

DOI: 10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.944-952

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1186>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-0748

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 32 Ciencias Médicas

PAGINAS: 944-952



Aplicaciones de la terapia con células madre en traumatología. Avances, evidencias clínicas y futuras perspectivas

Stem cell therapy applications in traumatology. Advances, clinical evidence and future perspectives

Aplicações da terapia com células estaminais em traumatologia. Avanços, evidências clínicas e perspectivas futuras

Diego Fernando Salej Villada¹; Danilo Alexander Apolo Torres²; Edison Javier Mesache Villagómez³; Karla Modesta Santos León⁴

RECIBIDO: 28/06/2023 **ACEPTADO:** 18/07/2023 **PUBLICADO:** 24/08/2023

1. Médico General; Médico Urgencias; Investigador Independiente; Armenia, Colombia; salejdiego13@outlook.com;  <https://orcid.org/0009-0001-3797-3872>
2. Médico General; Médico General en Funciones Hospitalarias; Hospital General Manuel Ygnacio Monteros; Loja, Ecuador; daniloalexander91@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0001-6938-3343>
3. Médico General; Investigador Independiente; Ibarra, Ecuador; edisonjavier2208@gmail.com;  <https://orcid.org/0009-0000-0248-4094>
4. Médica Cirujana; Hospital General de Portoviejo; Portoviejo, Ecuador; karleins15@hotmail.com;  <https://orcid.org/0009-0001-8683-4190>

CORRESPONDENCIA

Diego Fernando Salej Villada

salejdiego13@outlook.com

Armenia, Colombia

RESUMEN

Los avances científicos en el campo de la terapia con células madre, especialmente los últimos diez años, han dado paso a la restauración y mejora de la función de áreas lesionadas a causa de traumatismos o patologías. Dichos adelantos han permitido la evolución de la medicina regenerativa, siendo tema de investigación y debate por su importancia científica y social. Estas células son capaces de dividirse indefinidamente, además de diferenciarse a diferentes tipos de células especializadas, en cuanto a su morfología y funcionalidad. La terapia con células madre proporciona, principalmente, disminución del dolor y mejoría en la movilidad y funcionalidad del área afectada. Conocer y estar actualizado en este tema es fundamental para el traumatólogo, especialmente porque esta terapia se encuentra en exploración, por tanto, con cambios y nuevos hallazgos que conviene conocer. De lo anterior se deriva el propósito de la presente investigación, la cual consiste en plasmar los más recientes avances, la evidencia clínica y algunas generalidades del futuro de la terapia con células madre en traumatología. El enfoque metodológico de la investigación es una revisión bibliográfico – documental, apoyado por diversas bases de datos. La evidencia demuestra la seguridad y eficacia de esta terapia en el tratamiento de lesiones y enfermedades en traumatología. Entre sus ventajas se tienen: evitar la inclusión de prótesis, acelerar los tiempos de recuperación y mejorar la funcionalidad. Con respecto a los avances, cabe destacar el implante de condrocitos autólogos en la reparación de cartilago, especialmente en rodilla y tobillo. Así mismo, la inyección de células madre mesenquimales en tendones rotos. Demostrando ambas, excelentes resultados. Queda un largo camino por recorrer, lleno de expectativas ante nuevas posibilidades terapéuticas con células madre.

Palabras clave: Terapia, Células Madre, Avances, Evidencia, Futuro.

ABSTRACT

Scientific advances in the field of stem cell therapy, especially in the last ten years, have given way to the restoration and improvement of the function of areas injured due to trauma or pathologies. These advances have allowed the evolution of regenerative medicine, being the subject of research and debate due to its scientific and social importance. These cells are capable of dividing indefinitely, in addition to differentiating into different types of specialized cells, in terms of their morphology and functionality. Stem cell therapy mainly provides pain reduction and improvement in mobility and functionality of the affected area. Knowing and being up-to-date on this topic is essential for the traumatologist, especially since this therapy is currently being explored, therefore, with changes and new findings that should be known. From the above, the purpose of the present investigation is derived, which consists of capturing the most recent advances, the clinical evidence and some generalities of the future of stem cell therapy in traumatology. The methodological approach of the research is a bibliographical-documentary review, supported by various databases. Evidence demonstrates the safety and efficacy of this therapy in the treatment of injuries and diseases in traumatology. Among its advantages are: avoiding the inclusion of prostheses, accelerating recovery times and improving functionality. With respect to advances, it is worth noting the implantation of autologous chondrocytes in cartilage repair, especially in the knee and ankle. Likewise, the injection of mesenchymal stem cells into ruptured tendons. Demonstrating both, excellent results. There is still a long way to go, full of expectations for new therapeutic possibilities with stem cells.

Keywords: Therapy, Stem Cells, Advances, Evidence, Future.

RESUMO

Os avanços científicos no campo da terapia com células estaminais, especialmente nos últimos dez anos, permitiram restaurar e melhorar a função de áreas lesionadas devido a traumas ou patologias. Estes avanços permitiram a evolução da medicina regenerativa, sendo objeto de investigação e debate devido à sua importância científica e social. Estas células são capazes de se dividir indefinidamente, para além de se diferenciarem em diferentes tipos de células especializadas, em termos da sua morfologia e funcionalidade. A terapia com células estaminais proporciona principalmente a redução da dor e a melhoria da mobilidade e funcionalidade da zona afetada. Conhecer e estar atualizado sobre este tema é fundamental para o traumatologista, sobretudo porque esta terapia está a ser explorada atualmente, logo, com alterações e novos achados que devem ser conhecidos. Do exposto, deriva o objetivo da presente investigação, que consiste em captar os avanços mais recentes, a evidência clínica e algumas generalidades do futuro da terapia com células estaminais em traumatologia. A abordagem metodológica da investigação é uma revisão bibliográfico-documental, apoiada em várias bases de dados. As evidências demonstram a segurança e a eficácia desta terapia no tratamento de lesões e doenças em traumatologia. Entre suas vantagens estão: evitar a inclusão de próteses, acelerar o tempo de recuperação e melhorar a funcionalidade. No que respeita aos avanços, é de salientar a implantação de condrocitos autólogos na reparação da cartilagem, especialmente no joelho e tornozelo. Da mesma forma, a injeção de células estaminais mesenquimais em tendões rompidos. Demonstrando ambos, excelentes resultados. Há ainda um longo caminho a percorrer, cheio de expectativas para novas possibilidades terapêuticas com células estaminais.

Palavras-chave: Terapia, Células estaminais, Avanços, Evidências, Futuro.

Introducción

La traumatología ha venido atravesando un significativo cambio de paradigma, en donde tratamientos convencionales están siendo reemplazados, cada vez más, por terapias con células madre que buscan estimular la regeneración de los tejidos, en vez de reemplazarlos. En las últimas décadas, las células madre han sido uno de los temas principales a debatir en los medios de comunicación por su importancia científica y social, ya que su implementación en el campo de la medicina ofrece alternativas para el tratamiento de un sinnúmero de enfermedades, además de que en un futuro podrían llegar a ser la fuente para la solución de todas las enfermedades existentes. (Pimentel & Murcia, 2017, pág. 29)

Una célula madre (CM) o célula troncal, es aquella capaz de dividirse indefinidamente y diferenciarse a distintos tipos de células especializadas, no sólo morfológicamente sino también en lo funcional. Las células madre pueden clasificarse atendiendo a su origen en: células madre adultas (CMA) y células madre embrionarias (CME). La primera es la de vehículo terapéutico de genes, en el caso de enfermedades monogénicas o incluso como vehículo de terapias antitumorales o antiangiogénicas. La segunda y principal aplicación es la que se les ha dado aprovechando su potencial de diferenciación en el uso de la regeneración de tejidos destruidos o dañados, como terapia de reemplazo celular o medicina regenerativa. En esta área se están desarrollando trabajos de investigación donde se busca reemplazar células dañadas por células funcionales que restituyan la función normal de los tejidos u órganos en enfermedades debilitantes. (Mata, Vázquez, & Sánchez, 2013)

En cuanto a las principales aplicaciones en traumatología, la medicina regenerativa apunta al tratamiento de las lesiones condrales principalmente de la rodilla; en el campo de las lesiones óseas se centra en asegurar la consolidación de las fracturas, así como

en el tratamiento de los retrasos de consolidación o pseudoartrosis. También es usada en el tratamiento de las necrosis óseas avasculares no traumáticas de la cadera y el hombro. (Landro, Laccia, & Douglas, 2010)

Igualmente, su más reciente uso implica el tratamiento de tendones rotos, con adelantos investigativos en tendones de rodilla y de Aquiles. (Macpherson, 2021)

La importancia del conocimiento de esta terapia es fundamental para el profesional de esta área, sobre todo porque que tiene mucho camino por recorrer y se encuentra en constante estudio, surgiendo a cada momento nuevos y más beneficiosos hallazgos. En consecuencia, el objetivo de la presente investigación es plasmar los más recientes avances, la evidencia clínica y algunas generalidades del futuro de la terapia con células madre en traumatología.

Materiales y Métodos

El desarrollo de esta investigación estuvo enfocado en una metodología de revisión documental bibliográfica. Con la finalidad de buscar la información concerniente al tema investigado se usaron diferentes bases de datos, entre las que figuran: PubMed, Biblioteca Virtual de la Salud (BVS), SciELO, Medigraphic, Dialnet y ELSEVIER, Cochrane, entre otras. Se llevó a cabo una búsqueda aleatoria y consecutiva, usando las expresiones o descriptores siguientes: “*células madre + traumatología*”, “*células madre + traumatología + avances*”, y “*células madre + traumatología + evidencia clínica*”. Los resultados encontrados fueron filtrados con base a criterios de idioma, el cual se consideró el español y el inglés, relevancia, correlación temática y fecha de publicación en los cinco años, exceptuando pocas publicaciones que se escogieron por su relevancia, pertinencia y conceptos vigentes.

El material bibliográfico recolectado consistió en artículos científicos, en general, guías clínicas, e-books, ensayos clínicos, consensos, protocolos, tesis de posgrado y

doctorado, noticias científicas, boletines y/o folletos de instituciones oficiales o privadas de reconocida trayectoria en el ámbito científicoacadémico y demás documentos e informaciones, considerados de interés y con valor de la evidencia científica a criterio del equipo investigador.

Resultados

Las células madre son catalogadas hoy en día, por muchos profesionales de la salud, como elementos indispensables de la medicina regenerativa del mañana, dada su capacidad de transformarse en diferentes tipos de células distintas en el cuerpo y colaborar en la reparación del organismo. Sus propiedades inmunomoduladoras y regenerativas les permite ser efectivas en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, lesiones cerebrales, espinales, osteo-cartilaginosas, entre otras. En traumatología puede tratar fracturas que no han curado, desgaste de cartílago articular, desgarres de tendones y ligamentos, bursitis y lesiones musculares a nivel de rodilla, hombro, pie, tobillo, cadera y columna. Entre sus beneficios se cuentan la mejoría del dolor y la capacidad funcional articular, así como la posibilidad de evitar la necesidad de tratamientos quirúrgicos, tales como la colocación de prótesis. Es importante hacer notar que esta forma de tratamiento puede regenerar los tejidos dañados y modificar la evolución de la enfermedad. (Arellano, 2012)

En el tratamiento de la hernia discal, el uso de células madre mesenquimales, se ha convertido en una estrategia terapéutica prometedora por sus propiedades regenerativas, inmunomoduladoras y antiinflamatorias. Estos tratamientos producen aumentos en la densidad del cartílago y en el volumen de tejido meniscal. Si bien, algo muy característico es la disminución del dolor y la mejoría de la movilidad y funcionalidad articular. Es un proceso esencial para reparar lesiones de hueso por ejemplo en pacientes jóvenes que practican deporte pro-

fesional, además de ser una alternativa a la implantación de una prótesis en las personas mayores. A pesar de su alto coste y de presentar algunos efectos secundarios en determinadas ocasiones, muchos estudios han probado la capacidad de regenerar y reparar lesiones de huesos, en el cartílago, los tendones e incluso en los discos intervertebrales. Cabe destacar también, la facultad de modular la secreción de sustancias proinflamatorias, suponiéndose así, una supresión de la inflamación. (Pérez, 2021)

La técnica de Implante de Condrocitos Autólogos (ICC) supone un tratamiento que puede regenerar el cartílago articular en lesiones focales, que aparecen en el 12% de la población y hasta el 33% de los deportistas. (Guillén P. , 2022)

Guillén, Sanz, & Guillén, (2021) en su estudio “Cirugía de implante de condrocitos autólogos en rodilla”, concluyeron que el implante de condrocitos autólogos (ICC) es una técnica eficaz para el tratamiento de los defectos de cartílago mayores de 1,5 cm² en la rodilla, reduciendo significativamente el dolor, el derrame y la crepitación, y aumentando la movilidad a lo largo del seguimiento. Según la percepción subjetiva de los pacientes, mediante el cuestionario IKDC, los síntomas y la funcionalidad de la rodilla con el implante de condrocitos de alta densidad mejoran significativamente al año y a los 2 años después del implante. Las pruebas de imagen de RM demuestran una correcta integración del implante a los 2 años de evolución. Estas pruebas de imagen también ponen de manifiesto un reducido número de edemas óseos con respecto a lo publicado por otros autores, especialmente en comparación con la técnica MACI. El bajo número de pacientes con complicaciones encontrado tras el seguimiento demuestra que el implante de condrocitos autólogos ICC es una técnica segura para el tratamiento de las lesiones condrales y puede ser considerada una técnica de rescate cuando otras técnicas han fallado. (p. 68)

Por su parte, López et al., (2021) en su estudio realizaron seguimiento de dos años para evaluar la eficacia y seguridad de la implantación de condrocitos autólogos de alta densidad (HD-ACI) en pacientes con lesiones del cartílago del tobillo (ver Figura 1). Incluyeron veinticuatro pacientes consecutivos con lesiones de cartílago del tobillo de

grado 3-4 de la Sociedad Internacional de Reparación de Cartílago (ICRS). Los autores concluyeron que la “HD-ACI es una técnica segura y eficaz para tratar lesiones osteocondrales en el astrágalo, proporcionando buenos resultados clínicos e histológicos en el seguimiento a corto y medio plazo”.

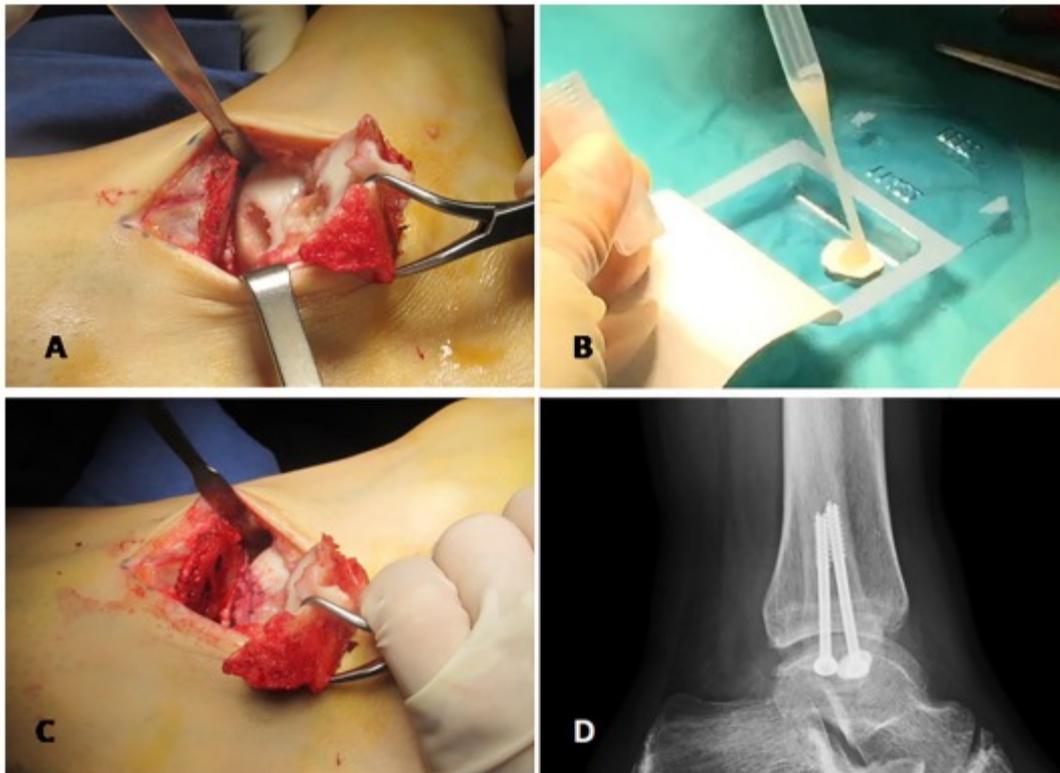


Figura 1. Procedimiento quirúrgico de HD-ACI en tobillo. La técnica comienza con una incisión de 5 cm en el maléolo medial (A). Se corta la membrana según el tamaño y la forma de la lesión y las células se siembran en ella a una densidad de 5 millones de células por cm² de lesión (B). Después de esperar 10 minutos, la membrana se sutura al cartílago adyacente y se sella con pegamento de fibrina (C). Se comprueba la posición correcta de la síntesis oste. por imágenes de rayos X (D).

Fuente: Adaptado de “Implante de condrocitos autólogos de alta densidad como tratamiento para defectos osteocondrales del tobillo”. López et al. (2021). Revista Cartílago. 12 (3). URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8236657/pdf/10.1177_1947603519835898.pdf

La implantación de células madre se ha mostrado ser eficaz en la regeneración de articulaciones, especialmente en las rodillas con necrosis, una terapia que puede evitar un elevado número de inclusión de prótesis.

En un trabajo, dirigido por el Dr. Pedro Luis Ripoll, uno de los mejores traumatólogos de España, se destaca que la implantación de células madre reduce en un 80% los casos de necrosis ósea. (Infomed, 2010)

Por su parte, Hernández Ramírez, (2017) en su artículo, refiere a su vez, dos estudios, uno donde se incluyeron 342 pacientes (534 caderas tratadas) con osteonecrosis isquémica de la cadera, donde se informó la efectividad de la terapia celular aplicada principalmente en su etapa poco avanzada, y de otro realizado en Cuba con resultados similares, todo esto reafirma la efectividad y el potencial angiogénico de las células madre adultas.

En cuanto a la consolidación de fractura, Benítez & Mena, (2018) presentaron un estudio de caso de una paciente femenina de 74 años con diagnóstico de fractura de cadera, la cual se intervino quirúrgicamente en las primeras 24 horas, recibiendo un implante de

células monoculares (células madre) obtenidas de su pelvis. La intervención se llevó a cabo el día 8 de abril de 2014 y se le implantan células madre en el foco de fractura obtenida del coxal (ver figura 2), previo a la osteosíntesis de la fractura de cadera con tres tornillos AO de esponja, se realizó radiografía evolutiva en consulta externa a los 2 meses de la cirugía, donde se observó la consolidación adecuada de la fractura. En consecuencia, los autores concluyen que la osteosíntesis de la fractura de cadera con el implante de células madre en el foco de fractura, es factible y seguro, por cuanto la paciente tuvo una evolución satisfactoria con una consolidación precoz y sin complicaciones.



Figura 1. Extracción de las células madres del coxal e implante directamente al foco de fractura

Fuente: Adaptado de Implante de células madre en fractura de cadera. Presentación de un caso. Benítez & Mena, (2018). Revista Habanera de Ciencias Médicas.

El avance de la terapia con células madre en traumatología aporta nuevas opciones en aquellos casos de retrasos de consolidación o pseudoartrosis. Esta terapia ofrece alternativas de tratamiento eficaces y menos agresivas ante las opciones convencionales.

En pseudoartrosis, Barrera et al., (2022) en una serie de 11 pseudoartrosis de radio tratadas con injerto perióstico vascularizado de cúbito, obtuvieron excelentes resultados, extendiendo la indicación de estos

injertos periósticos para adultos con un 100% de consolidación y óptimos resultados funcionales.

La inyección con células madre está revolucionando el tratamiento de la ruptura de tendones en todo el mundo, especialmente en Europa, donde se han adelantado investigaciones que demuestran su efectividad y seguridad. Macpherson, (2021) al respecto, destaca los resultados del ensayo llevado a cabo por el Instituto de Terapia Regene-

rativa Tisular que dirigen Robert Soler, Lluís Orozco y Gil Rodas en la Teknon, en Barcelona, y que han publicado en la revista *American Journal of Sports Medicine*, los cuales mediante la inyección en tendones rotos de millones de células madre mesenquimales cultivadas, tanto en los de la rótula como en los de Aquiles, han logrado regenerar tejido en el 100% de los casos tratados. El tratamiento ha sido autorizado por la Agencia Española del Medicamento en principio para tendones rotulianos, pero su efectividad llevó a que se ampliara a los de Aquiles.

El último avance en medicina regenerativa es el Implante de Condrocitos Autólogo (ICC), es decir, es una de las más novedosas estrategias que se utiliza para frenar la evolución de la artrosis. Los avances sobre medicina regenerativa en el campo de la medicina celular y molecular, hacen intuir que, en un futuro no tan lejano, se podrá detener la artrosis. La célula patológica, hoy es una oportunidad terapéutica y se está reconduciendo en normal y hasta en un medicamento. (Guillén P. , 2022)

En esta última evolución de la terapia celular aplicada al cartílago, el implante de condrocitos autólogos a alta densidad utiliza una membrana de colágeno como transportador. El implante de condrocitos autólogos es actualmente la única capaz de proporcionar una réplica del tejido original, consiguiendo unos resultados buenos o excelentes en más del 80% de los casos. Sin embargo, para su empleo se requieren dos cirugías: una para la toma de la biopsia de donde se van a aislar los condrocitos y otra para el implante de las células. Por este motivo, se han investigado otras alternativas como fuente de células terapéuticas. La primera ha sido el empleo de células madre mesenquimales de distintos orígenes, que, aunque prometedoras *in vitro*, por el momento no han rendido ningún resultado clínico. Ante estos resultados, se han comenzado las investigaciones con otra clase de células, las células pluripotenciales inducidas que pueden obtenerse de cualquier te-

jido del organismo y que, por tanto, podrían ser alternativa idónea a los condrocitos. Los estudios con estas células, así como la investigación de nuevos biomateriales, abren las puertas a un futuro esperanzador en el tratamiento de las lesiones del cartílago articular. (Lopez et al., 2016)

En cuanto a la regeneración de cartílago, son muchos los campos todavía abiertos que ofrecen expectativas prometedoras. Todas las innovaciones deben basarse en nuevas ideas, demostradas científicamente a través de trabajos, experimentales y clínicos, que cumplan con la metodología adecuada y publicados en revistas de prestigio. Esto debe eliminar el ruido existente, basado en impresiones a corto tiempo. Los factores de crecimiento son una de las líneas de tratamiento en el futuro, pero conociendo detalladamente tanto las dosis como el mecanismo de acción. Se dispone de varias maneras de actuar y de diferentes técnicas para hacerlos llegar a sus dianas y que tengan un efecto beneficioso, y siempre controlando los efectos secundarios. La investigación debe basarse en trabajos anatómicos, biológicos, celulares y de sus señales, así como biomecánicos, para analizar nuevos implantes y nuevas cirugías. Sin olvidar mejorar las técnicas de diagnóstico para evaluar objetivamente los seguimientos y los resultados finales, con técnicas de imagen y con biomarcadores específicos que sean sensibles a cualquier cambio tanto en la estructura como en la composición del cartílago articular. (Bravo, Forriol, & Álvarez, 2021, pág. 58)

Conclusión

Las aplicaciones de la terapia con células madre son múltiples en diversas áreas de la medicina. En traumatología sus usos abarcan la consolidación de fracturas y pseudoartrosis, artrosis, artritis, rotura tendinosa, osteonecrosis, bursitis y lesiones musculares a nivel de rodilla, hombro, columna, pie, tobillo y cadera. Entre sus propiedades se cuentan la regeneración, inmunomodula-

ción y anti inflamación. Reduce significativamente el dolor y recupera la funcionalidad en una alta tasa de pacientes.

En cuanto a la evidencia científica, se encuentra disponible un cúmulo variado de estudios realizados y publicados en diversas partes del mundo, observándose su desarrollo acelerado sobre todo en los últimos 10 años. La evidencia coincide en que el uso de esta novedosa terapia es segura y eficaz, evita la inclusión prótesis, por ende, sus posibles complicaciones. Igualmente, los tiempos de recuperación son más rápidos y la funcionalidad es mayor.

Esta terapia supone una revolución en el tratamiento de traumatismos y patologías en traumatología con grandes avances, así como, con un enorme futuro por delante. Entre las terapias más novedosas se encuentran implante de condrocitos autólogos, que proporciona una réplica del tejido original, con buenos resultados en más del 80% de los pacientes. Igualmente, los estudios en inyección de células madre mesenquimales en tendones rotos, han evidenciado excelentes resultados en el 100% de los pacientes tratados, regenerando la estructura del tendón y recuperando la funcionalidad en un plazo récord de dos meses.

Sin embargo, el futuro debe estar lleno de grandes expectativas. Si bien aún quedan muchas preguntas y descubrimientos por hacer, el conocimiento continúa avanzando y nuevas posibilidades terapéuticas con células madre conducirán a tratamientos seguros y eficaces.

Bibliografía

Arellano, D. (2012). Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas - INFOMED. Recuperado el 24 de julio de 2023, de Medicina Regenerativa: <https://temas.sld.cu/medicinaregenerativa/2012/10/01/celulas-madre-en-ortopedia-y-traumatologia/>

Barrera, S., Sapage, R., Alabau, S., Mendez, G., Mir, X., & Soldado, F. (2022). Vascularized ulnar periosteal pedicled flap for upper extremity reconstruction in adults: A prospective case series of 11 patients. *J Hand Surg Am*, 47(1), 86e1-86e11. Recuperado el 28 de julio de 2023, de <https://www.jhandsurg.org/action/showPdf?pii=S0363-5023%2821%2900167-2>

Benítez, A., & Mena, R. (2018). Implante de células madre en fractura de cadera. Presentación de un caso. *Rev haban cienc méd*, 17(6), 943-948. Recuperado el 20 de julio de 2023, de <http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v17n6/1729-519X-rhcm-17-06-943.pdf>

Bravo, B., Forriol, E., & Álvarez, E. (2021). Regenerar el cartilago articular: perspectivas y futuro. *Rev Esp Artrosc Cir Articular*, 28(1), 51-62. Recuperado el 18 de julio de 2023, de <https://fondoscience.com/file/4592/download?token=ANKLeWUV>

Díaz, G., Romero, N., & Velázquez, M. (2023). Empleo de fuzzy TOPSIS en el tratamiento de seudoartrosis con células madre. *Revista de información científica*, 102, 1-9. Recuperado el 05 de julio de 2023, de <http://scielo.sld.cu/pdf/ric/v102/1028-9933-ric-102-4158.pdf>

Guillén, I., Sanz, F., & Guillén, P. (2021). Cirugía de implante de condrocitos autólogos en rodilla. *Revista Española de Artroscopia y Cirugía Articular*, 28(1), 63-68. Recuperado el 15 de julio de 2023, de <https://fondoscience.com/file/4593/download?token=6JQqhjvZ>

Guillén, P. (2022). Clínica Cemtro. Recuperado el 15 de julio de 2023, de <https://www.clinicacemtro.com/simposio-internacional-xxi-medicina-regenerativa/>

Hernández Ramírez, P. (2017). ¿Es realmente útil el tratamiento con la terapia celular regenerativa? *Rev Cubana Hem, Inmu Hem*, 33(1). Recuperado el 30 de julio de 2023, de <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/560>

Infomed. (09 de abril de 2010). La implantación de células madre se ha mostrado eficaz en la regeneración. *Regeneración de huesos*. Recuperado el 28 de julio de 2023, de <https://temas.sld.cu/medicinaregenerativa/tag/regeneracion-de-huesos/>

Landro, M., Laccia, V., & Douglas, A. (2010). Medicina regenerativa. Su aplicación en traumatología. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol*, 75, 398-403. Recuperado el 15 de julio de 2023, de <http://www.scielo.org.ar/pdf/raaot/v75n4/v75n4a14.pdf>

López, J., Guillén, I., Rodríguez, e., Navarro, r., Caballero, R., Guillén, M. C., & Fernández, T. (2021). Implante de condrocitos autólogos de alta densidad como tratamiento para defectos osteocondrales del tobillo. *Cartílagos*, 12(3), 307-319. doi:10.1177/1947603519835898.

Lopez, J., Rodriguez, E., Guillen, I., Guillen, M., Fernández, T., Maestro, A., & Guillén, P. (2016). Presente y Futuro del Implante de Condrocitos Autólogos para el tratamiento de las lesiones del cartílago articular. *Journal of Cartilage Disease*(2), 4-13. Recuperado el 20 de julio de 2023, de https://campus.sanofi.es/dam/jcr:566abff4-7e14-4957-9109-69bcb6ade9bd/cartilage_disease_num2.pdf

Macpherson, A. (14 de junio de 2021). Los tendones rotos de rótula y Aquiles se regeneran con células madre cultivadas. *La Vanguardia*. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://www.lavanguardia.com/vida/20210614/7527109/tendones-rotos-rotula-aquiles-regeneracion-celulas-madre.html>

Mata, M., Vázquez, G., & Sánchez, V. (2013). Generalidades y aplicaciones de las células madre. *Perinatología y reproducción humana*, 27(3), 194-199. Recuperado el 10 de julio de 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Monica-Mata-Miranda-2/publication/260837531_Generalidades_y_aplicaciones_de_las_celulas_madre/links/545936bf0cf26d5090ad0396/Generalidades-y-aplicaciones-de-las-celulas-madre.pdf?origin=publication_detail

Pérez, C. (09 de febrero de 2021). Elgeadi Traumatología. Recuperado el 25 de julio de 2023, de <https://elgeaditraumatologia.com/celulas-madres-para-tratamientos-traumatologia/>

Pimentel, G., & Murcia, B. (2017). Células madre, una nueva alternativa médica. *Perinatología y reproducción humana*, 31(1), 28-33. Recuperado el 08 de julio de 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Pimentel-Parra/publication/321223628_Celulas_madre_una_nueva_alternativa_medica/links/5a53c93caca2725638c86462/Celulas-madre-una-nueva-alternativa-medica.pdf?origin=publication_detail



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.

CITAR ESTE ARTICULO:

Salej Villada, D. F., Apolo Torres, D. A., Mesache Villagómez, E. J., & Santos León, K. M. (2023). Aplicaciones de la terapia con células madre en traumatología. *Avances, evidencias clínicas y futuras perspectivas*. RECIAMUC, 7(2), 944-952. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(2\).abril.2023.944-952](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(2).abril.2023.944-952)