

**TERAPIAS REGENERATIVAS PARA RECUPERACIÓN FUNCIONAL MASCULINA
DESPUES DE CIRUGÍA UROLÓGICA ONCOLÓGICA
REGENERATIVE THERAPIES FOR FUNCTIONAL RECOVERY IN MEN FOLLOWING
UROLOGICAL ONCOLOGICAL SURGERY**

Autores: ¹Paulina Alejandra Tixe Toalombo, ²José Manuel Andrade Bravo, ³Junior Fernando Damián Silva, ⁴Nicole Guadalupe Campoverde Martínez y ⁵Luis Manuel Vicuña Crespo.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-2187-8206>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-5332-5204>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-9402-4232>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9016-0697>

⁵ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3122-6119>

¹E-mail de contacto: paulinatixe@gmail.com

²E-mail de contacto: josemanuelandrade01@gmail.com

³E-mail de contacto: juniordamian2020@gmail.com

⁴E-mail de contacto: nikicamp2001@gmail.com

⁵E-mail de contacto: luis.vicuna.crespo4@gmail.com

Afiliación: ¹*⁴*⁵*Investigador Independiente, (Ecuador) ²*Centro de Salud Materno Infantil Santa Lucía/Universidad Casa Grande, (Ecuador) ³*Centro de Salud Durán/Universidad Casa Grande, (Ecuador).

Artículo recibido: 4 de Julio del 2026

Artículo revisado: 18 de Julio del 2026

Artículo aprobado: 26 de Julio del 2026

¹Médica general, egresada de la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador). Con 1 año de experiencia laboral.

²Médico, egresado de la Universidad de Guayaquil, (Ecuador). Con 1 año de experiencia laboral. Maestrante de la maestría en Salud y Seguridad Ocupacional, Universidad Casa Grande, (Ecuador).

³Médico, egresado de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, (Ecuador). Con 1 año de experiencia laboral. Maestrante de la maestría en Salud y Seguridad Ocupacional, Universidad Casa Grande, (Ecuador).

⁴Médica, egresada de la Universidad Católica de Cuenca, (Ecuador). Con 1 año de experiencia laboral.

⁵Médico, egresado de la Universidad Católica de Cuenca, (Ecuador). Con 1 año de experiencia laboral.

Resumen

El objetivo fue analizar la evidencia disponible sobre las terapias regenerativas y las estrategias complementarias utilizadas para favorecer la recuperación funcional masculina después de la cirugía urológica oncológica, con énfasis en la función eréctil y la continencia urinaria. Se realizó una revisión integrativa con búsqueda estructurada en bases de datos científicas y fuentes complementarias. Se incluyeron doce publicaciones desarrolladas entre 2021 y 2025, correspondientes a estudios clínicos, investigaciones preclínicas y revisiones de la literatura. Se extrajeron datos sobre el diseño, la población, las intervenciones, los resultados funcionales, la seguridad y las limitaciones metodológicas, y los hallazgos se integraron mediante una síntesis narrativa. Las intervenciones estudiadas comprendieron terapias celulares, ondas de choque de baja intensidad, membranas biológicas, factores de crecimiento, andamios bioactivos,

rehabilitación farmacológica y mecánica, revascularización microquirúrgica y tecnologías orientadas a la preservación funcional, los resultados mostraron señales favorables en la recuperación de la función eréctil, la continencia urinaria y la regeneración neurovascular, además de perfiles de seguridad generalmente aceptables. Sin embargo, la evidencia presentó una marcada heterogeneidad y predominio de estudios retrospectivos, muestras pequeñas, ausencia de grupos de comparación y seguimientos limitados. La evidencia se concentró principalmente en pacientes sometidos a prostatectomía radical, por lo que su aplicación a otras cirugías urológicas oncológicas es limitada. Se concluye que estas estrategias poseen un potencial prometedor, aunque todavía se requieren estudios clínicos controlados, con muestras amplias, protocolos estandarizados y seguimiento prolongado antes de recomendar su incorporación rutinaria.

Palabras clave: Medicina regenerativa, Recuperación funcional, Disfunción erétil, Continencia urinaria, Regeneración neurovascular.

Abstract

The aim was to analyse the available evidence on regenerative therapies and complementary strategies used to promote functional recovery in men following urological cancer surgery, with a focus on erectile function and urinary continence. An integrative review was conducted using a structured search of scientific databases and complementary sources. Twelve publications produced between 2021 and 2025 were included, comprising clinical trials, preclinical studies and literature reviews. Data were extracted on study design, study population, interventions, functional outcomes, safety and methodological limitations, and the findings were synthesised using a narrative synthesis. The interventions studied included cell therapies, low-intensity shock waves, biological membranes, growth factors, bioactive scaffolds, pharmacological and mechanical rehabilitation, microsurgical revascularisation and technologies aimed at functional preservation; the results showed favourable signs regarding the recovery of erectile function, urinary continence and neurovascular regeneration, as well as generally acceptable safety profiles. However, the evidence showed marked heterogeneity and was characterised by a predominance of retrospective studies, small sample sizes, the absence of comparison groups and limited follow-up periods. The evidence focused primarily on patients who had undergone radical prostatectomy; consequently, its applicability to other urological cancer surgeries is limited. It is concluded that these strategies show promising potential, although controlled clinical trials with large sample sizes, standardised protocols and long-term follow-up are still required before their routine adoption can be recommended.

Keywords: Regenerative medicine, Functional recovery, Erectile dysfunction, Urinary continence, Neurovascular regeneration.

Sumário

O objetivo foi analisar as evidências disponíveis sobre as terapias regenerativas e as estratégias complementares utilizadas para promover a recuperação funcional masculina após cirurgias urológicas oncológicas, com ênfase na função erétil e na continência urinária. Foi realizada uma revisão integrativa com pesquisa estruturada em bancos de dados científicos e fontes complementares. Foram incluídas doze publicações elaboradas entre 2021 e 2025, correspondentes a estudos clínicos, pesquisas pré-clínicas e revisões da literatura. Foram extraídos dados sobre o desenho, a população, as intervenções, os resultados funcionais, a segurança e as limitações metodológicas, e os achados foram integrados por meio de uma síntese narrativa. As intervenções estudadas incluíram terapias celulares, ondas de choque de baixa intensidade, membranas biológicas, fatores de crescimento, arcabouços bioativos, reabilitação farmacológica e mecânica, revascularização microcirúrgica e tecnologias voltadas para a preservação funcional; os resultados mostraram sinais favoráveis na recuperação da função erétil, da continência urinária e da regeneração neurovascular, além de perfis de segurança geralmente aceitáveis. No entanto, as evidências apresentaram uma acentuada heterogeneidade e predominância de estudos retrospectivos, amostras pequenas, ausência de grupos de comparação e acompanhamentos limitados. As evidências concentraram-se principalmente em pacientes submetidos à prostatectomia radical; portanto, sua aplicação a outras cirurgias urológicas oncológicas é limitada. Conclui-se que essas estratégias possuem um potencial promissor, embora ainda sejam necessários estudos clínicos controlados, com amostras amplas, protocolos padronizados e acompanhamento prolongado antes de recomendar sua incorporação rotineira.

Palavras-chave: Medicina regenerativa, Recuperação funcional, Disfunção erétil, Continência urinária, Regeneração neurovascular.

Introducción

La cirugía urológica oncológica constituye el pilar fundamental del tratamiento con intención curativa para los cánceres genitourinarios más prevalentes en la población masculina, como el cáncer de próstata (CaP), que representa la segunda neoplasia más diagnosticada y la segunda causa de mortalidad por cáncer en hombres a nivel mundial (Zhang, K., et al. 2026). Junto al CaP, el tratamiento quirúrgico de tumores de vejiga, riñón, testículo y pene ha evolucionado significativamente con la implementación de técnicas de mínima invasión y robótica (Stinson, J., et al. 2023). Procedimientos como la prostatectomía radical, la cistectomía radical, la nefrectomía (parcial o radical), la orquiectomía y la penectomía, a menudo acompañados de linfadenectomías retroperitoneales, han logrado tasas de supervivencia cáncer-específica superiores al 70% en seguimientos a largo plazo (Asker, H., et al. 2022). No obstante, debido a la detección de estos tumores en pacientes cada vez más jóvenes y con mayor esperanza de vida, la importancia de los resultados funcionales ha pasado a ocupar un lugar central en la evaluación del éxito quirúrgico (Abuharb, A., et al. 2024).

A pesar de los avances técnicos, las consecuencias funcionales tras estas intervenciones son frecuentes y profundamente angustiantes, afectando la calidad de vida y la salud mental del paciente y su pareja. La disfunción erétil (DE) es la complicación más reportada, con tasas que oscilan entre el 25% y el 90% tras una prostatectomía o cistectomía radical, incluso cuando se emplean técnicas de preservación nerviosa (Bernal, J., et al 2023). A

esta se suman la pérdida de continencia urinaria, la disfunción orgásmica, la infertilidad, la pérdida de longitud peneana y alteraciones en la imagen corporal (Thakur, P., et al. 2023). Los mecanismos fisiopatológicos subyacentes incluyen la lesión de los nervios cavernosos (CNI) por tracción o daño térmico, la neuropraxia resultante, la lesión vascular especialmente de las arterias pudendas accesorias y el daño del esfínter urinario (Breyer, B., et al. 2024). Estos eventos desencadenan una cascada de Wallerian, produciendo hipoxia tisular, apoptosis del músculo liso y fibrosis del cuerpo cavernoso, lo que finalmente conduce a una disfunción veno-oclusiva irreversible si no se interviene precozmente (Caruso, V., et al. 2025).

Los tratamientos convencionales actuales para la rehabilitación funcional se centran principalmente en el manejo de la DE y la incontinencia. Estos incluyen el uso de inhibidores de la fosfodiesterasa tipo 5 (PDE5i) como primera línea, dispositivos de vacío (VED), inyecciones intracavernosas de agentes vasoactivos, la rehabilitación del suelo pélvico y, en casos refractarios, la implantación de prótesis peneanas o esfínteres urinarios artificiales (Castellucci, R., et al. 2023). Si bien estas intervenciones pueden compensar la función perdida de manera temporal o mecánica y mejorar la oxigenación cavernosa para prevenir cambios estructurales, presentan limitaciones significativas como altas tasas de abandono por falta de espontaneidad y efectos secundarios (Li, F., et al. 2024). Estas terapias tradicionales actúan sobre los síntomas, pero no logran regenerar el tejido neurovascular lesionado ni restaurar la integridad biológica original de las estructuras pélvicas (Zengin, S., et al. 2024).

En este escenario, las terapias regenerativas emergen como una solución innovadora basada en la ingeniería de tejidos y la medicina biológica (López, J., et al. 2024). Estas estrategias incluyen el uso de células madre mesenquimales, el plasma rico en plaquetas (PRP), las ondas de choque de baja intensidad (Li-ESWT), los exosomas y diversos factores de crecimiento NGF, BDNF, VEGF. Adicionalmente, se han desarrollado biomateriales y andamios bioactivos, como membranas amnióticas/coriónicas, colágeno y el uso de seda de araña para la reconstrucción nerviosa (Lorenzo, F., et al. 2025). Los mecanismos propuestos para estas terapias abarcan la angiogénesis, la neuroregeneración mediante el apoyo de las células de Schwann, la modulación de la respuesta inflamatoria, la recuperación endotelial y potentes efectos paracrinos que reducen la fibrosis y la apoptosis muscular (Manocchio, N., et al. 2025).

A pesar del potencial transformador de estas tecnologías, persiste una notable brecha de conocimiento para su implementación clínica estandarizada (Matthew, A., et al. 2023). Las revisiones anteriores subrayan que la mayoría de la evidencia proviene de estudios preclínicos o experimentos in vitro, con una escasez de ensayos clínicos aleatorizados de alta calidad. Las investigaciones disponibles suelen presentar muestras pequeñas, seguimientos a corto plazo, intervenciones altamente heterogéneas en cuanto a dosis y vías de administración, e instrumentos de medición dispares que dificultan la comparación de resultados (Qu, R., et al. 2026). Asimismo, existe una concentración desproporcionada de la evidencia en pacientes sometidos a prostatectomía radical, dejando vacíos de información en otros tipos de cirugía urológica (Salkowski, M., et al. 2023). En este contexto, el objetivo de esta revisión sistemática fue

evaluar la eficacia y seguridad de las terapias regenerativas utilizadas para promover la recuperación funcional masculina después de cirugía urológica oncológica. La literatura actual reconoce como terapias regenerativas, entre otras, las células madre, el plasma rico en plaquetas y las ondas de choque de baja intensidad, pero la evidencia clínica continúa siendo heterogénea y para varias intervenciones, experimental.

Materiales y Métodos

Se realizó una revisión integrativa de la literatura con búsqueda estructurada, orientada a analizar las terapias regenerativas y otras estrategias complementarias relacionadas con la preservación, rehabilitación y recuperación funcional masculina después de cirugía urológica oncológica. Debido a la amplitud del tema y a la heterogeneidad de la evidencia disponible, la revisión incorporó estudios clínicos, evidencia preclínica y revisiones de la literatura pertinentes para comprender tanto los resultados funcionales como sus mecanismos biológicos y aplicaciones potenciales.

La pregunta de revisión se estructuró mediante una adaptación del marco PICOS. La población de interés estuvo constituida principalmente por hombres adultos sometidos a cirugía urológica oncológica, especialmente prostatectomía radical. También se admitieron estudios sobre disfunción eréctil orgánica o vascular y modelos experimentales de lesión del nervio cavernoso cuando aportaban evidencia complementaria sobre mecanismos regenerativos, factores pronósticos o posibles aplicaciones posteriores a la cirugía.

Las intervenciones de interés comprendieron terapias celulares, ondas de choque de baja intensidad, membranas amnióticas o placentarias, factores de crecimiento,

biomateriales y andamios bioactivos. Asimismo, se incluyeron estrategias complementarias de rehabilitación farmacológica y mecánica, revascularización microquirúrgica, técnicas de preservación neurovascular, cirugía robótica, inteligencia artificial, realidad aumentada y biomarcadores vinculados con la recuperación funcional. Cuando estuvo disponible, el comparador correspondió a placebo, ausencia de intervención, tratamiento convencional, controles sanos u otra modalidad terapéutica; no obstante, la existencia de un grupo comparador no fue un requisito obligatorio debido al carácter exploratorio e integrativo de la revisión.

Los desenlaces de interés fueron la recuperación de la función eréctil y de la continencia urinaria, la potencia espontánea o asistida, los cambios en escalas funcionales como IIEF-5, IIEF-15, SHIM y EHS, los parámetros vasculares y tisulares, la seguridad de las intervenciones, los eventos adversos, la viabilidad técnica y los resultados oncológicos cuando fueron informados.

La búsqueda bibliográfica se efectuó en MEDLINE/PubMed, Embase, Cochrane CENTRAL, Scopus, Web of Science y LILACS/BVS. De manera complementaria, se consultó Google Scholar y se revisaron las referencias bibliográficas de los artículos considerados pertinentes. Se utilizaron descriptores controlados MeSH y DeCS, junto con términos de lenguaje libre relacionados con “prostatectomy”, “urologic neoplasms”, “erectile dysfunction”, “urinary incontinence”, “functional recovery”, “regenerative medicine”, “stem cells”, “platelet-rich plasma”, “shockwave therapy”, “amnion membrane”, “placental allograft”, “nerve growth factor”, “tissue scaffolds”, “penile rehabilitation”,

“robotic surgery”, “artificial intelligence” y “biomarkers”. Los términos se combinaron mediante los operadores booleanos AND y OR y se adaptaron a la sintaxis de cada base de datos.

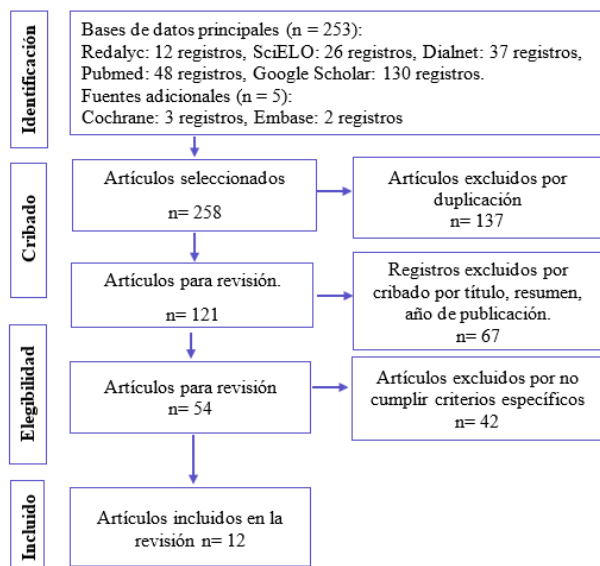
Se consideraron publicaciones comprendidas entre 2021 y 2025, en español o inglés, con disponibilidad de texto completo y relación directa o complementaria con la recuperación funcional masculina, la rehabilitación posterior a cirugía urológica oncológica o los mecanismos de regeneración neurovascular. Se incluyeron ensayos y estudios piloto, cohortes prospectivas o retrospectivas, series de casos, estudios transversales, investigaciones preclínicas y revisiones de la literatura. Los estudios preclínicos y las revisiones se incorporaron como evidencia contextual o mecanística y se diferenciaron de los estudios clínicos al interpretar los resultados.

Se excluyeron editoriales, cartas al editor, resúmenes sin texto completo, publicaciones duplicadas y documentos que no aportaran resultados sobre función sexual, continencia, regeneración neurovascular, seguridad, factibilidad, factores pronósticos o tecnologías relacionadas con la preservación funcional. La selección comprendió la eliminación de duplicados, la revisión de títulos y resúmenes y, posteriormente, la evaluación del texto completo.

Para cada publicación se extrajeron los siguientes datos: autor, año y país; diseño del estudio; características de la población o modelo experimental; intervención o tecnología evaluada; resultados funcionales, biológicos u oncológicos; seguridad; eventos adversos; duración del seguimiento y principales limitaciones metodológicas. Debido a la heterogeneidad clínica y metodológica de las

investigaciones, no se efectuó metaanálisis. Los hallazgos se organizaron en una tabla comparativa y se integraron mediante síntesis narrativa.

Figura 1: Diagrama Prisma



Fuente: Elaboración propia

El riesgo de sesgo y la calidad de la evidencia se valoraron cualitativamente de acuerdo con el diseño de cada publicación, considerando la presencia de grupo control, tamaño de la muestra, carácter prospectivo o retrospectivo,

método de selección de participantes, duración del seguimiento, control de variables de confusión y aplicabilidad de los resultados. Para la evidencia preclínica también se consideraron las limitaciones de extrapolación a seres humanos. La clasificación final del riesgo de sesgo se expresó mediante las categorías bajo, moderado o alto. La selección de las publicaciones, la extracción de los datos y la valoración metodológica fueron realizadas por dos investigadores y las diferencias se resolvieron mediante consenso.

Resultados y Discusión

La búsqueda y selección permitió identificar 12 publicaciones con diferentes diseños metodológicos y niveles de evidencia. Los estudios abordaron terapias regenerativas, estrategias de rehabilitación y tecnologías complementarias relacionadas con la preservación o recuperación funcional masculina. Debido a su heterogeneidad, los principales hallazgos sobre eficacia, seguridad, resultados funcionales y riesgo de sesgo se organizaron de manera comparativa (ver tabla 1):

Tabla 1. Evidencia sobre terapias regenerativas y estrategias complementarias para la recuperación funcional masculina.

Estudio	Características de la intervención	Resultados funcionales	Seguridad	Riesgo de sesgo	Análisis
Soto, A et al., 2025, Costa Rica	Protocolo multimodal regenerativo: Ondas de choque de baja intensidad (LiST) + terapia con células madre mesenquimales de cordón umbilical (UC-MSCs) por vía intrapeniana e intravenosa + oxigenoterapia hiperbárica.	Mejora con un aumento medio de 3.0 puntos en las puntuaciones del cuestionario SHIM a los 3 meses post-tratamiento (p = 0.0017).	Seguro: Sin complicaciones inmediatas durante el procedimiento bajo sedación, ni eventos adversos reportados a los 3 meses de seguimiento.	Alto: Diseño observacional retrospectivo de cohorte única, tamaño de muestra pequeño (n = 22).	Este estudio analizó un protocolo regenerativo multimodal aplicado en pacientes diagnosticados con disfunción eréctil de origen orgánico. El esquema de tratamiento integró la aplicación secuencial de ondas de choque extracorpóreas de baja intensidad, la inyección intracavernosa y la infusión intravenosa de células madre mesenquimales derivadas de cordón umbilical complementadas con sesiones posteriores de oxigenoterapia hiperbárica. Tras el análisis estadístico multivariante de las puntuaciones del cuestionario SHIM, se constató un incremento de 3.0 puntos, a los 3 meses posintervención p = 0.0017. Sin embargo, la gravedad basal de la DE actuó como un factor limitante, permitiendo que solo el 40.9% de los pacientes alcanzara la mejoría clínica mínimamente importante. El protocolo se realizó bajo sedación y demostró un perfil de seguridad óptimo, sin reportar complicaciones o eventos adversos a corto plazo.

Harke, N et al., 2023, Alemania	Reconstrucción microquirúrgica de los haces neurovasculares utilizando seda de araña combinada con una matriz de fibrina durante prostatectomía radical robótica.	A las 12 semanas, 3 de 6 pacientes 50% lograron erecciones suficientes para la penetración. A largo plazo, el cuestionario IIEF-5 mejoró a una mediana de 18.5 puntos.	Seguro: No se registraron reacciones inmunológicas adversas de rechazo, fistulas ni inflamación local debida al biomaterial.	Alto: Estudio piloto inicial de viabilidad de brazo único, muestra diminuta n = 6, sin aleatorización.	Reporta un análisis de viabilidad técnica piloto prospectivo y de brazo único, diseñado bajo la etapa 1 de las recomendaciones de innovación quirúrgica IDEAL, que evaluó la reconstrucción microquirúrgica unilateral o bilateral de los haces neurovasculares periprostáticos durante la prostatectomía radical robótica utilizando conductos de seda de araña de la glándula ampular mayor combinados con una matriz de fibrina. Tras el análisis a largo plazo, el 50% de los pacientes 3 de 6 recuperó erecciones espontáneas suficientes para el coito a las 12 semanas posquirúrgicas, registrando una puntuación de IIEF-5 final mediana de 18.5 puntos una variación de solo -1.5 puntos respecto a los valores basales. No se observaron reacciones inmunológicas adversas, aumento patológico de reactantes de fase aguda, fistulas o signos locales de rechazo al andamio biológico, confirmando su excelente biocompatibilidad <i>in vivo</i> .
Gottlieb, J et al., 2024, EE. UU.	Aloinjerto placentario criopreservado (CAM) aplicado en la anastomosis vesicouretral y haces neurovasculares durante RARP.	Tasa de continencia del 93% (≤ 1 compresa de seguridad/día) a los 12 meses post-RARP.	Seguro: Excelente perfil de seguridad oncológica; no interfirió en la supervivencia libre de recidiva bioquímica.	Moderado: Estudio de cohortes retrospectivo controlado n= 362 evaluados para continencia.	Este estudio retrospectivo comparativo analizó a 362 pacientes operados de RARP por un único cirujano con el objetivo de evaluar el impacto funcional y la seguridad oncológica de la colocación intraoperatoria de aloinjertos de membrana amniótica criopreservada sobre los haces neurovasculares y la anastomosis uretrovesical. Al comparar el grupo control negativo sin membrana, n = 143 frente a los dos brazos de CAM (Brand A, n = 142; Brand B, n = 77), se evidenció que los pacientes tratados con CAM lograron una recuperación más rápida de la continencia urinaria temprana (p = 0.01), alcanzando una tasa de continencia global del 93% al año. Mediante análisis de supervivencia de Kaplan-Meier y Log-rank, se demostró que el uso de CAM no afectó la supervivencia libre de recidiva bioquímica (p = 0.7); de forma paralela, ensayos <i>in vitro</i> revelaron que la CAM disminuyó la viabilidad de líneas celulares de cáncer de próstata de manera dependiente de la dosis.
Casanova, M et al., 2023, Portugal	Estudio Preclínico: Membrana electrohilada bioactiva (eFM-uNGF) funcionalizada con anticuerpo y cargada localmente con factor de crecimiento nervioso extraído de orina.	Logró una recuperación de la función eréctil comparable al grupo sano, con más del 65% de restauración funcional. Demostró un incremento de células musculares lisas, eNOS y nNOS, regeneración de axones mielinizados, reducción de la apoptosis en el cuerpo cavernoso y prevención de la fibrosis peneana.	Seguro: Excelente biocompatibilidad; se observó una reacción inflamatoria local leve y transitoria a nivel tisular con una cápsula fibrosa delgada. No hubo efectos secundarios sistémicos indeseados.	Bajo, pero limitado por la traslación de modelos animales a humanos.	Estudio experimental preclínico que evaluó en un modelo de rata Sprague-Dawley con lesión por aplastamiento bilateral del nervio cavernoso la implantación local de una membrana fibrosa electrohilada bioactiva funcionalizada con anticuerpos para la liberación localizada y sostenida de factor de crecimiento nervioso endógeno obtenido de la orina del propio sujeto (eFM-uNGF). Tras las evaluaciones funcionales, histológicas y de biología molecular, el grupo tratado con eFM-uNGF logró una recuperación de la respuesta eréctil superior al 65%, preservó las fibras nNOS-positivas en el nervio cavernoso y eNOS en los vasos, aumentó la densidad de músculo liso, reguló positivamente genes neurogénicos (GAP-43, NF200, MAP2) y previno la apoptosis y la fibrosis cavernosa al reducir los niveles de colágeno.
Barski, D et al., 2023, Alemania	Estudio Piloto de prueba retrospectivo: Tinción con azul de metileno (dilución 2:8) para visualización intraoperatoria del	Recuperación acelerada de la continencia urinaria temprana 79% sin compresas y 14% con una sola compresa de seguridad a los 3	Seguro: El procedimiento fue factible y libre de complicaciones mayores según Clavien-Dindo. Sin sangrado	Alto: Diseño retrospectivo de cohorte única, muestra muy pequeña n = 14 y ausencia de grupo control	Estudio retrospectivo de prostatectomía radical abierta en el que se analizó la viabilidad de asociar la tinción intraoperatoria selectiva del plexo pélvico con azul de metileno y la colocación de parches de membrana amniótica humana deshidratada sobre la anastomosis

	plexo pélvico combinada con la colocación de parches de membrana amniótica deshidratada sobre los haces neurovasculares y la anastomosis uretrovesical durante prostatectomía abierta.	meses, logrando una tasa global de continencia del 93%. No se observó un efecto claro en la recuperación precoz de la potencia eréctil 36% potente a los 12 meses.	postoperatorio significativo ni necesidad de transfusión. Compatible con uso off-label.	contemporáneo aleatorizado.	uretrovesical y los haces neurovasculares. El procedimiento quirúrgico demostró ser altamente factible y seguro según la clasificación Clavien-Dindo, facilitando una recuperación muy temprana de la continencia urinaria, promoviendo una adecuada epitelización local. No obstante, a los 12 meses de seguimiento, el estudio no constató un beneficio clínico directo significativo en la recuperación precoz de la potencia eréctil.
Di Nauta, M et al., 2025, Italia	Estudio de cohorte retrospectivo n= 570: Programa de andro-rehabilitación precoz multimodal precoz combinando tadalafilo, inyecciones intracavernosas de alprostadil y uso diario de dispositivo de vacío.	A los 2 años, la recuperación de la potencia asistida fue del 75% para IIEF-5 basal >16 y del 45% para IIEF-5 basal <16. El tratamiento combinado trilateral (PDE5i + VED + Caverject) alcanzó las tasas más altas de potencia asistida hasta 80%. La potencia espontánea fue del 36% basal >21 vs. 18% basal 17-21.	Seguro: Eventos adversos locales leves propios del VED y de la inyección intracavernosa. La adherencia a largo plazo al protocolo intensivo representa el mayor reto clínico.	Moderado: Estudio observacional retrospectivo comparativo. Presenta sesgo de selección ya que la cohorte que optó por rehabilitación era significativamente más joven y con estadios tumorales más favorables.	Este estudio de cohorte retrospectivo comparativo analizó de forma masiva a 570 pacientes 397 bajo rehabilitación activa precoz vs. 173 controles para evaluar los resultados funcionales de un programa de andro-rehabilitación multimodal precoz iniciado antes de las 6 semanas de la prostatectomía radical, el cual combinó tadalafilo diario 20 mg en días alternos, inyecciones intracavernosas de alprostadil y uso diario de dispositivo de vacío. A los 2 años, la recuperación de la potencia eréctil asistida fue de hasta el 80% en pacientes que cumplían el protocolo trimodal. Se demostró que el uso sistemático del VED fue un pilar crítico para evitar la atrofia por hipoxia y preservar la longitud del pene, logrando excelentes tasas de potencia asistida incluso en pacientes con DE preexistente.
Akdemir, F et al. 2025, Turquía	Serie de Casos Retrospectiva n = 21: Cirugía de revascularización peneana para rehabilitación de DE de origen vascular refractaria tras prostatectomía preservadora de nervios.	Mejora estadísticamente significativa en los puntajes funcionales a los 12 meses. El IIEF-5 promedio se elevó de 8.57 ± 1.16 preoperatorio a 14.67 ± 0.69 postoperatorio. Éxito clínico completo documentado en 12 de 21 pacientes 57% definido como aumento de ≥5 puntos en IIEF-5, IIEF-15 ≥26, EHS ≥3 y RI arterial cavernoso >0.80.	Seguro: Tratamiento efectivo que restituye un flujo más fisiológico y evita las complicaciones irreversibles de la implantación de una prótesis peneana. Sin complicaciones graves reportadas.	Alto: Serie de casos retrospectiva monocéntrica de un solo brazo, tamaño de muestra reducido n = 21 y seguimiento a mediano plazo.	Serie retrospectiva de casos (n = 21) que evaluó de forma clínica e instrumental la microcirugía de revascularización peneana tardía para hombres con DE vasculogénica severa refractaria posprostatectomía. A los 12 meses de seguimiento, se documentó un éxito clínico completo en el 57.1% de los casos, definido por un incremento mínimo de 5 puntos en el IIEF-5, un IIEF-15 final 26 y una rigidez eréctil EHS 3.
Belenchón, I et al., 2022, España	Revisión sistemática 38 artículos analizados, 11 específicos de regeneración neurovascular post-prostatectomía. Evalúa la evidencia clínica de terapias celulares y biomateriales de ingeniería de tejidos colocados intraoperatoriamente.	- SCT: Confirma mejoras duraderas en la función eréctil (IIEF-15, EHS) y velocidad sistólica mediante inyecciones de ADRCs y BM-MNCs. - dHACM: Acelera el retorno a la potencia y continencia, con una probabilidad 3.86 veces mayor de recuperar potencia al año. - Quitosano: Incrementa significativamente la potencia temprana en los meses 1 y 2, incluso en pacientes sin preservación neurovascular.	Excelente perfil de seguridad: No se reportaron eventos adversos graves en los ensayos de SCT ni de biomateriales. La aplicación de dHACM y quitosano no compromete la seguridad oncológica ni eleva la recidiva bioquímica (BCR ≈ 10%).	Moderado: Estructura de revisión narrativa. Aunque utiliza un proceso de tamizaje estructurado, está sujeta a la heterogeneidad de los estudios clínicos primarios.	Se sintetizó la evidencia acumulada sobre las nuevas terapias biológicas orientadas a la regeneración de los haces neurovasculares tras la prostatectomía radical. Estructurada mediante criterios PRISMA y el marco de población PICO, analizó críticamente los resultados de la terapia celular y la ingeniería de tejidos. Confirmó que la inyección intracavernosa de ADRCs y BM-MNCs induce mejoras estables en el IIEF-15, la rigidez y el flujo vascular a los 12 meses, mientras que las membranas biológicas intraoperatorias aceleran de forma significativa el retorno a la potencia temprana sin comprometer el control oncológico ni elevar las tasas de recidiva bioquímica.

Bellos, T et al., 2024, Grecia	Revisión sobre las aplicaciones de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la realidad aumentada en la cirugía robótica onco-urológica, con foco en la preservación de estructuras durante la prostatectomía radical asistida por robot (RARP).	•Reconstrucción 3D de alta precisión: Permite la superposición elástica de imágenes virtuales intraoperatorias sobre los tejidos reales. • Navegación guiada por IA: Facilita la identificación milimétrica de la cápsula prostática y del plexo nervioso pélvico, optimizando la disección conservadora de nervios. •Detector de sangrado: Minimiza el riesgo de lesión térmica o tracción accidental al optimizar la visualización del campo quirúrgico.	Seguridad pasiva digital: Al ser tecnologías de navegación por imagen sin contacto tisular directo, no presentan riesgos biológicos. Reducen las tasas de márgenes quirúrgicos positivos y complicaciones vasculares accidentales.	Moderado: Limitado por evaluar una disciplina de rápida evolución tecnológica, con pocos estudios prospectivos a largo plazo centrados en desenlaces funcionales definitivos.	Examinó de manera integral la incorporación de la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y los sistemas de realidad aumentada en la cirugía de conservación durante la prostatectomía robótica. Resalta cómo la superposición elástica intraoperatoria de modelos virtuales tridimensionales de alta definición (HA3D™) sobre los tejidos y el uso de métricas de rendimiento automatizadas (APMs) facilitan la identificación precisa de la cápsula prostática y del plexo nervioso pélvico. Esto minimiza el daño por tracción o calor, asociándose en los estudios clínicos con un incremento absoluto en la tasa de recuperación de la continencia urinaria temprana del 10.8% a los 3 meses y del 9.1% a los 6 meses posoperatorios.
Leyh, S et al., 2021, Alemania	Estudio de cohorte retrospectivo con emparejamiento por puntaje de propensión (PSM 4:1): Compara los resultados perioperatorios, funcionales y oncológicos tras prostatectomía radical asistida por robot con linfadenectomía extendida entre hombres de edad avanzada ≥ 75 años, (n = 669) y pacientes más jóvenes < 70 años, (n = 8268).	• Incontinencia: A los 12 meses, la continencia urinaria fue equivalente entre ambos grupos 85% en ≥ 75 años vs. 86% en < 70 años, (p = 0.99). • Función eréctil: La edad avanzada fue un factor limitante, con una tasa de recuperación menor a los 36 meses 27% en ≥ 75 años vs. 56% en < 70 años, (p < 0.001). • Oncología: Aunque presentaron histopatologías más agresivas (ISUP ≥ 4, $\geq pT3$), la edad no incrementó el riesgo independiente de recidiva bioquímica o progresión metastásica tras ajustar las variables del tumor.	Altamente factible y seguro: La duración de la cirugía, la pérdida estimada de sangre y las tasas de complicaciones posoperatorias globales a los 30 días fueron prácticamente idénticas entre ambos grupos.	Moderado: Carácter observacional y monocéntrico. Existe un sesgo de selección intrínseco debido a que solo los pacientes mayores considerados aptos por el cirujano y anestesiólogo fueron sometidos a RARP.	Se realizó un análisis de emparejamiento por puntaje de propensión en relación 4:1, evaluó la viabilidad y los resultados oncológicos y funcionales de la RARP con linfadenectomía extendida en hombres de edad avanzada demostró que la cirugía robótica es altamente factible y segura en la población anciana bien seleccionada, registrando tasas de complicaciones, sangrado y estancia hospitalaria idénticas al grupo joven.
Xiong et al., 2023, China	Estudio prospectivo unicéntrico (n = 110): Evaluación clínica de la nueva plataforma robótica china de mínima invasión KangDuo-Surgical Robot-01 (KD-SR-01) en cirugías urológicas, incluyendo 41 prostatectomías radicales.	• Factibilidad técnica: El sistema KD-SR-01 logró una tasa de éxito quirúrgico del 100% sin conversiones a cirugía abierta o laparoscópica convencional. •Recuperación funcional: La tasa de recuperación de la continencia urinaria al primer mes de retirar la sonda vesical fue del 88% tanto para el abordaje intraperitoneal como extraperitoneal. No se reportó recidiva bioquímica durante la mediana de seguimiento de 11 meses.	Altamente seguro: Ninguno de los pacientes requirió transfusión de sangre intraoperatoria ni se registraron complicaciones posoperatorias mayores (Clavien-Dindo $\geq$ III).	Alto: Diseño de brazo único y cohorte única no aleatorizada sin grupo de comparación concurrente.	Estudio clínico prospectivo, observacional y de cohorte única (n = 110, incluyendo 41 prostatectomías radicales) diseñado para evaluar la factibilidad técnica, seguridad, ergonomía y morbilidad funcional de la nueva plataforma robótica multipuerto china KangDuo-Surgical Robot-01 (KD-SR-01). El sistema completó de manera exitosa el 100% de las intervenciones reconstructivas y oncológicas sin requerir conversión a cirugía abierta y sin reportar eventos adversos mayores (Clavien-Dindo (ge) III) ni pérdidas hemáticas que requirieran transfusión. Al primer mes de retirar el catéter vesical, la tasa de recuperación de la continencia urinaria temprana fue del 88%, mientras que el diseño de consola abierta demostró mitigar notablemente la fatiga del cuello del cirujano.

Zengin et al., 2024b, Turquía	Estudio observacional transversal de casos y controles (Grupo 1 (n = 99) con DE vs. Grupo 2 (n = 52) controles sanos: Evaluación de la viscosidad plasmática medida con viscometría clínica como biomarcador predictivo de la disfunción eréctil (DE) de origen vascular.	•Correlación diagnóstica: La VP fue mayor en pacientes con DE en comparación con los controles sanos ($p < 0.001$) y se correlacionó de forma negativa con la puntuación de la función eréctil del IIEF ($r = -0.445$, $p < 0.001$). Capacidad predictiva: El análisis de regresión logística multivariante identificó a la viscosidad plasmática como un predictor independiente de DE. El valor de corte de 1.12 mPas predice la presencia de DE con una sensibilidad del 72% y especificidad del 74% (AUC: 0.808). Su uso ayuda a identificar pacientes con DE que deben ser remitidos a cardiología debido a una alta tasa de enfermedad coronaria oculta.	Seguro: Es una prueba de diagnóstico y monitorización biológica no invasiva y reproducible en la práctica urológica diaria.	Moderado: Estudio unicéntrico y transversal; no se utilizó ecografía Doppler peneana como estándar de referencia por su carácter invasivo.	Estudio observacional transversal de casos y controles (99 hombres con disfunción eréctil vs. 52 controles sanos) que evaluó por primera vez la viscosidad plasmática medida con viscometría clínica como un biomarcador reológico predictivo y no invasivo de la DE de origen vascular. Demostró que la VP es mayor en hombres con DE frente a los controles, correlacionándose de forma negativa con la función eréctil del cuestionario IIEF-5. El análisis de regresión logística multivariante identificó a la VP como un predictor independiente de DE vascular, y el análisis de la curva ROC determinó que un valor de corte de VP de 1.12 mPas predice la DE con una sensibilidad del 72% y una especificidad del 74% (AUC: 0.808; $p < 0.001$).
-------------------------------	---	---	---	--	--

Fuente: *Elaboración propia*

Discusión

El análisis de la evidencia revela que el éxito de las intervenciones regenerativas depende intrínsecamente de su mecanismo de acción y del momento de su aplicación. En el ámbito preclínico, la modulación directa del microambiente de la lesión mediante factores de crecimiento y andamios bioactivos ha demostrado un éxito biológico incuestionable. A este respecto, el modelo de experimentación in vivo desarrollado por Casanova, M et al., 2023, demostró que la implantación local de una membrana electrohilada cargada con factor de crecimiento nervioso endógeno (eFM-uNGF) tras una lesión por aplastamiento bilateral del nervio cavernoso logra rescatar más del 65% de la respuesta eréctil fisiológica. Este andamio bioactivo no solo estimula la regeneración axonal mediante la preservación de fibras nNOS en el nervio cavernoso y eNOS en el tejido vascular cavernoso, sino que previene de forma estadísticamente

significativa la apoptosis celular y la fibrosis del músculo liso al reducir la síntesis y depósito de colágeno tipos I y II en los cuerpos cavernosos.

Sin embargo, al trasladar estos principios a la práctica clínica humana, los resultados se vuelven sustancialmente más complejos y condicionados por la técnica quirúrgica y el diseño del estudio. Tal como describen Soto, A et al., 2025, la aplicación de un protocolo regenerativo multimodal que asocia inyecciones intracavernosas y sistémicas de células madre mesenquimales de cordón umbilical (UC-MSCs), ondas de choque extracorpóreas (LiST) y oxigenoterapia hiperbárica en pacientes con disfunción eréctil orgánica (excluyendo antecedentes de prostatectomía radical) obtuvo un incremento medio de 3.0 puntos (3.63 ajustados) en el cuestionario SHIM a los 3 meses posintervención. Si bien esta mejoría fue significativa, los autores destacan que solo el

40.9% de los hombres alcanzó la diferencia clínica mínimamente importante, lo que pone de manifiesto que la gravedad basal de la disfunción eréctil actúa como un limitador biológico severo que frena la eficacia de la medicina regenerativa celular.

Por el contrario, cuando la lesión neurovascular se produce de manera iatrogénica durante la prostatectomía radical asistida por robot, la reconstrucción física directa de los haces periprostáticos ha cobrado un renovado interés biotecnológico. En este escenario, Harke, N et al., 2023, exploraron la viabilidad clínica inicial de realizar una reconstrucción microquirúrgica de los nervios cavernosos utilizando conductos de seda de araña combinados con una matriz de fibrina. Los resultados de este estudio piloto (IDEAL etapa 1) demostraron que el 50% de los pacientes 3 de 6 recuperó erecciones espontáneas suficientes para el coito a las 12 semanas posquirúrgicas, alcanzando una mediana de 18.5 puntos en el IIEF-5 a largo plazo, lo que confirma que el uso de andamios biológicos naturales estructurados representa una vía factible y con una gran biocompatibilidad que evita la atrofia del músculo liso peneano.

Además de la función eréctil, la recuperación temprana de la continencia urinaria posquirúrgica representa un hito fundamental para la calidad de vida de los pacientes. Al respecto, el uso de membranas biológicas acelulares derivadas de la placenta humana ha demostrado acelerar notablemente el proceso de cicatrización y epitelización de la anastomosis uretrovesical. Así mismo, Gottlieb, J et al., 2024, aportaron datos clínicos robustos basados en un estudio retrospectivo comparativo de 362 pacientes sometidos a RARP, evidenciando que el uso de aloinjertos de membrana amniótica criopreservada colocados directamente sobre la

anastomosis uretrovesical y los haces neurovasculares acelera la recuperación de la continencia urinaria temprana ($p = 0.01$). La tasa de continencia global obtenida al cabo de un seguimiento prolongado (mediana de 41 meses) fue del 93%, confirmando un excelente perfil de seguridad oncológica que no interfiere con la supervivencia libre de recidiva bioquímica ($p = 0.7$).

En este sentido, Barski, D et al., 2023, Alemania analizaron una aproximación clínica similar en prostatectomía radical abierta, combinando la aplicación intraoperatoria de parches de membrana amniótica deshidratada y la tinción nerviosa con azul de metileno. Sus resultados confirmaron una recuperación acelerada y muy temprana de la continencia urinaria (el 93% de la cohorte logró la continencia o el uso de una sola compresa de seguridad a los 3 meses). No obstante, de forma análoga a lo reportado en estudios previos, esta intervención no se asoció de manera clara con una mejoría significativa de la función eréctil precoz a los 12 meses postoperatorios (DE completa registrada en el 50% de los casos), lo que sugiere que las propiedades antiinflamatorias y pro-epitelizantes de las membranas amnióticas ejercen un impacto inmediato más contundente sobre la cicatrización urinaria que sobre la regeneración nerviosa autonómica pélvica de trayecto largo.

Una de las principales debilidades identificadas en la literatura sobre medicina regenerativa urológica es la heterogeneidad de los diseños de estudio y la falta de grupos control adecuados para discriminar el efecto regenerativo real frente a la recuperación espontánea y fisiológica de los tejidos. Sin embargo, Di Nauta, M et al., 2025, demostraron que la implementación de un programa de andro-rehabilitación multimodal precoz <6 semanas post-prostatectomía que

asocia tadalafilo diario, inyecciones intracavernosas semanales de alprostadil (Caverject) y el uso diario de dispositivos de vacío supera de forma contundente la conducta expectante pasiva del grupo de control no rehabilitado. En su cohorte prospectiva de 570 pacientes, los hombres bajo rehabilitación activa alcanzaron tasas de potencia eréctil asistida de hasta el 80% a los 2 años. Este hallazgo subraya que el uso concomitante y sinérgico de terapias farmacológicas y mecánicas resulta indispensable para mantener la oxigenación y distensibilidad de los cuerpos cavernosos durante el periodo de neuropraxia, previniendo la fibrosis estructural.

De manera complementaria, Akdemir, F et al. 2025, evaluaron una alternativa microquirúrgica tardía en 21 pacientes que presentaban disfunción eréctil vasculogénica post-prostatectomía refractaria a los tratamientos farmacológicos orales e intracavernosas convencionales. Su técnica de revascularización peneana microquirúrgica demostró un éxito clínico completo en el 57.1% de los casos a los 12 meses de seguimiento, logrando un incremento tanto en los cuestionarios de función (IIEF-5, IIEF-15 y EHS) como en los parámetros hemodinámicos evaluados por Doppler (velocidad sistólica pico que ascendió a 28.79 cm/s e índice de resistencia >0.80). Si bien este estudio carece de un brazo control contemporáneo o placebo, demuestra que la restauración quirúrgica de un flujo arterial cavernoso óptimo representa una alternativa fisiológica eficaz antes de considerar la implantación definitiva de una prótesis peneana.

En consonancia con lo expuesto por Belenchón, I et al., 2022, la medicina regenerativa urológica contemporánea adolece de una alta heterogeneidad en los protocolos de

preparación y dosificación celular. Las revisiones sistemáticas de ensayos de fase I y II sobre inyecciones de células madre y biomateriales demuestran una señal biológica prometedora con un perfil de seguridad excelente sin riesgo de progresión tumoral y tasa de recidiva bioquímica estable $\approx 10\%$. Sin embargo, la variabilidad metodológica de los bioproductos dificulta la formulación de directrices estandarizadas de uso clínico masivo, requiriendo un esfuerzo global para homogeneizar las concentraciones y métodos de activación celular.

Por otra parte, para lograr una medicina de precisión, es mandatorio contar con biomarcadores objetivos que permitan clasificar la severidad de la disfunción eréctil y predecir la respuesta al tratamiento. Finalmente, Zengin et al., 2024, introdujeron una variable innovadora al proponer la viscosidad plasmática medida mediante viscometría clínica como un biomarcador reológico predictivo y no invasivo de la disfunción eréctil de origen vasculogénico. Sus hallazgos confirmaron que la VP es significativamente mayor en hombres con disfunción eréctil frente a controles sanos ($p < 0.001$), correlacionándose de forma negativa con la puntuación de la función eréctil del IIEF-5. Un valor de corte de VP de 1.12 mPas predice la DE vascular con una sensibilidad del 72% y especificidad del 74%, lo que facilita una detección oportuna de alteraciones hemodinámicas y ayuda a orientar a los pacientes hacia programas preventivos cardiovasculares y regenerativos pélvicos de manera prioritaria.

Al respecto, Bellos, T et al., 2024, Grecia destacan el rol crucial de las tecnologías preventivas basadas en Inteligencia Artificial y Realidad Aumentada para reducir el trauma mecánico intraoperatorio. La incorporación de

sistemas de reconstrucción tridimensional de alta precisión (HA3D™) y de evaluación automatizada del rendimiento permite visualizar con precisión milimétrica los haces neurovasculares y el plexo pélvico periprostático. En la práctica clínica, este refinamiento quirúrgico digital se asoció de forma directa con un incremento absoluto en la tasa de recuperación de la continencia urinaria del 10.8% a los 3 meses y del 9.1% a los 6 meses posoperatorios, demostrando que la mejor terapia regenerativa comienza con la preservación anatómica de precisión intraoperatoria.

Asociado a esto, Xiong et al., 2023, reportaron excelentes tasas de éxito quirúrgico y de recuperación funcional temprana utilizando la nueva plataforma robótica de mínima invasión KangDuo-Surgical Robot-01 (KD-SR-01). El diseño ergonómico de consola abierta de este sistema mitiga la fatiga del cirujano, facilitando una disección delicada y precisa de las estructuras apicales y esfinterianas, fundamentales para mantener la integridad biológica y funcional de los tejidos pélvicos.

No obstante, Leyh, S et al., 2021, Alemania demostraron con rigor estadístico que, si bien la tecnología robótica avanzada permite obtener tasas de continencia urinaria equivalentes entre hombres jóvenes y ancianos de 75 años tras la RARP (86% vs. 85%, $p = 0.99$), la edad avanzada actúa como un factor pronóstico negativo severo para la recuperación de la potencia eréctil espontánea a los 3 años de seguimiento (27% en 75 años vs. 56% en <70 años, $p < 0.001$). Este fenómeno biológico se atribuye a la menor capacidad intrínseca de regeneración axonal y a la neuropatía vascular senil, lo que fundamenta científicamente la necesidad de instaurar programas regenerativos y biológicos más precoces e intensivos en

pacientes de edad avanzada sometidos a cirugía oncológica de próstata.

Un error frecuente y metodológicamente inaceptable en la literatura urológica actual es la extrapolación directa de los resultados funcionales y regenerativos obtenidos después de una prostatectomía radical hacia otros escenarios quirúrgicos onco-urológicos de la pelvis y el abdomen, como la cistectomía radical, nefrectomía, orquiectomía o penectomía.

1. Cistectomía radical: A diferencia de la prostatectomía, la cistectomía para el cáncer de vejiga involucra una resección pélvica significativamente más amplia, la creación de una derivación urinaria y una devascularización de mayor impacto local. La alteración de las presiones de llenado, la pérdida del soporte posterior de Denonvilliers y la reconstrucción vesical modifican sustancialmente los mecanismos esfinterianos de continencia y la viabilidad del plano de preservación nerviosa, por lo que la eficacia de las membranas o parches regenerativos en la anastomosis uretrovesical no puede transferirse de forma idéntica.

2. Nefrectomía parcial o radical: Constituye un procedimiento retroperitoneal o abdominal superior dirigido al cáncer renal. En esta cirugía, la función eréctil y la continencia esfinteriana no están anatómicamente expuestas a riesgos de lesión nerviosa autonómica periprostática, lo que hace que cualquier discusión sobre regeneración neurovascular de haces pélvicos carezca por completo de relevancia clínica o fisiológica en este contexto.

3. Orquiectomía: La extirpación del parénquima testicular para el cáncer de testículo altera drásticamente el eje hipotálamo-hipófisis-testicular, induciendo un hipogonadismo

primario que priva al organismo de testosterona de forma aguda. La testosterona es un regulador biológico clave para la síntesis de óxido nítrico sintasa (NOS) y la preservación del músculo liso cavernoso. Por ende, la disfunción sexual post-orquiectomía posee una etiología hormonal y endocrina primaria que no puede resolverse ni compararse con estrategias regenerativas de andamiaje nervioso pélvico.

4. Penectomía parcial o total: El tratamiento del cáncer de pene requiere la resección física y directa del tejido erétil y de las estructuras vasculares y sensitivas terminales del órgano. En estos pacientes, la pérdida anatómica de los cuerpos cavernosos anula de forma absoluta la aplicabilidad de wraps neuroprotectores, inyecciones de PRP o células madre convencionales. La restauración de la función erétil en este escenario depende exclusivamente de técnicas complejas de faloplastia reconstructiva con injertos libres microvasculares o de ingeniería de tejidos de órgano completo a gran escala, disciplinas que operan bajo principios de curación y soporte biológico radicalmente distintos a la preservación nerviosa periprostática.

Conclusiones

Las terapias regenerativas constituyen una frontera emergente y prometedora en la urología y la medicina sexual, orientadas a restaurar la integridad anatómica y la función neurovascular de las estructuras dañadas tras procedimientos oncológicos, en lugar de ofrecer únicamente un alivio sintomático paliativo o mecánico. No obstante, la evidencia clínica disponible en la actualidad se concentra de manera desproporcionada en el rescate de la función erétil posterior a la prostatectomía radical. Por consiguiente, el cuerpo de conocimiento sobre su eficacia y seguridad en otros procedimientos pélvicos y abdominales de

alta complejidad y en otras dimensiones funcionales críticas continúa siendo sumamente escaso y preliminar.

Aunque tecnologías biológicas y físicas como el trasplante de células madre, el plasma rico en plaquetas y la terapia de ondas de choque de baja intensidad (Li-ESWT) demuestran mecanismos neurotróficos, proangiogénicos, antiapoptóticos y antifibróticos muy sólidos en modelos preclínicos, la certeza general de la evidencia clínica en seres humanos sigue siendo baja a muy baja. La traslación clínica de estos hallazgos se ve críticamente obstaculizada por las limitaciones metodológicas de los estudios primarios disponibles, caracterizados por el predominio de diseños retrospectivos o de cohorte única, muestras muy pequeñas, seguimientos a corto plazo, un riesgo de sesgo considerable y una marcada falta de estandarización en la dosificación, caracterización biológica y protocolos de administración de los productos.

Paralelamente, la aplicabilidad real de estos programas de rehabilitación se ve afectada por las bajas tasas de adherencia del paciente a largo plazo, registrando tasas de deserción de hasta el 55% al año debido a barreras financieras, molestias físicas asociadas a las terapias o a la percepción de una falta de efectividad inmediata. Esto subraya la necesidad de implementar un abordaje interdisciplinar y un asesoramiento preoperatorio estructurado que permita involucrar de forma activa a la pareja y establecer expectativas de recuperación realistas antes de la intervención.

Para consolidar el rol de la medicina regenerativa en la práctica urológica diaria y permitir su recomendación formal en las guías clínicas de las sociedades internacionales, es imperativo priorizar la realización de ensayos

clínicos aleatorizados, multicéntricos y controlados con placebo o simulación que cuenten con un poder estadístico robusto. Los estudios futuros deberán adoptar marcos de reporte mínimos y estandarizados, incorporar instrumentos de medición y desenlaces funcionales validados de forma objetiva y establecer periodos de seguimiento prolongados para garantizar la durabilidad del beneficio a largo plazo y la estricta seguridad oncológica de los pacientes. Esta revisión presenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados. En primer lugar, se identificó una marcada heterogeneidad entre las publicaciones en cuanto al diseño metodológico, las características de las poblaciones, las intervenciones evaluadas, los instrumentos de medición y los periodos de seguimiento, lo que impidió efectuar un metaanálisis. En segundo lugar, la mayoría de la evidencia estuvo constituida por estudios retrospectivos, investigaciones con muestras pequeñas, series de casos o trabajos sin grupos de comparación, circunstancias que incrementan el riesgo de sesgo y limitan la capacidad para establecer relaciones causales. Asimismo, se incorporaron estudios preclínicos y revisiones de la literatura como evidencia contextual, por lo que sus resultados no pueden interpretarse como demostraciones directas de eficacia clínica. La concentración de las investigaciones en pacientes sometidos a prostatectomía radical reduce la posibilidad de generalizar los hallazgos a otras cirugías urológicas oncológicas. Finalmente, la inclusión de estrategias complementarias que no corresponden estrictamente a terapias regenerativas amplió el alcance del análisis, pero también aumentó la heterogeneidad conceptual. Por estas razones, los resultados deben interpretarse como evidencia exploratoria y no como recomendaciones clínicas definitivas.

Referencias Bibliográficas

- Abuharb, A., Alzarroug, A., Algahtani, S., Alghamdi, H., Alosaimi, F., Alsuwayna, N., & Almughira, A. (2024). The impact and implications of regenerative Medicine in Urology. *Cureus*, 16(1), e52264. <https://doi.org/10.7759/cureus.52264>
- Akdemir, F., & Kayıgil, Ö. (2025). Penile revascularization in Improving Erectile Function after radical Prostatectomy: An Alternative Therapeutic Approach for Penile Rehabilitation. *Journal of Urological Surgery*. <https://doi.org/10.4274/jus.galenos.2025.2025-5-11>
- Asker, H., Yilmaz, D., Oztekin, C., & Gur, S. (2022). An update on the current status and future prospects of erectile dysfunction following radical prostatectomy. *The Prostate*, 82(12), 1135–1161. <https://doi.org/10.1002/pros.24366>
- Barski, D., Tsaour, I., Boros, M., Brune, J., & Otto, T. (2023). Functional Recovery after the Application of Amniotic Tissues and Methylene Blue during Radical Prostatectomy—A Pilot Study. *Biomedicines*, 11(8), 2260. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11082260>
- Belenchón, I., Rivas, J., López, R., Checcucci, E., Taratkin, M., Puliatti, S., Kowalewski, K., Cacciamani, G., Ruíz, C., Castro, C., Enikeev, D., Abad-Lopez, P., Panetsos, F., & Moreno, J. (2022). New therapies for neurovascular bundles regeneration after radical prostatectomy: A narrative review on clinical studies. *Frontiers in Urology*, 2. <https://doi.org/10.3389/fruro.2022.923064>
- Bellos, T., Manolitsis, I., Katsimperi, S., Juliebø-Jones, P., Feretzakis, G., Mitsogiannis, I., Varkarakis, I., Somani, B. K., & Tzelves, L. (2024). Artificial intelligence in Urologic Robotic Oncologic Surgery: a narrative review. *Cancers*, 16(9), 1775. <https://doi.org/10.3390/cancers16091775>
- Bernal, J., Venkatesan, K., & Martins, F. (2023). Erectile dysfunction in pelvic cancer survivors and current management options.

- Journal of Clinical Medicine, 12(7), 2697.
<https://doi.org/10.3390/jcm12072697>
- Breyer, B., Kim, S., Kirkby, E., Marianes, A., Vanni, A., & Westney, O. (2024). Updates to incontinence after prostate treatment: AUA/GURS/SUFU Guideline (2024). The Journal of Urology, 212(4), 531–538.
<https://doi.org/10.1097/ju.00000000000004088>
- Caruso, V., Hudson, A., López, S., & Romero, M. B. (2025). Guía Interdisciplinaria para la Atención de la Disfunción Eréctil. SASH. Revista Argentina De Sexualidad Humana/SASH Revista Argentina De Sexualidad Humana, 6(2), 7–50.
<https://doi.org/10.58751/1nb6yb24>
- Casanova, M., Mota, P., Vala, H., Nóbrega, C., Da Silva Morais, A., Silva, C., Barros, A., Reis, R., Lima, E., Martins, A., & Neves, N. (2023). Functional recovery of injured cavernous nerves achieved through endogenous nerve growth factor-containing bioactive fibrous membrane. Acta Biomaterialia, 168, 416–428.
<https://doi.org/10.1016/j.actbio.2023.07.015>
- Castellucci, R., De Francesco, P., De Palma, A., Ciavarella, D., Ferretti, S., Marchioni, M., & Schips, L. (2023). Penile Rehabilitation after Prostate Cancer Treatment: Which Is the Right Program? Uro, 3(1), 61–73.
<https://doi.org/10.3390/uro3010009>
- Di Nauta, M., Falagario, U. G., Ricapito, A., Rubino, M., Annese, P., Busetto, G. M., Cormio, L., Carrieri, G., & Bettocchi, C. (2025). Sexual function recovery following open and robotic radical prostatectomy: results of an academic penile rehabilitation program. Asian Journal of Andrology, 27(6), 680–685. <https://doi.org/10.4103/aja202525>
- Gottlieb, J., Hanes, D., Bustos, M., Choe, J., Luu, A., Seizer, D., Hoon, D., & Wilson, T. (2024). Impact of cryopreserved placental allografts on biochemical recurrence in prostate cancer. Cancers, 16(17), 2973.
<https://doi.org/10.3390/cancers16172973>
- Harke, N., Strauss, S., Peters, I., Katzendorn, O., Tezval, H., Kuczyk, M., & Vogt, P. (2023). Spider silk erectile nerve reconstruction in robot-assisted radical prostatectomy: a first-in-men feasibility analysis. World Journal of Urology, 41(6), 1481–1487. <https://doi.org/10.1007/s00345-023-04427-7>
- Leyh, S., Wagner, C., Schuette, A., Liakos, N., Karagiannis, T., Mendrek, M., Rachubinski, P., Oelke, M., Tian, Z., & Witt, J. H. (2021). Feasibility of robot-assisted radical prostatectomy in men at senior age ≥ 75 years: perioperative, functional, and oncological outcomes of a high-volume center. The Aging Male, 25(1), 8–16.
<https://doi.org/10.1080/13685538.2021.2018417>
- Li, F., XinHuang, Wang, R., Li, Y., Wu, L., Qiao, X., Zhong, Y., Gong, G., & Huang, W. (2024). Collagen-based materials in male genitourinary diseases and tissue regeneration. Collagen and Leather, 6(1).
<https://doi.org/10.1186/s42825-024-00185-3>
- López, J., Manotas, F., Lambis, J., & Márquez, J. (2024). Disfunción eréctil e infecciones virales: una revisión narrativa. Revista Mexicana De Urología, 83(6), 1–14.
<https://doi.org/10.48193/qwyk91>
- Lorenzo, F., & Fernández, S. (2025). Sesiones y lecciones en urología oncológica. Lorenzo, Fernanda - Fernández-Pello, Sergio - Ediciones Universidad De Salamanca - Torrossa.
<https://www.torrossa.com/it/resources/an/6127148#>
- Manocchio, N., Vita, G., Giordani, L., Ljoka, C., Monello, C., & Foti, C. (2025). Rehabilitation for women and men experiencing sexual dysfunction after abdominal or pelvic surgery. Surgeries, 6(2), 40.
<https://doi.org/10.3390/surgeries6020040>
- Matthew, A., Rogers, D., Grob, G., Blottner, M., Kodama, S., & Krzastek, S. (2023). The use of low-intensity extracorporeal shockwave therapy in management of erectile dysfunction following prostate cancer treatment: a review of the current literature. Translational Andrology and Urology, 12(6), 1023–1032.
<https://doi.org/10.21037/tau-22-791>

- Qu, R., Gu, J., Luo, Y., Yang, L., & Dai, Y. (2026). From regenerative Mechanisms to clinical practice: Current status, controversies, and future perspectives of Platelet-Rich plasma in urology and sexual medicine. *Journal of Clinical Medicine*, 15(8), 2949. <https://doi.org/10.3390/jcm15082949>
- Salkowski, M., Checcucci, E., Chow, A. K., Rogers, C. C., Adbollah, F., Liatsikos, E., Dasgupta, P., Guimaraes, G. C., Rassweiler, J., Mottrie, A., Breda, A., Crivellaro, S., Kaouk, J., Porpiglia, F., & Autorino, R. (2023). New multiport robotic surgical systems: a comprehensive literature review of clinical outcomes in urology. *Therapeutic Advances in Urology*, 15, 17562872231177781. <https://doi.org/10.1177/17562872231177781>
- Soto, A., Pastora, C., Valverde, J., Campos, S., Mauro, M., Giampapa, V., Urzola, V., & Rojas, J. (2025). Enhancing penile function: the impact of a regenerative multimodal protocol on erectile dysfunction. *Frontiers in Reproductive Health*, 7, 1601354. <https://doi.org/10.3389/frph.2025.1601354>
- Stinson, J., & Bennett, N. (2023). Reviving intimacy: Penile rehabilitation strategies for men after prostate cancer treatment. *Prostate International*, 11(4), 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.prnil.2023.06.001>
- Thakur, P., Gharde, P., Prasad, R., Wanjari, M. B., & Sharma, R. (2023). Restoring Quality of Life: A comprehensive review of penile rehabilitation techniques following prostate surgery. *Cureus*, 15(4), e38186. <https://doi.org/10.7759/cureus.38186>
- Xiong, S., Fan, S., Chen, S., Wang, X., Han, G., Li, Z., Zuo, W., Li, Z., Yang, K., Zhang, Z., Shen, C., Zhou, L., & Li, X. (2023). Robotic urologic surgery using the KangDuo-Surgical Robot-01 system: A single-center prospective analysis. *Chinese Medical Journal*, 136(24), 2960–2966. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000002920>
- Zengin, S., Guzelsoy, M., Gul, A., Kilic, M., Ekici, O., Boyaci, C., Barali, D., & Karakoc, Y. (2024). Can the severity of erectile dysfunction be predicted by the change in plasma viscosity? Puede predecirse la gravedad de la disfunción eréctil mediante el cambio en la viscosidad del plasma. *Revista Internacional De Andrología*, 22(4), 42. <https://doi.org/10.22514/j.androl.2024.029>
- Zhang, K., Achermann, A., Hasley, H., Bennett, R., Guo, A., Mahdi, M., De Amorim, L. C. R., Bernie, H., & Pereira, T. (2026). Penile rehabilitation in men after radical robotic prostatectomy: Fact or fiction? *UroPrecision*, 4(1), 22–34. <https://doi.org/10.1002/uro2.70047>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Paulina Alejandra Tixe Toalombo, José Manuel Andrade Bravo, Junior Fernando Damián Silva, Nicole Guadalupe Campoverde Martínez y Luis Manuel Vicuña Crespo

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT)

Paulina Alejandra Tixe Toalombo: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

José Manuel Andrade Bravo: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.

Junior Fernando Damián Silva: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.

Nicole Guadalupe Campoverde Martínez: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.

Luis Manuel Vicuña Crespo: provisión de recursos académicos y materiales para el desarrollo del estudio, apoyo en la administración del proyecto investigativo y revisión editorial del manuscrito antes de su publicación.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

