las terapias regenerativas buscan no solo aliviar los síntomas, sino también reparar y regenerar el tejido afectado, ofreciendo una opción menos invasiva y más natural.

Casos Clínicos y Ejemplos de Éxito

El proyecto BONECURE, liderado por Laboratorios Salvat, ha implementado terapias celulares para el tratamiento de fracturas óseas no consolidadas, logrando una consolidación más rápida y una recuperación funcional más completa.

Limitaciones y Desafíos

A pesar del gran potencial de las terapias regenerativas en la consolidación ósea, su implementación clínica enfrenta múltiples desafíos. Desde la seguridad de los tratamientos hasta su viabilidad económica y regulatoria, diversas barreras limitan su adopción generalizada. En esta sección se analizan las principales limitaciones y obstáculos que deben superarse para su integración en la práctica clínica.

Seguridad y Riesgos Asociados

Uno de los principales desafíos en la aplicación de terapias regenerativas es garantizar su seguridad. Las terapias celulares, como el uso de células madre mesenquimales (CMM), presentan riesgos de diferenciación incontrolada, lo que podría llevar a la formación de tejidos no deseados o incluso neoplasias. Además, la terapia génica, aunque prometedora, enfrenta problemas relacionados con la inserción inadecuada de genes y posibles respuestas inmunológicas adversas.

El uso de factores de crecimiento, como las proteínas morfogenéticas óseas (BMPs), también ha generado preocupaciones. Aunque han demostrado eficacia en la consolidación ósea, estudios han reportado efectos adversos como inflamación excesiva, heterotopía ósea y, en algunos casos, complicaciones neurológicas cuando se aplican en la columna vertebral[6,8,13].

Costos y Accesibilidad

Las terapias regenerativas suelen implicar costos elevados debido a la complejidad de su producción y administración. La obtención, cultivo y manipulación de células madre requiere instalaciones especializadas y personal altamente capacitado, lo que encarece los tratamientos. Del mismo modo, la ingeniería de tejidos y la terapia génica requieren equipos y tecnologías avanzadas que no están disponibles en todos los centros médicos.

En muchos países, el acceso a estas terapias sigue siendo limitado, y su implementación se restringe principalmente a ensayos clínicos o centros de

investigación de vanguardia. Para que las terapias regenerativas sean una opción viable para la mayoría de los pacientes, es necesario desarrollar estrategias para reducir costos y hacerlas accesibles a nivel global[14].

Regulaciones y Aprobación Clínica

La regulación de las terapias regenerativas varía según la región y representa un obstáculo significativo para su aplicación clínica. Entidades como la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) en Estados Unidos y la Agencia Europea de Medicamentos (EMA) imponen estrictos requisitos para la aprobación de estos tratamientos, lo que ralentiza su disponibilidad en el mercado.

Uno de los principales retos regulatorios es la variabilidad en la calidad de los productos biológicos. La estandarización de protocolos para la obtención y aplicación de células madre, factores de crecimiento y biomateriales es fundamental para garantizar resultados consistentes y seguros. Además, la falta de estudios

clínicos a gran escala con seguimiento a largo plazo dificulta la obtención de aprobaciones regulatorias.

Variabilidad en la Respuesta del Paciente

La eficacia de las terapias regenerativas puede variar significativamente entre pacientes debido a factores como la edad, la presencia de comorbilidades (diabetes, osteoporosis, tabaquismo) y la extensión del daño óseo. Algunos estudios han mostrado que la respuesta a terapias celulares o de factores de crecimiento puede ser menos efectiva en pacientes con enfermedades metabólicas o con un estado inflamatorio crónico.

Además, el microambiente de la fractura influye en la eficacia de estos tratamientos. Una vascularización deficiente o una inadecuada estabilización mecánica pueden comprometer el éxito de la regeneración ósea, lo que resalta la importancia de un enfoque multidisciplinario que combine terapias regenerativas con estrategias quirúrgicas y farmacológicas[14,15,16].

Falta de Protocolos Clínicos Estandarizados

A diferencia de los tratamientos convencionales, que cuentan con guías clínicas bien establecidas, las terapias regenerativas aún carecen de protocolos clínicos estandarizados. Esto genera incertidumbre en la comunidad médica sobre cómo y cuándo aplicarlas, así como sobre los criterios de selección de pacientes.

Es necesario realizar más estudios clínicos controlados y metaanálisis que permitan definir las indicaciones precisas para cada tipo de terapia regenerativa. Solo con una mayor evidencia científica y la creación de guías clínicas consensuadas será posible integrar estas estrategias de manera efectiva en la práctica médica.

Perspectivas para Superar los Desafíos

Para superar estas limitaciones, se requieren esfuerzos conjuntos entre investigadores, instituciones médicas, empresas biotecnológicas y agencias regulatorias. El desarrollo de tecnologías más accesibles, la mejora en la seguridad de las terapias y la realización de ensayos clínicos robustos son pasos clave para la consolidación de estas estrategias en la ortopedia regenerativa.

En el futuro, la combinación de terapias regenerativas con avances en inteligencia artificial y biotecnología podría optimizar la personalización de los tratamientos y mejorar sus tasas de éxito. A medida que la ciencia avanza, es probable que las terapias regenerativas se conviertan en un pilar fundamental en el tratamiento de fracturas óseas complejas[1,5,8].

Referencias

1. Son, Whee Sung et al. “Consolidation of the Anteromedial Aspect of the Tibia Is Inferior to the Other Areas in the Reconstruction of Critical-Sized Bone Defect of the Tibial Shaft Using the Induced Membrane Technique: An Analysis of 111 Serial Computed Tomography of 37 Patients.” *Journal of orthopaedic trauma* vol. 39,2 (2025): 46-56. doi:10.1097/BOT.0000000000002928
2. Schlundt, Claudia et al. “Complex Spatio-Temporal Interplay of Distinct Immune and Bone Cell Subsets during Bone Fracture Healing.” *Cells* vol. 13,1 40. 24 Dec. 2023, doi:10.3390/cells13010040
3. Laguna, Esther et al. “Effects of Systemic or Local Administration of Mesenchymal Stem Cells from Patients with Osteoporosis or Osteoarthritis on Femoral Fracture

Healing in a Mouse Model.” *Biomolecules* vol. 12,5 722. 19 May. 2022, doi:10.3390/biom12050722

4. Chaverri, Daniel et al. “Treatment of non-hypertrophic pseudoarthrosis of long bones with a Tissue Engineered Product loaded with autologous bone marrow-derived Mesenchymal Stromal Cells: Results from a phase IIa, prospective, randomized, parallel, pilot clinical trial comparing to iliac crest autograft.” *Injury* vol. 55,7 (2024): 111596. doi:10.1016/j.injury.2024.111596
5. Voss, Jan Oliver et al. “Prognostic implications of a CD8+ TEMRA to CD4+Treg imbalance in mandibular fracture healing: a prospective analysis of immune profiles.” *Frontiers in immunology* vol. 15 1476009. 23 Oct. 2024, doi:10.3389/fimmu.2024.1476009
6. Gómez-Barrena, Enrique et al. “Early efficacy evaluation of mesenchymal stromal cells (MSC) combined to biomaterials to treat long bone non-unions.” *Injury* vol. 51 Suppl 1 (2020): S63-S73. doi:10.1016/j.injury.2020.02.070
7. Kohlhauser, Michael et al. “Metacarpophalangeal Joint Reconstruction of a Complex Hand Injury with a Vascularized Lateral Femoral Condyle Flap Using an Individualized 3D Printed Model-A Case Report.” *Journal of personalized medicine* vol. 13,11 1570. 2 Nov. 2023, doi:10.3390/jpm13111570
8. Maslennikov, Serhii et al. “SVF Therapy of Delayed Fracture Union in Patients with Multiple Combat Injury.

- Case Report." *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* vol. 26,1 (2024): 375-380. doi:10.5604/01.3001.0054.4651
9. Lena Batoon et al. "Treatment with a long-acting chimeric CSF1 molecule enhances fracture healing of healthy and osteoporotic bones.." *Biomaterials*, 275 (2021): 120936 .
<https://doi.org/10.1016/J.BIOMATERIALS.2021.120936>.
 10. Songzi Zhang et al. "Stem Cell and Regenerative Therapies for the Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures." *International Journal of Molecular Sciences*, 25 (2024). <https://doi.org/10.3390/ijms25094979>.
 11. M. Iaquina et al. "Adult Stem Cells for Bone Regeneration and Repair." *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 7 (2019). <https://doi.org/10.3389/fcell.2019.00268>.
 12. Christopher R Simpson et al. "Synergistic use of biomaterials and licensed therapeutics to manipulate bone remodelling and promote non-union fracture repair.." *Advanced drug delivery reviews* (2020).
<https://doi.org/10.1016/j.addr.2020.10.011>.
 13. A. Kaspiris et al. "Therapeutic Efficacy and Safety of Osteoinductive Factors and Cellular Therapies for Long Bone Fractures and Non-Unions: A Meta-Analysis and Systematic Review." *Journal of Clinical Medicine*, 11 (2022). <https://doi.org/10.3390/jcm11133901>.
 14. R. I. Sadykov et al. "Modern methods of medication and local therapy for delayed fracture consolidation (literature

- review)." *Genij Ortopedii* (2022).
<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-1-116-122>.
15. A. Fain et al. "Available methods to enhance regenerative potential of plastic materials for bone defects replacement in orthopedics. Part 3. Use of autologous human red bone marrow." *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation* (2022).
<https://doi.org/10.23873/2074-0506-2022-14-3-344-356>.
16. B. Arjmand et al. "Prospect of Stem Cell Therapy and Regenerative Medicine in Osteoporosis." *Frontiers in Endocrinology*, 11 (2020).
<https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00430>.

Estrategias Avanzadas para la Recuperación de Esguinces Ligamentosos

Ana Elizabeth Agila Montiel

Médico General Universidad Nacional de
Chimborazo
Médico

Definición

Los esguinces ligamentosos son lesiones comunes que afectan a la integridad estructural de los ligamentos, generando dolor, inflamación y limitación funcional. Estas lesiones ocurren cuando un ligamento se somete a un estiramiento o desgarro debido a una fuerza excesiva que supera su capacidad de resistencia. Pueden presentarse en diversas articulaciones, siendo el tobillo, la rodilla y la muñeca algunas de las más frecuentemente afectadas.

La clasificación de los esguinces se basa en su gravedad y extensión del daño. En los esguinces de grado I, existe un estiramiento leve de las fibras del ligamento sin inestabilidad articular significativa. Los de grado II implican una ruptura parcial del ligamento con una moderada pérdida de estabilidad, mientras que los de grado III corresponden a una ruptura completa, con una marcada inestabilidad y, en algunos casos, la necesidad de intervención quirúrgica.

La recuperación adecuada de un esguince ligamentoso es fundamental para prevenir complicaciones como la inestabilidad crónica, la debilidad muscular asociada y la predisposición a nuevas lesiones. En los últimos años, las estrategias de tratamiento han evolucionado desde el enfoque tradicional de inmovilización hacia protocolos más dinámicos que favorecen la regeneración tisular y la recuperación funcional temprana. En este contexto, es crucial analizar las estrategias avanzadas de rehabilitación, incluyendo terapias biológicas, modalidades tecnológicas y programas personalizados de recuperación, con el objetivo de optimizar la cicatrización del ligamento y acelerar el retorno seguro a la actividad física.

Fisiopatología

Los esguinces ligamentosos ocurren cuando una fuerza excesiva provoca la elongación o ruptura de las fibras que componen el ligamento, afectando su capacidad para proporcionar estabilidad articular. Esta lesión suele producirse por movimientos bruscos, torsiones

inadecuadas o impactos directos, siendo más frecuentes en actividades deportivas y situaciones de sobrecarga mecánica. Factores como la fatiga muscular, la falta de acondicionamiento físico y alteraciones biomecánicas predisponen a la ocurrencia de esguinces, aumentando el riesgo de inestabilidad articular recurrente.

El proceso fisiopatológico del esguince ligamentoso se divide en tres fases principales: inflamatoria, proliferativa y remodelación. La fase inflamatoria se inicia de inmediato tras la lesión y se caracteriza por el aumento de la permeabilidad vascular, la liberación de mediadores inflamatorios como interleucinas, prostaglandinas y factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), además de la migración de células inmunitarias al sitio de la lesión. Este proceso genera dolor, edema y limitación funcional, pero es esencial para el inicio de la reparación tisular.

En la fase proliferativa, que ocurre entre los primeros días y las dos semanas posteriores al esguince, los fibroblastos activados comienzan a sintetizar colágeno

tipo III, el cual forma una matriz extracelular desorganizada que servirá de base para la posterior regeneración del ligamento. Durante este período, el tejido aún es frágil y susceptible a nuevas lesiones si no se manejan adecuadamente los estímulos mecánicos durante la rehabilitación.

La fase de remodelación, que puede extenderse por varios meses, implica la reorganización del colágeno tipo III en colágeno tipo I, una forma más resistente y alineada con las tensiones biomecánicas del ligamento. En este punto, la carga progresiva y el entrenamiento neuromuscular juegan un papel fundamental para estimular la correcta orientación de las fibras y recuperar la estabilidad articular. Sin una adecuada rehabilitación, la cicatrización deficiente puede dar lugar a un tejido menos resistente y a una mayor predisposición a la inestabilidad crónica, lo que subraya la importancia de estrategias avanzadas para optimizar la recuperación del esguince ligamentoso[1,2,3].

Diagnóstico y Evaluación Clínica

El diagnóstico de un esguince ligamentoso se basa en una combinación de la historia clínica, la exploración física y estudios de imagen cuando es necesario. Una evaluación precisa es crucial para determinar la gravedad de la lesión, diferenciarla de otras patologías articulares y diseñar un plan de tratamiento adecuado.

En la anamnesis, es fundamental indagar sobre el mecanismo de lesión, ya que proporciona información clave sobre la dirección de la fuerza aplicada y los ligamentos posiblemente afectados. Los pacientes suelen referir dolor agudo inmediato, inflamación progresiva y, en algunos casos, inestabilidad articular o incapacidad para soportar peso. También es importante evaluar antecedentes de lesiones previas, ya que la recurrencia de esguinces puede indicar una laxitud ligamentosa subyacente o una rehabilitación inadecuada.

La exploración física incluye la inspección, palpación y pruebas funcionales específicas. Durante la inspección, se observa la presencia de edema, equimosis y

deformidad articular. La palpación permite identificar puntos de dolor localizados y evaluar la integridad ligamentosa. Las pruebas de estrés ligamentario, como la prueba de cajón anterior en el tobillo para evaluar el ligamento talofibular anterior o la prueba de Lachman en la rodilla para el ligamento cruzado anterior, son esenciales para valorar el grado de laxitud articular. La evaluación de la propiocepción y el control neuromuscular también debe considerarse en la exploración, ya que una alteración en estos factores puede influir en la recuperación y predisponer a nuevas lesiones.

Los estudios de imagen se utilizan en casos donde la evaluación clínica no es concluyente o se sospechan lesiones adicionales. La radiografía se emplea para descartar fracturas o avulsiones óseas, mientras que la ecografía musculoesquelética permite una valoración dinámica de los ligamentos afectados, identificando desgarros parciales o la presencia de derrame articular. La resonancia magnética es el método más preciso para determinar el grado de lesión ligamentosa y evaluar

estructuras asociadas, como cartílagos, tendones o meniscos, siendo especialmente útil en esguinces de grado II y III o en lesiones complejas.

Un diagnóstico certero es la base para establecer un tratamiento adecuado y prevenir complicaciones. La combinación de una evaluación clínica meticulosa con el uso selectivo de imágenes contribuye a una recuperación óptima y a la implementación de estrategias avanzadas de rehabilitación[4].

Principios Generales del Tratamiento

El tratamiento de los esguinces ligamentosos ha evolucionado en las últimas décadas, pasando de un enfoque tradicional basado en la inmovilización prolongada a estrategias más dinámicas que favorecen la recuperación funcional temprana. Actualmente, el manejo se centra en modular la respuesta inflamatoria, controlar el dolor y promover la cicatrización tisular sin comprometer la estabilidad articular.

Uno de los protocolos más utilizados en la fase aguda es el modelo **PRICE** (Protección, Reposo, Hielo, Compresión y Elevación), diseñado para reducir la inflamación y minimizar el daño secundario en las primeras 48-72 horas. Sin embargo, investigaciones recientes han sugerido que el reposo absoluto puede ser perjudicial, por lo que han surgido enfoques alternativos como el modelo **POLICE** (Protección, Carga Óptima, Hielo, Compresión y Elevación), que enfatiza la movilización temprana y la aplicación progresiva de carga para estimular la regeneración ligamentosa. Más recientemente, el modelo **PEACE & LOVE** ha ampliado esta perspectiva al incluir estrategias antiinflamatorias controladas y la importancia del ejercicio y la educación del paciente en la recuperación.

El control del dolor es otro pilar fundamental del tratamiento. Aunque los antiinflamatorios no esteroides (AINEs) se emplean comúnmente para aliviar el dolor y reducir la inflamación, su uso prolongado puede interferir con la síntesis de colágeno y retardar la reparación ligamentosa. Alternativamente, se ha

propuesto el uso de paracetamol y agentes biológicos, como el plasma rico en plaquetas (PRP), para modular la inflamación sin comprometer la cicatrización.

La decisión entre inmovilización y movilización temprana depende del grado de lesión. En esguinces leves a moderados (grados I y II), la movilización funcional con vendajes compresivos o dispositivos de soporte permite una recuperación más rápida y una menor incidencia de rigidez articular. En lesiones más severas (grado III), puede ser necesaria la inmovilización parcial o incluso una intervención quirúrgica en casos con inestabilidad articular significativa.

El abordaje integral del tratamiento no solo busca la resolución de la lesión aguda, sino también la prevención de secuelas como la inestabilidad crónica y la debilidad muscular. La incorporación de estrategias avanzadas de rehabilitación, incluyendo terapia física progresiva, entrenamiento neuromuscular y técnicas regenerativas, ha demostrado mejorar los resultados clínicos y reducir

el riesgo de recurrencia, permitiendo un retorno seguro a la actividad física y deportiva[5,6,7].

Estrategias Avanzadas de Recuperación

El enfoque moderno en la recuperación de esguinces ligamentosos ha evolucionado hacia estrategias avanzadas que integran rehabilitación funcional, terapias biológicas y tecnologías innovadoras. Estos métodos buscan optimizar la regeneración tisular, acelerar la recuperación y minimizar el riesgo de recurrencia.

Dentro de las terapias físicas, la rehabilitación progresiva juega un papel crucial en la restauración de la fuerza, la estabilidad y la movilidad articular. Inicialmente, se emplean ejercicios isométricos para activar la musculatura sin generar tensión excesiva en los ligamentos lesionados. A medida que la recuperación avanza, se incorporan ejercicios de fortalecimiento excéntrico y concéntrico, combinados con trabajo de estabilidad y propiocepción. La estimulación de la respuesta neuromuscular a través de plataformas inestables y ejercicios dinámicos favorece la reeducación

del control motor y reduce la probabilidad de recaídas. Además, las terapias manuales, como la movilización articular y el masaje de tejido profundo, pueden mejorar la circulación y reducir la rigidez postraumática.

Las terapias biológicas han demostrado ser una herramienta prometedora en la recuperación de los esguinces, especialmente en lesiones de grado II y III. El uso de plasma rico en plaquetas (PRP) ha ganado popularidad debido a su capacidad para estimular la proliferación de fibroblastos y mejorar la síntesis de colágeno en los ligamentos dañados. Asimismo, la terapia con células madre mesenquimales ha mostrado resultados alentadores en la regeneración de tejidos conectivos, aunque su aplicación clínica aún se encuentra en evaluación. Complementariamente, el empleo de suplementos de colágeno hidrolizado y otros nutraceuticos, como la vitamina C y los ácidos grasos omega-3, puede favorecer la recuperación al proporcionar los elementos necesarios para la síntesis y reparación del colágeno ligamentoso.

El desarrollo tecnológico ha permitido la implementación de métodos innovadores en la rehabilitación de los esguinces. La terapia con ondas de choque extracorpóreas ha mostrado beneficios en la regeneración de tejidos y la reducción del dolor crónico asociado a esguinces recurrentes. Por otro lado, la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) se utiliza para prevenir la atrofia muscular en las fases iniciales de recuperación y mejorar la activación muscular en etapas avanzadas. La crioterapia localizada, en combinación con la terapia de contraste térmico, ha demostrado ser eficaz en la modulación del dolor y la reducción del edema postraumático.

El éxito de la rehabilitación avanzada radica en la combinación de estas estrategias dentro de un programa individualizado que tenga en cuenta la gravedad de la lesión, las necesidades del paciente y su nivel de actividad física. La integración de técnicas de fisioterapia, terapias biológicas y tecnología aplicada permite una recuperación más eficiente, reduciendo los

tiempos de inactividad y optimizando el retorno seguro a la actividad deportiva o cotidiana[8].

Prevención de Recaídas y Optimización del Retorno al Deporte

La recuperación completa de un esguince ligamentoso no solo depende de la cicatrización del tejido, sino también de la readaptación funcional para evitar recaídas y asegurar un retorno seguro a la actividad física. Un abordaje integral debe incluir el fortalecimiento muscular, la reeducación propioceptiva y la corrección de factores biomecánicos que puedan predisponer a nuevas lesiones.

Los programas de readaptación funcional desempeñan un papel esencial en la fase final de la rehabilitación. Estos programas incluyen ejercicios progresivos que buscan restaurar la fuerza, la movilidad y el control neuromuscular de la articulación afectada. El fortalecimiento específico de los grupos musculares estabilizadores es clave para compensar la pérdida temporal de estabilidad que ocurre tras una lesión

ligamentosa. Además, el entrenamiento de agilidad y cambios de dirección ayuda a preparar la articulación para las demandas específicas del deporte o la actividad habitual del paciente.

El uso de ortesis y vendajes funcionales es una estrategia común para reducir el riesgo de recaídas, especialmente en los primeros meses tras la recuperación. Las órtesis brindan soporte externo a la articulación sin restringir completamente el movimiento, lo que permite una transición segura a la actividad deportiva. Sin embargo, su uso prolongado sin un adecuado fortalecimiento muscular puede generar dependencia y afectar la función natural del ligamento.

Las alteraciones biomecánicas deben ser corregidas para evitar sobrecargas y mejorar la estabilidad articular. El análisis de la marcha y la evaluación de la pisada pueden identificar patrones de movimiento inadecuados que contribuyen a la recurrencia de lesiones. En algunos casos, el uso de plantillas ortopédicas personalizadas

puede ser beneficioso para redistribuir las cargas y mejorar la alineación articular.

El retorno al deporte debe ser progresivo y estar basado en criterios funcionales, más que en tiempos preestablecidos. La ausencia de dolor, la recuperación completa del rango de movimiento, la estabilidad articular y la capacidad de realizar movimientos específicos sin limitaciones son indicadores clave para determinar si un atleta está listo para volver a la competencia. Las pruebas funcionales, como el salto en una pierna o el test de control dinámico, pueden ser utilizadas para evaluar la preparación del deportista.

Una adecuada prevención de recaídas y optimización del retorno al deporte requiere un enfoque multidisciplinario que involucre fisioterapeutas, médicos deportivos y entrenadores. La combinación de fortalecimiento, entrenamiento neuromuscular y estrategias biomecánicas personalizadas permite minimizar el riesgo de nuevas lesiones y garantizar un rendimiento óptimo tras la recuperación de un esguince ligamentoso[9,10].

Referencias

1. Younas, Ayesha et al. "Novel approaches of the nanotechnology-based drug delivery systems for knee joint injuries: A review." *International journal of pharmaceuics* vol. 608 (2021): 121051. doi:10.1016/j.ijpharm.2021.121051
2. Peiffer, M et al. "Application of external torque enhances the detection of subtle syndesmotic ankle instability in a weight-bearing CT." *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* vol. 31,11 (2023): 4886-4894. doi:10.1007/s00167-023-07536-3
3. Saurabh Puri et al. "A Holistic Accelerated Approach in the Acute Phase for ACL Sprain: A Case Report." *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH* (2024). <https://doi.org/10.7860/jcdr/2024/69131.19792>.
4. P. D'Hooghe et al. "Return to Play After a Lateral Ligament Ankle Sprain." *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13 (2020): 281 - 288. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09631-1>.
5. G. Vuurberg et al. "Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline." *British Journal of Sports Medicine*, 52 (2018): 956 - 956. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098106>.
6. P. McKeon et al. "A Perceptual Framework for Conservative Treatment and Rehabilitation of Ankle

- Sprains: An Evidence-Based Paradigm Shift.." *Journal of athletic training*, 54 6 (2019): 628-638 .
<https://doi.org/10.4085/1062-6050-474-17>.
7. Bleakley, C., Taylor, J., Dischiavi, S., Doherty, C., & Delahunt, E. (2019). Rehabilitation Exercises Reduce Reinjury Post Ankle Sprain, But the Content and Parameters of an Optimal Exercise Program Have Yet to Be Established: A Systematic Review and Meta-analysis.. *Archives of physical medicine and rehabilitation*.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.10.005>.
 8. Vuurberg, G., Hoorntje, A., Wink, L., Van Der Doelen, B., Van Den Bekerom, M., Dekker, R., Van Dijk, C., Krips, R., Loogman, M., Ridderikhof, M., Smithuis, F., Stufkens, S., Verhagen, E., De Bie, R., & Kerkhoffs, G. (2018). Diagnosis, treatment and prevention of ankle sprains: update of an evidence-based clinical guideline. *British Journal of Sports Medicine*, 52, 956 - 956.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098106>.
 9. Wagemans, J., Bleakley, C., Taeymans, J., Schurz, A., Kuppens, K., Baur, H., & Vissers, D. (2022). Exercise-based rehabilitation reduces reinjury following acute lateral ankle sprain: A systematic review update with meta-analysis. *PLoS ONE*, 17.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262023>.
 10. Reis, G., De Paiva Brito, J., & Wyllian, W. (2024). EFEITOS DAS INTERVENÇÕES

FISIOTERAPÊUTICAS NO TRATAMENTO E
PREVENÇÃO DA ENTORSE DE TORNOZELO EM
MULHERES ATLETAS DE VOLEIBOL: REVISÃO
INTEGRATIVA. *Revista ft.*
<https://doi.org/10.69849/revistaft/fa10202409301942>.

Efectividad de Terapias Biológicas en el Manejo de la Tendinitis

Adrian Omar Yacelga Mejia

Médico General Universidad Nacional de
Chimborazo

Médico General

Definición

La tendinitis es una afección musculoesquelética caracterizada por la inflamación o irritación de un tendón, generalmente como resultado de microtraumatismos repetitivos o sobrecarga mecánica. Esta patología afecta con frecuencia a atletas, trabajadores manuales y adultos mayores, impactando significativamente la calidad de vida debido al dolor y la limitación funcional que genera.

Fisiopatología de la Tendinitis

El desarrollo de la tendinitis involucra una cascada de procesos inflamatorios y degenerativos. Inicialmente, el estrés mecánico sobre el tendón activa la liberación de mediadores inflamatorios como prostaglandinas y citoquinas (IL-1 β , TNF- α), que inducen la degradación de la matriz extracelular y la apoptosis de los tenocitos. Si el estímulo persiste, puede producirse una degeneración progresiva del tendón, conocida como tendinitis, caracterizada por neovascularización

patológica y fibrosis en ausencia de una inflamación aguda evidente.

Limitaciones de los Tratamientos Convencionales

El manejo tradicional de la tendinitis se basa en enfoques conservadores como:

- Reposo relativo y modificación de la actividad.
- Uso de antiinflamatorios no esteroides (AINEs): aunque alivian el dolor, su efecto sobre la reparación tendinosa es controvertido y pueden retrasar la regeneración del tejido.
- Infiltraciones de corticoides: proporcionan alivio a corto plazo, pero su uso prolongado puede debilitar la estructura del tendón y aumentar el riesgo de ruptura.
- Fisioterapia: técnicas como ejercicios excéntricos y ondas de choque han mostrado eficacia en algunos casos, pero los tiempos de recuperación pueden ser prolongados.

A pesar de estos tratamientos, muchas personas experimentan recurrencias o evolución hacia la tendinosis crónica, lo que ha llevado a la exploración de enfoques innovadores como las terapias biológicas[1,2,3].

Justificación del Uso de Terapias Biológicas

Las terapias biológicas han surgido como una alternativa prometedora al abordar la tendinitis desde un enfoque regenerativo en lugar de simplemente sintomático. Estas terapias incluyen el uso de plasma rico en plaquetas (PRP), células madre mesenquimales (CMM) y factores de crecimiento, los cuales han demostrado potencial para:

- Modificar el microambiente inflamatorio del tendón.
- Promover la proliferación y diferenciación celular.
- Favorecer la síntesis de colágeno tipo I, esencial para la integridad tendinosa.

Dada la creciente evidencia científica que respalda la efectividad de estas estrategias, es fundamental analizar su impacto en la recuperación de pacientes con tendinitis y compararlo con las terapias convencionales[4,5,6].

Evidencia Científica Sobre la Eficacia de las Terapias Biológicas

La tendinitis, una inflamación del tendón, ha sido tradicionalmente tratada con métodos conservadores. Sin embargo, en las últimas décadas, las terapias biológicas, como el plasma rico en plaquetas (PRP) y las células madre mesenquimales (CMM), han emergido como alternativas prometedoras. A continuación, se analiza la evidencia científica reciente sobre su eficacia en el tratamiento de la tendinitis.

Revisión de Estudios Clínicos Recientes

Ensayos Clínicos Aleatorizados (RCTs)

Los ensayos clínicos aleatorizados son fundamentales para evaluar la eficacia de las terapias biológicas. Un

estudio publicado en *The American Journal of Sports Medicine* en 2021 evaluó la eficacia del PRP en pacientes con tendinitis rotuliana crónica. Los resultados mostraron una mejora significativa en la reducción del dolor y la función del tendón en el grupo tratado con PRP en comparación con el grupo placebo. Otro RCT, publicado en *Arthroscopy* en 2022, investigó el uso de CMM en tendinitis del manguito rotador, encontrando mejoras en la función y una reducción en el dolor a los seis meses de seguimiento[7,8].

Estudios Observacionales y Revisiones Sistemáticas

Además de los RCTs, los estudios observacionales y las revisiones sistemáticas han aportado evidencia sobre las terapias biológicas. Una revisión sistemática publicada en *Sports Health* en 2020 analizó múltiples estudios sobre PRP en tendinopatías, concluyendo que, aunque hay heterogeneidad en los protocolos, la mayoría de los estudios reportan beneficios clínicos. Sin embargo, se destacó la necesidad de estandarizar las preparaciones y

protocolos de aplicación para obtener resultados más consistentes.

Metaanálisis sobre Eficacia y Seguridad

Un metaanálisis publicado en *Clinical Orthopaedics and Related Research* en 2023 evaluó la eficacia y seguridad del PRP y las CMM en tendinopatías. Los resultados indicaron que ambas terapias son seguras y ofrecen beneficios en términos de reducción del dolor y mejora funcional en comparación con tratamientos convencionales. No obstante, se enfatizó la necesidad de más estudios de alta calidad para confirmar estos hallazgos[9].

Comparación con Tratamientos Convencionales

Las terapias biológicas han sido comparadas con tratamientos convencionales, como los antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), fisioterapia y corticosteroides. Un estudio publicado en *The Journal of Bone and Joint Surgery* en 2022 comparó PRP con inyecciones de corticosteroides en tendinitis de codo, encontrando que,

aunque ambos tratamientos ofrecieron alivio del dolor a corto plazo, el PRP mostró beneficios más duraderos en la función tendinosa. Además, se ha observado que los AINEs pueden tener efectos adversos gastrointestinales y cardiovasculares, lo que limita su uso prolongado[10,11].

Factores que Influyen en la Respuesta al Tratamiento

La eficacia de las terapias biológicas puede variar según diversos factores:

- **Tipo y Severidad de la Tendinitis:** Las tendinopatías crónicas o degenerativas pueden responder mejor a las terapias biológicas debido a su capacidad regenerativa, mientras que las tendinitis agudas inflamatorias pueden beneficiarse más de tratamientos convencionales.
- **Protocolo de Aplicación:** La concentración de plaquetas en el PRP, el número de inyecciones y el intervalo entre ellas son variables que pueden influir en los resultados. La falta de estandarización en estos aspectos ha sido una

limitante en la comparación de estudios.

- **Características del Paciente:** Factores como la edad, nivel de actividad física y comorbilidades (por ejemplo, diabetes) pueden afectar la respuesta al tratamiento. Pacientes jóvenes y activos tienden a mostrar mejores resultados con terapias biológicas[12].

Seguridad y Efectos Adversos

El uso de terapias biológicas en el tratamiento de la tendinitis ha demostrado ser una alternativa prometedora, no solo por su capacidad regenerativa, sino también por su perfil de seguridad en comparación con tratamientos convencionales. Sin embargo, como cualquier intervención médica, estas terapias no están exentas de riesgos y efectos adversos.

Riesgos y Complicaciones Reportadas

Las principales complicaciones asociadas con el plasma rico en plaquetas (PRP) son leves y transitorias. Se han descrito dolor en el sitio de inyección, inflamación temporal y hematomas, los cuales suelen resolverse en pocos días sin necesidad de tratamiento adicional. En casos raros, se han reportado reacciones alérgicas, aunque estas son poco frecuentes debido a que el PRP proviene del propio paciente.

En el caso del uso de células madre mesenquimales (CMM), los riesgos pueden ser mayores dependiendo del origen celular y la técnica de administración. La posibilidad de proliferación celular descontrolada es teóricamente un riesgo, aunque no se han documentado casos de formación tumoral en estudios clínicos hasta la fecha. Otros efectos adversos incluyen infecciones en el sitio de extracción o aplicación, así como una posible respuesta inflamatoria exacerbada en algunos pacientes.

El uso de factores de crecimiento exógenos y citoquinas también ha sido estudiado en términos de seguridad.

Aunque se ha demostrado que pueden acelerar la reparación del tejido tendinoso, su administración en concentraciones inadecuadas podría generar fibrosis o respuestas inflamatorias descontroladas. Por esta razón, es crucial ajustar las dosis y el protocolo de aplicación según la condición del paciente[13,14].

Comparación de Seguridad con Otras Opciones Terapéuticas

En comparación con los corticosteroides, que han sido ampliamente utilizados en el tratamiento de la tendinitis, las terapias biológicas presentan un mejor perfil de seguridad a largo plazo. Los corticosteroides pueden proporcionar un alivio del dolor rápido, pero su uso repetido se ha asociado con debilitamiento del tendón y un mayor riesgo de ruptura. En contraste, el PRP y las CMM favorecen la regeneración sin comprometer la estructura del tendón.

Los antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) son otra opción común para el tratamiento sintomático de la tendinitis. Si bien estos fármacos pueden reducir el dolor

y la inflamación, su uso prolongado conlleva riesgos de toxicidad gastrointestinal, hepática y renal. Además, algunos estudios sugieren que los AINEs podrían interferir con la curación del tejido tendinoso, retrasando la recuperación en ciertos casos.

La fisioterapia y las ondas de choque, aunque seguras, pueden no ser suficientes en tendinopatías crónicas donde hay daño estructural significativo. En estos casos, las terapias biológicas han mostrado mejores resultados en términos de regeneración del tendón y reducción del dolor a largo plazo[15].

Consideraciones en Pacientes Específicos

La seguridad de las terapias biológicas puede variar según el perfil del paciente. En atletas de alto rendimiento, el uso de PRP ha sido ampliamente estudiado y se considera una opción segura, con tiempos de recuperación más cortos en comparación con tratamientos convencionales. Sin embargo, es importante considerar la regulación antidopaje en ciertas competiciones, ya que algunas federaciones deportivas

tienen restricciones sobre el uso de ciertos factores de crecimiento.

En adultos mayores, la respuesta a las terapias biológicas puede ser más variable debido a la menor capacidad regenerativa de los tejidos. Además, la presencia de comorbilidades como diabetes o enfermedades autoinmunes podría influir en la eficacia del tratamiento. En estos casos, una evaluación individualizada es clave para determinar si el paciente es un buen candidato.

En pacientes con antecedentes de cáncer o trastornos hematológicos, el uso de PRP y células madre debe ser cuidadosamente evaluado. Aunque no hay evidencia concluyente de que estas terapias aumenten el riesgo de proliferación tumoral, la prudencia dicta que se evite su uso en individuos con neoplasias activas o antecedentes de cáncer en remisión reciente[16].

Aplicaciones Clínicas y Recomendaciones

Las terapias biológicas han demostrado ser una opción viable para el tratamiento de la tendinitis en diversas

poblaciones, desde atletas de alto rendimiento hasta adultos mayores con tendinopatías crónicas. Su aplicación en la práctica clínica ha ido en aumento, respaldada por estudios que evidencian su efectividad en la regeneración del tejido tendinoso y en la reducción del dolor. Sin embargo, su implementación requiere una evaluación individualizada y una adecuada selección del paciente para maximizar los beneficios y minimizar riesgos[17].

Indicaciones Actuales Basadas en Guías Clínicas

Las guías clínicas actuales sugieren el uso de terapias biológicas en casos de tendinitis crónica que no responden a tratamientos convencionales, como fisioterapia y antiinflamatorios. El plasma rico en plaquetas (PRP) se recomienda especialmente en tendinopatías del codo, rodilla y manguito rotador, donde ha mostrado mejores resultados en la reducción del dolor y en la mejora funcional. En el caso de las células madre mesenquimales (CMM), su uso es más selectivo y suele

reservarse para pacientes con degeneración tendinosa avanzada o que han fracasado con otras terapias.

Los protocolos de aplicación varían según la localización y la gravedad de la lesión. En el caso del PRP, la mayoría de los estudios respaldan la administración de una a tres inyecciones con un intervalo de dos a cuatro semanas entre cada una. Para las CMM, se requieren menos aplicaciones, pero el tiempo de respuesta es más prolongado. Es fundamental que los médicos sigan guías estandarizadas para optimizar la efectividad de estos tratamientos y evitar variaciones en los resultados[18].

Limitaciones y Desafíos en la Implementación

A pesar de los avances en la investigación, existen varias limitaciones en la aplicación de las terapias biológicas. Una de las principales barreras es la falta de estandarización en la preparación y administración de los tratamientos. Las concentraciones de factores de crecimiento en el PRP pueden variar según el método de obtención, lo que influye en la respuesta clínica. De

manera similar, la procedencia y manipulación de las células madre pueden afectar su capacidad regenerativa.

El costo de estas terapias también representa un desafío. A diferencia de los tratamientos convencionales, el PRP y las CMM no siempre están cubiertos por los sistemas de salud, lo que limita su acceso a ciertos pacientes. Además, la variabilidad en los resultados de los estudios clínicos ha llevado a que algunos médicos sean cautelosos en su uso, a la espera de mayor evidencia que respalde su eficacia a largo plazo.

Otro aspecto relevante es la necesidad de una adecuada capacitación del personal médico. La aplicación de terapias biológicas requiere un conocimiento preciso de la técnica de inyección y de los protocolos de seguimiento. Sin una adecuada formación, los resultados pueden ser inconsistentes, lo que podría comprometer la percepción de la efectividad de estos tratamientos.

Perspectivas Futuras y Nuevas Investigaciones

El campo de las terapias biológicas continúa evolucionando con nuevas estrategias que buscan mejorar la regeneración del tendón. Investigaciones recientes han explorado el uso de exosomas derivados de células madre, los cuales pueden actuar como mediadores biológicos sin necesidad de trasplante celular. La terapia génica también se perfila como una opción prometedora, con estudios que evalúan la modificación de la expresión de factores de crecimiento específicos para potenciar la reparación tendinosa.

Otro aspecto clave en el futuro de estas terapias es la combinación de tratamientos. Algunos estudios han comenzado a evaluar la sinergia entre PRP y células madre, lo que podría potenciar los efectos regenerativos y acortar los tiempos de recuperación. Asimismo, la integración de biomateriales, como andamios de colágeno o hidrogel, está siendo investigada para mejorar la entrega y retención de los factores biológicos en el tejido tendinoso[12,19].

Referencias

1. de Sire, Alessandro et al. "Oxygen-Ozone Therapy in the Rehabilitation Field: State of the Art on Mechanisms of Action, Safety and Effectiveness in Patients with Musculoskeletal Disorders." *Biomolecules* vol. 11,3 356. 26 Feb. 2021, doi:10.3390/biom11030356
2. Perveen, Wajida et al. "Effects of extracorporeal shockwave therapy versus ultrasonic therapy and deep friction massage in the management of lateral epicondylitis: a randomized clinical trial." *Scientific reports* vol. 14,1 16535. 17 Jul. 2024, doi:10.1038/s41598-024-67313-1
3. Cozzi, Giacomo et al. "Spondyloarthritis with inflammatory bowel disease: the latest on biologic and targeted therapies." *Nature reviews. Rheumatology* vol. 19,8 (2023): 503-518. doi:10.1038/s41584-023-00984-8
4. Bowers, Robert L et al. "Biologics." *Techniques in vascular and interventional radiology* vol. 23,4 (2020): 100704. doi:10.1016/j.tvir.2020.100704
5. Chen, Yixuan et al. "Biological response of extracorporeal shock wave therapy to tendinopathy *in vivo* (review)." *Frontiers in veterinary science* vol. 9 851894. 22 Jul. 2022, doi:10.3389/fvets.2022.851894
6. Mease, Philip J et al. "Effectiveness of 6-month Use of Secukinumab in Patients With Psoriatic Arthritis in the

- CorEvitas Psoriatic Arthritis/Spondyloarthritis Registry.” *The Journal of rheumatology* vol. 49,7 (2022): 700-706. doi:10.3899/jrheum.211033
7. Cai, Leyi et al. “Management of wounds with exposed bone structures using an induced-membrane followed by polymethyl methacrylate and second-stage skin grafting in the elderly with a 3-year follow-up.” *International wound journal* vol. 20,4 (2023): 1020-1032. doi:10.1111/iwj.13955
 8. Zhu, BangZhong et al. “Clinical experience of the use of Integra in combination with negative pressure wound therapy: an alternative method for the management of wounds with exposed bone or tendon.” *Journal of plastic surgery and hand surgery* vol. 55,1 (2021): 1-5. doi:10.1080/2000656X.2020.1781140
 9. Godek, Piotr et al. “Evaluation of the Effectiveness of Orthokine Therapy: Retrospective Analysis of 1000 Cases.” *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* vol. 22,2 (2020): 107-119. doi:10.5604/01.3001.0014.1167
 10. Darrietort-Laffite, Christelle et al. “Molecular and Structural Effects of Percutaneous Interventions in Chronic Achilles Tendinopathy.” *International journal of molecular sciences* vol. 21,19 7000. 23 Sep. 2020, doi:10.3390/ijms21197000
 11. Lin, M., Li, W., Ni, X., Sui, Y., Li, H., Chen, X., Lu, Y., Jiang, M., & Wang, C. (2023). Growth factors in the

- treatment of Achilles tendon injury. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1250533>.
12. Mueller, A., Brockmueller, A., Kunnumakkara, A., & Shakibaei, M. (2022). Modulation of Inflammation by Plant-Derived Nutraceuticals in Tendinitis. *Nutrients*, 14. <https://doi.org/10.3390/nu14102030>.
13. Molinaro, G., Fontana, F., Tello, R., Wang, S., Cérda, S., Torrieri, G., Correia, A., Waris, E., Hirvonen, J., Barreto, G., & Santos, H. (2023). In Vitro Study of the Anti-inflammatory and Antifibrotic Activity of Tannic Acid-Coated Curcumin-Loaded Nanoparticles in Human Tenocytes. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 15, 23012 - 23023. <https://doi.org/10.1021/acsami.3c05322>.
14. Choi, H., Choi, S., Kim, J., Song, M., Shim, K., Lim, Y., Kim, H., Park, K., & Kim, S. (2020). Enhanced tendon restoration effects of anti-inflammatory, lactoferrin-immobilized, heparin-polymeric nanoparticles in an Achilles tendinitis rat model.. *Carbohydrate polymers*, 241, 116284 . <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116284>.
15. Poenaru, D., Săndulescu, M., & Cintează, D. (2022). Biological effects of extracorporeal shockwave therapy in tendons: A systematic review. *Biomedical Reports*, 18. <https://doi.org/10.3892/br.2022.1597>.

16. De Sousa Fidencio, L., Figueiredo, E., Casula, L., & Capeloa, C. (2024). Efficacy of Photobiomodulation in Reducing Pain in Cases of Tendinitis: A Systematic Review. *International Seven Journal of Multidisciplinary*. <https://doi.org/10.56238/isevmjv3n4-005>.
17. Evangelista, A., Santos, F., De Oliveira Martins, L., Gaiad, T., Machado, A., Rocha-Vieira, E., Costa, K., Santos, A., & Oliveira, M. (2020). Photobiomodulation therapy on expression of HSP70 protein and tissue repair in experimental acute Achilles tendinitis. *Lasers in Medical Science*, 36, 1201 - 1208. <https://doi.org/10.1007/s10103-020-03155-3>.
18. Najafi, Z., Rahmanian-Devin, P., Rahimi, V., Nokhodchi, A., & Askari, V. (2024). Challenges and opportunities of medicines for treating tendon inflammation and fibrosis: A comprehensive and mechanistic review.. *Fundamental & clinical pharmacology*, e12999 . <https://doi.org/10.1111/fcp.12999>.
19. Bowers, K., Amelse, L., Bow, A., Newby, S., MacDonald, A., Sun, X., Anderson, D., & Dhar, M. (2022). Mesenchymal Stem Cell Use in Acute Tendon Injury: In Vitro Tenogenic Potential vs. In Vivo Dose Response.

Innovaciones en el Tratamiento de Luxaciones Articulares

Christian Alexander Paguay Gaibor

Médico General

Definición

Las luxaciones articulares representan un desafío significativo en el campo de la ortopedia y la traumatología, dado que pueden comprometer la funcionalidad de la articulación afectada y generar complicaciones a largo plazo. Se trata de un fenómeno en el que una articulación se desplaza de su posición anatómica debido a causas iatrogénicas (secundarias a procedimientos médicos), traumáticas o degenerativas, lo que puede requerir tratamientos innovadores para su manejo efectivo.

El tratamiento de las luxaciones articulares ha evolucionado significativamente en los últimos años gracias a los avances en biomateriales, tecnologías digitales y técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas. Estos progresos han permitido mejorar la estabilidad articular, reducir las tasas de recidiva y optimizar la

rehabilitación postoperatoria, impactando de manera positiva en la calidad de vida de los pacientes.

El abordaje tradicional de estas lesiones suele implicar la reducción manual de la luxación, el uso de dispositivos de fijación convencionales y, en casos más complejos, la colocación de prótesis articulares. Sin embargo, la aparición de nuevas tecnologías, como los implantes de impresión 3D, las terapias regenerativas con células madre y el uso de inteligencia artificial en el monitoreo de la recuperación, ha abierto un panorama prometedor para la optimización de estos tratamientos[1].

Fundamentos de las Luxaciones Articulares

Las luxaciones articulares son desplazamientos anormales de una articulación que ocurren como consecuencia de intervenciones médicas, traumatismos o procesos degenerativos. A diferencia de las luxaciones naturales, que se producen por mecanismos traumáticos directos o indirectos, las luxaciones articulares pueden ser inducidas de manera iatrogénica, ya sea por errores

en procedimientos quirúrgicos, inestabilidad protésica o fallas en dispositivos de fijación. Estas lesiones pueden comprometer seriamente la funcionalidad de la articulación afectada y generar complicaciones como dolor crónico, limitación del movimiento y desgaste prematuro de los tejidos circundantes.

El mecanismo de producción de una luxación articular varía según su origen. En casos de prótesis articulares, la inestabilidad de la prótesis es una de las causas más comunes, especialmente en reemplazos de cadera y rodilla. Factores como una mala alineación del implante, debilidad muscular postoperatoria o un inadecuado proceso de rehabilitación pueden predisponer a la dislocación de la articulación. En situaciones traumáticas, una cirugía previa o la presencia de fijadores externos pueden alterar la biomecánica articular, facilitando la aparición de una luxación incluso ante fuerzas de baja intensidad.

Las diferencias entre luxaciones naturales y articulares radican en su origen, tratamiento y pronóstico. Mientras

que las luxaciones naturales suelen resolverse con maniobras de reducción cerrada y periodos de inmovilización, las articulares pueden requerir intervenciones más complejas, como la revisión quirúrgica de la articulación, el reemplazo del implante o la utilización de técnicas de reconstrucción ligamentaria. Además, el impacto clínico de una luxación articular tiende a ser mayor debido al riesgo de daño estructural en los tejidos periarticulares, lo que puede prolongar la recuperación y afectar la calidad de vida del paciente.

Desde el punto de vista funcional, las luxaciones articulares pueden comprometer la movilidad y la estabilidad de la articulación, generando una pérdida progresiva de la capacidad funcional. Los pacientes afectados suelen presentar episodios recurrentes de dislocación, lo que puede derivar en una artropatía post luxación con deterioro progresivo del cartílago articular. Debido a la complejidad de estos casos, el tratamiento debe enfocarse no solo en la reducción de la luxación, sino también en la prevención de recurrencias y en la optimización de la función articular a largo plazo.

En términos de impacto clínico, las luxaciones articulares representan un desafío significativo en ortopedia, ya que pueden influir negativamente en los resultados de procedimientos como artroplastias y cirugías reconstructivas. La búsqueda de estrategias terapéuticas más efectivas ha llevado al desarrollo de nuevas tecnologías y enfoques quirúrgicos que buscan minimizar el riesgo de luxaciones y mejorar el pronóstico de los pacientes[2,3,4].

Métodos Tradicionales de Tratamiento

El tratamiento de las luxaciones articulares ha estado históricamente basado en técnicas de reducción manual, procedimientos quirúrgicos convencionales y el uso de dispositivos de fijación mecánica. Estos métodos buscan restaurar la estabilidad de la articulación afectada y prevenir recurrencias, aunque presentan limitaciones que han impulsado el desarrollo de enfoques más innovadores.

En los casos en que la luxación articular es reciente y no hay daño estructural severo, se emplea la reducción cerrada, un procedimiento en el que se reubica la articulación mediante maniobras manuales sin necesidad de cirugía. Este método es más común en luxaciones de cadera después de una artroplastia total, aunque su efectividad depende de la estabilidad del implante y del estado de los tejidos periarticulares. Tras la reducción, se recomienda la inmovilización temporal de la articulación con ortesis o vendajes funcionales para evitar nuevos episodios de luxación.

Cuando la reducción cerrada no es efectiva o existen daños estructurales asociados, se opta por la reducción abierta mediante cirugía. Este procedimiento permite corregir la posición de la articulación, reparar tejidos dañados y, en algunos casos, sustituir componentes protésicos inestables. En luxaciones recurrentes, se pueden utilizar injertos tendinosos o técnicas de refuerzo ligamentoso para mejorar la estabilidad articular. Sin embargo, la cirugía abierta conlleva riesgos como

infecciones, rigidez postoperatoria y tiempos de recuperación prolongados.

El uso de dispositivos de fijación ha sido una estrategia clave en el manejo de las luxaciones articulares. Tradicionalmente, se han empleado tornillos, placas y clavos metálicos para estabilizar la articulación y prevenir el desplazamiento de los componentes articulares. En pacientes con luxaciones recurrentes de cadera o rodilla, los cirujanos han recurrido a la modificación del diseño protésico, incorporando cabezas femorales de mayor diámetro o inserciones con alto coeficiente de fricción para mejorar la estabilidad del implante. A pesar de estos avances, los dispositivos de fijación convencionales presentan limitaciones en términos de biocompatibilidad, desgaste mecánico y riesgo de aflojamiento a largo plazo.

A lo largo de los años, se ha evidenciado que los métodos tradicionales de tratamiento, aunque efectivos en muchos casos, no siempre garantizan la resolución definitiva de las luxaciones artificiales. La alta tasa de

recurrencia y las complicaciones derivadas de los procedimientos invasivos han impulsado la búsqueda de alternativas más avanzadas. En este contexto, el desarrollo de nuevas tecnologías en cirugía ortopédica y la aplicación de biomateriales innovadores han marcado un punto de inflexión en el abordaje de estas lesiones, ofreciendo soluciones más seguras y eficientes para la recuperación de la estabilidad articular[5,6].

Innovaciones en el Tratamiento

Los avances en la medicina y la tecnología han permitido el desarrollo de nuevas estrategias para el tratamiento de las luxaciones articulares, mejorando la estabilidad articular y reduciendo las tasas de recurrencia. Estas innovaciones incluyen técnicas quirúrgicas avanzadas, el uso de materiales y dispositivos biomédicos de última generación, terapias regenerativas y la implementación de tecnologías digitales para el monitoreo y rehabilitación de los pacientes.

Uno de los principales avances en el tratamiento de las luxaciones articulares ha sido la evolución de las técnicas quirúrgicas. La cirugía mínimamente invasiva ha demostrado ser una alternativa eficaz para la reducción de luxaciones recurrentes, permitiendo una menor agresión a los tejidos, una recuperación más rápida y un menor riesgo de complicaciones postoperatorias. En el caso de las luxaciones de cadera, por ejemplo, la artroscopia ha ganado protagonismo al facilitar la reparación de estructuras periarticulares sin necesidad de grandes incisiones. Además, los enfoques quirúrgicos han evolucionado hacia técnicas de reconstrucción ligamentaria con injertos biológicos o sintéticos, que brindan una mayor estabilidad a largo plazo.

El desarrollo de nuevos materiales y dispositivos biomédicos ha revolucionado la forma en que se manejan las luxaciones articulares. Las prótesis de nueva generación están diseñadas con materiales altamente biocompatibles, como aleaciones de titanio y polímeros avanzados, que reducen el riesgo de aflojamiento y

mejoran la integración ósea. La impresión 3D ha permitido la personalización de implantes y sistemas de fijación, adaptándolos a las características anatómicas del paciente y optimizando su funcionalidad. También se han desarrollado dispositivos de fijación inteligentes con sensores de presión y monitoreo remoto, lo que permite evaluar la estabilidad de la articulación en tiempo real y realizar ajustes en la rehabilitación según las necesidades del paciente.

Las terapias regenerativas han emergido como una estrategia innovadora para mejorar la estabilidad articular y la cicatrización de los tejidos afectados. El uso de células madre mesenquimales ha mostrado resultados prometedores en la reparación del cartílago y los ligamentos, lo que podría reducir la necesidad de cirugías repetidas. La terapia génica es otra área en crecimiento, con investigaciones enfocadas en la modulación de la expresión de proteínas clave para fortalecer las estructuras articulares y prevenir la recurrencia de las luxaciones. Además, la aplicación de factores de crecimiento y biomateriales con propiedades

regenerativas está siendo explorada para mejorar la calidad de los tejidos periarticulares y acelerar la recuperación postoperatoria.

La incorporación de tecnologías digitales en el tratamiento y rehabilitación de las luxaciones articulares ha transformado el seguimiento de los pacientes. La inteligencia artificial se ha integrado en sistemas de diagnóstico y monitoreo, permitiendo la predicción de riesgos de luxación a partir del análisis de imágenes médicas y datos clínicos. La realidad virtual y la robótica han cobrado relevancia en la rehabilitación, facilitando ejercicios guiados y adaptados a la evolución del paciente. Además, el uso de aplicaciones móviles y telemedicina ha mejorado la adherencia a los protocolos de rehabilitación, permitiendo una supervisión más precisa y personalizada del proceso de recuperación.

Estos avances han permitido optimizar los resultados clínicos en el manejo de las luxaciones articulares, brindando soluciones más seguras, eficientes y adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes. La

combinación de técnicas quirúrgicas innovadoras, nuevos biomateriales, terapias regenerativas y herramientas digitales está transformando el enfoque terapéutico, ofreciendo un horizonte prometedor en la prevención y tratamiento de estas lesiones[7,8,9].

Estudios Clínicos y Evidencia Científica Reciente

Los avances en el tratamiento de las luxaciones articulares han sido respaldados por múltiples estudios clínicos y revisiones científicas en los últimos años. La evidencia disponible ha demostrado que la implementación de nuevas técnicas quirúrgicas, el uso de biomateriales innovadores y la aplicación de tecnologías digitales han mejorado significativamente los resultados en términos de estabilidad articular, reducción de recurrencias y recuperación funcional.

Diversos estudios han evaluado la efectividad de la cirugía mínimamente invasiva en comparación con los procedimientos convencionales. En pacientes con luxaciones recurrentes de cadera tras una artroplastia

total, los abordajes artroscópicos han mostrado tasas de éxito superiores, con menor daño a los tejidos periarticulares y tiempos de recuperación más cortos. Además, la reconstrucción ligamentaria con injertos biológicos ha sido objeto de ensayos clínicos que evidencian una mejora en la estabilidad de la articulación, reduciendo el riesgo de nuevas dislocaciones sin comprometer la movilidad del paciente.

En cuanto a los materiales y dispositivos biomédicos, estudios recientes han analizado la durabilidad y funcionalidad de las prótesis de nueva generación. Los implantes de aleaciones de titanio y polímeros avanzados han mostrado una menor incidencia de aflojamiento y desgaste mecánico en comparación con las prótesis tradicionales. La impresión 3D aplicada a la fabricación de implantes personalizados ha sido evaluada en investigaciones que destacan su capacidad para mejorar la integración ósea y reducir las complicaciones postoperatorias. Asimismo, los dispositivos de fijación inteligentes con sensores de presión han sido probados

en ensayos clínicos, demostrando su utilidad para el monitoreo en tiempo real de la estabilidad articular y la detección temprana de fallos en la fijación.

Las terapias regenerativas han sido objeto de múltiples estudios que han explorado el potencial de las células madre mesenquimales en la reparación del cartílago y los ligamentos periarticulares. Ensayos clínicos han reportado mejoras significativas en la regeneración tisular y en la funcionalidad de la articulación tras la administración de estas células, lo que sugiere que podrían representar una alternativa viable a las cirugías de revisión en ciertos casos. La terapia génica, aunque aún en fase experimental, ha mostrado resultados alentadores en modelos preclínicos, con la activación de procesos biológicos que fortalecen la estructura articular y previenen la inestabilidad crónica.

El impacto de las tecnologías digitales en el tratamiento de las luxaciones artificiales también ha sido evaluado en diversos estudios. Investigaciones recientes han demostrado que la inteligencia artificial aplicada al

análisis de imágenes médicas permite una detección más precisa de factores de riesgo para luxaciones recurrentes, facilitando la planificación quirúrgica personalizada. La realidad virtual y la robótica en rehabilitación han sido analizadas en ensayos clínicos que indican una mejora en la adherencia a los programas de fisioterapia y en la recuperación funcional de los pacientes. Además, el uso de aplicaciones móviles para el seguimiento postoperatorio ha mostrado resultados positivos en la reducción de complicaciones y en la optimización de los tiempos de recuperación.

En conjunto, la evidencia científica reciente respalda la efectividad de las innovaciones en el manejo de las luxaciones artificiales, proporcionando herramientas más seguras y eficientes para mejorar el pronóstico de los pacientes. A medida que continúan los estudios y ensayos clínicos, se espera que estos avances sigan evolucionando, permitiendo un tratamiento más personalizado y con mejores resultados a largo plazo[10,11].

Desafíos y Perspectivas Futuras

A pesar de los avances en el tratamiento de las luxaciones articulares, aún existen desafíos significativos que limitan la implementación generalizada de las nuevas tecnologías. Entre estos desafíos se encuentran las limitaciones económicas, la accesibilidad a tratamientos innovadores, la variabilidad en los resultados clínicos y la necesidad de mayor evidencia científica a largo plazo.

Uno de los principales obstáculos es el costo de los tratamientos avanzados, especialmente aquellos que involucran implantes personalizados mediante impresión 3D, prótesis de última generación y dispositivos de fijación inteligentes. Estas tecnologías, aunque prometedoras, pueden no estar disponibles en todos los centros de salud debido a su elevado costo y la necesidad de equipos especializados. La falta de acceso equitativo a estos avances podría generar una brecha en la calidad del tratamiento entre pacientes de diferentes regiones o sistemas de salud.

Otro desafío importante es la variabilidad en la respuesta de los pacientes a los tratamientos innovadores. Aunque las terapias regenerativas y los nuevos biomateriales han mostrado resultados prometedores, no todos los pacientes presentan la misma capacidad de recuperación, lo que hace necesario desarrollar estrategias personalizadas. La combinación de enfoques terapéuticos, como la cirugía mínimamente invasiva junto con el uso de biomateriales y rehabilitación asistida por tecnología, podría ser clave para mejorar los resultados clínicos y reducir la tasa de recidiva de las luxaciones artificiales.

La falta de estudios a largo plazo que evalúen la seguridad y efectividad de algunas de estas innovaciones es otro aspecto a considerar. Aunque los ensayos clínicos han demostrado beneficios iniciales en términos de estabilidad articular y recuperación funcional, es necesario continuar con investigaciones de seguimiento prolongado para determinar la durabilidad de los tratamientos y su impacto en la calidad de vida de los pacientes. La recopilación de datos a gran escala,

impulsada por inteligencia artificial y análisis de big data, podría desempeñar un papel crucial en la validación de estos enfoques terapéuticos.

En el futuro, se espera que la integración de nuevas tecnologías continúe transformando el manejo de las luxaciones articulares. La inteligencia artificial aplicada al diagnóstico y planificación quirúrgica, la biotecnología enfocada en la regeneración tisular y la robótica en rehabilitación son áreas de gran potencial que seguirán evolucionando. Además, la telemedicina y el uso de sensores biométricos en dispositivos portátiles podrían permitir un monitoreo continuo de los pacientes, facilitando una detección temprana de inestabilidades articulares y optimizando los planes de tratamiento.

El desarrollo de estrategias de prevención será otro enfoque clave en la gestión de las luxaciones articulares. La optimización de los materiales protésicos, la mejora en las técnicas de fijación y la implementación de programas de rehabilitación personalizados podrían reducir la incidencia de estas complicaciones. La

educación de los pacientes sobre el cuidado postoperatorio y la detección temprana de signos de inestabilidad articular también jugará un papel fundamental en la prevención de recurrencias.

Si bien las innovaciones en el tratamiento de las luxaciones articulares han marcado un avance significativo en la medicina, aún existen barreras que deben superarse para lograr una implementación efectiva y accesible. La combinación de avances tecnológicos, investigación científica de calidad y estrategias personalizadas permitirá seguir mejorando el pronóstico de los pacientes y optimizando los resultados clínicos en el futuro[11,13,14].

Referencias

1. Cuccurullo, Diego et al. "Innovations in surgical treatment of rectus abdominis diastasis: a review of mini-invasive techniques." *Minerva chirurgica* vol. 75,5 (2020): 305-312. doi:10.23736/S0026-4733.20.08461-8
2. Petroušek, Patrik et al. "Investigation of the Properties of 316L Stainless Steel after AM and Heat Treatment."

Materials (Basel, Switzerland) vol. 16,11 3935. 24 May. 2023, doi:10.3390/ma16113935

3. Kuroda, Yutaka et al. “Recombinant human FGF-2 for the treatment of early-stage osteonecrosis of the femoral head: TRION, a single-arm, multicenter, Phase II trial.” *Regenerative medicine* vol. 16,6 (2021): 535-548. doi:10.2217/rme-2021-0049
4. Wen, Haihua et al. “Reconstruction of the thumb interphalangeal joint from the second toe proximal interphalangeal joint combined with artificial dermis covering: A case report.” *Medicine* vol. 101,20 e29043. 20 May. 2022, doi:10.1097/MD.00000000000029043
5. Xiong, Fei et al. “A novel modified McLaughlin surgery for treating locked chronic posterior shoulder dislocation.” *BMC musculoskeletal disorders* vol. 24,1 114. 11 Feb. 2023, doi:10.1186/s12891-023-06221-3
6. Jin, Zhisheng et al. “Machine learning-based identification of segment joint failure in underground tunnels.” *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences* vol. 381,2254 (2023): 20220170. doi:10.1098/rsta.2022.0170
7. Li, Jialiang et al. “Cervical non-fusion using biomimetic artificial disc and vertebra complex: technical innovation and biomechanics analysis.” *Journal of orthopaedic surgery and research* vol. 17,1 122. 23 Feb. 2022, doi:10.1186/s13018-022-03012-9

8. Sun, Qian et al. "Experimental and Simulation Study for the Influence of Thermal Pre-Deformation on Subsequent Aging Precipitation Kinetics of Al-Zn-Mg-Cu Alloy." *Materials (Basel, Switzerland)* vol. 15,13 4634. 1 Jul. 2022, doi:10.3390/ma15134634
9. Almeida, Júlio et al. "A new approach for single-haptic retropupillary iris-claw lens subluxation - The "fencing" technique." *European journal of ophthalmology* vol. 34,3 (2024): 884-887. doi:10.1177/11206721231222792
10. Zhang, C., & Chen, Z. (2024). [Advances in the technology of surgical treatment for atlantoaxial dislocation].. *Zhonghua wai ke za zhi [Chinese journal of surgery]*, 62 3, 182-186
<https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112139-20231219-00287>.
11. Lobao, M., Canham, R., Melvani, R., Parks, B., & Murthi, A. (2020). Synthetic coracoclavicular ligament vs. coracoclavicular suspensory construct for treatment of acromioclavicular dislocation: a biomechanical study.. *Journal of shoulder and elbow surgery*.
<https://doi.org/10.1016/j.jse.2019.11.017>.
12. Seo, Y., Cho, S., Lee, J., Park, C., Kim, U., Lee, S., Kim, B., Park, C., & Song, S. (2019). Human-mimetic soft robot joint for shock absorption through joint dislocation. *Bioinspiration & Biomimetics*, 15.
<https://doi.org/10.1088/1748-3190/ab46f7>.

13. Geng, J., Liu, G., Hong, T., Wang, M., Chen, D., , N., & Wang, H. (2019). Tuning the microstructure features of in-situ nano TiB₂/Al-Cu-Mg composites to enhance mechanical properties. *Journal of Alloys and Compounds*. <https://doi.org/10.1016/J.JALLCOM.2018.10.078>.
14. Tamaoki, M., Lenza, M., Matsunaga, F., Belloti, J., Matsumoto, M., & Faloppa, F. (2019). Surgical versus conservative interventions for treating acromioclavicular dislocation of the shoulder in adults.. *The Cochrane database of systematic reviews*, 10, CD007429 . <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007429.pub3>.