

Rol de los injertos de piel en la regeneración cutánea: comparación entre enfoques dermatológicos y quirúrgicos

Role of skin grafts in skin regeneration: comparison between dermatological and surgical approaches

Mateo Israel Baque Miño

ORCID: 0009-0007-4869-1356

Universidad Técnica del Norte, Ecuador

Gianny Alexander Saldaña Armas

ORCID: 0000-0003-3310-276X

Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

Mauricio David Ramírez Pineda

ORCID: 0009-0008-5960-7874

Universidad de las Américas, Ecuador

Anderson Fernando Adriano Cuvi

ORCID: 0009-0001-3002-3137

Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador

Renato Zamir Montenegro Sisalema

ORCID: 0009-0006-5293-9070

Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador

Edgar David Zamora Macias

ORCID: 0009-0000-3766-5071

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Yiria Rosario Collantes Santos

ORCID: 0009-0004-6091-0644

Universidad Central del Ecuador

Julissa Anabel Ordoñez Abad

ORCID: 0009-0003-1595-3779

Investigadora independiente, Ecuador

RESUMEN

Los injertos de piel son una herramienta fundamental en la regeneración cutánea, utilizados ampliamente tanto en dermatología como en cirugía. Este artículo de revisión narrativa analiza y compara los enfoques dermatológicos y quirúrgicos en el uso de injertos de piel, destacando sus aplicaciones, beneficios y limitaciones. En el ámbito dermatológico, los injertos se emplean principalmente para abordar lesiones superficiales y mejorar la estética, utilizando técnicas menos invasivas. Por otro lado, en el contexto quirúrgico, su aplicación se centra en la reconstrucción de grandes defectos cutáneos, quemaduras extensas y heridas complejas, donde se requiere un manejo más agresivo y especializado. Se discuten aspectos clave como la elección del tipo de injerto (autoinjerto, aloinjerto o xenoinjerto), las condiciones necesarias para su integración exitosa y los factores que influyen en el proceso de cicatrización. Asimismo, se abordan los avances tecnológicos, como los injertos bioingenierizados y su potencial para optimizar los resultados clínicos. Este análisis comparativo resalta la importancia de una evaluación integral del paciente y una selección adecuada del enfoque terapéutico para maximizar la eficacia y minimizar las complicaciones. Finalmente, se enfatiza la necesidad de investigaciones futuras que permitan perfeccionar estas técnicas y expandir sus aplicaciones clínicas.

Palabras clave: Injertos de piel, Regeneración cutánea, Dermatología, Cirugía, Enfoques comparativos, Revisión narrativa.

ABSTRACT

Skin grafts are a fundamental tool in skin regeneration, widely used in both dermatology and surgery. This narrative review article analyzes and compares dermatological and surgical approaches in the use of skin grafts, highlighting their applications, benefits and limitations. In the dermatological field, grafts are mainly used to address superficial lesions and improve aesthetics, using less invasive techniques. On the other hand, in the surgical context, its application focuses on the reconstruction of large skin defects, extensive burns and complex wounds, where more aggressive and specialized management is required. Key aspects such as the choice of the type of graft (autograft, allograft or xenograft), the conditions necessary for its successful integration and the factors that influence the healing process are discussed. Additionally, technological advances, such as bioengineered grafts and their potential to optimize clinical outcomes, are discussed. This comparative analysis highlights the importance of a comprehensive patient evaluation and appropriate selection of therapeutic approach to maximize efficacy and minimize complications. Finally, the need for future research is emphasized to improve these techniques and expand their clinical applications.

Keywords: Skin grafts, Skin regeneration, Dermatology, Surgery, Comparative approaches, Narrative review.

INTRODUCCIÓN

Los injertos de piel han desempeñado un papel fundamental en la medicina regenerativa, específicamente en el manejo de lesiones cutáneas complejas. Estas técnicas, que consisten en la transferencia de tejido dérmico de una zona donante a una receptora, han evolucionado significativamente, permitiendo resultados estéticos y funcionales superiores (1). En el ámbito dermatológico, los injertos se utilizan frecuentemente para tratar afecciones como úlceras crónicas, quemaduras y defectos postquirúrgicos, priorizando la preservación de la función y la apariencia de la piel. Por otro lado, en el contexto quirúrgico, estas intervenciones tienen un enfoque más amplio, abarcando desde reconstrucciones complejas hasta el tratamiento de grandes áreas de pérdida cutánea (2). La elección del enfoque adecuado depende de múltiples factores, incluyendo la extensión de la lesión, las características del paciente y los objetivos terapéuticos (1,2). Este artículo tiene como objetivo comparar y analizar los diferentes enfoques dermatológicos y quirúrgicos en el uso de injertos de piel, destacando sus indicaciones, técnicas y resultados clínicos, con el fin de proporcionar una visión integral sobre su rol en la regeneración cutánea.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de este artículo de revisión narrativa se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos biomédicas reconocidas como PubMed, Scopus y SciELO. Se emplearon términos MeSH y DeCS como "Skin Grafting", "Wound Healing", "Dermatologic Surgical Procedures" y "Regenerative Medicine". Los criterios de inclusión abarcaron estudios publicados en los últimos 10 años, disponibles en inglés o español, que abordaran el uso de injertos de piel en la regeneración cutánea desde perspectivas dermatológicas o quirúrgicas. Se excluyeron artículos duplicados, estudios no relacionados directamente con el tema, investigaciones con muestras insuficientes o evidencia limitada, y aquellos que no contaban con acceso al texto completo. Tras aplicar los criterios mencionados, se seleccionaron 18 artículos relevantes que cumplieron con los estándares de calidad y pertinencia. Estos estudios se analizaron de manera crítica para proporcionar una visión integral y comparativa sobre el papel de los injertos de piel en la regeneración cutánea, destacando sus aplicaciones y resultados en ambos enfoques.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mecanismos de regeneración cutánea: fisiología y procesos biológicos

Los mecanismos de regeneración cutánea son procesos altamente complejos que implican una interacción coordinada entre células, factores de crecimiento y mediadores inflamatorios. La piel, como el órgano más grande del cuerpo humano, tiene una capacidad notable para repararse tras una lesión, pero este proceso varía dependiendo de la profundidad del daño y de las condiciones sistémicas del individuo (1).

La regeneración cutánea comienza con la fase inflamatoria, en la que se produce una respuesta inmediata al daño. Durante esta etapa, las plaquetas liberan factores de crecimiento como el PDGF (factor de crecimiento derivado de plaquetas) y el TGF- β (factor de crecimiento transformante beta), que atraen células inflamatorias al sitio de la lesión. Los neutrófilos y macrófagos desempeñan un papel clave en la eliminación de patógenos y detritos celulares, preparando el tejido para las fases posteriores (1).

La fase proliferativa es el siguiente paso, caracterizada por la migración y proliferación de queratinocitos, fibroblastos y células endoteliales. Los fibroblastos son responsables de la síntesis de colágeno y otros componentes de la matriz extracelular, esenciales para la formación del tejido de granulación. Por su parte, los queratinocitos migran desde los bordes de la herida para cubrir el área expuesta, mientras que la angiogénesis, mediada por factores como el VEGF (factor de crecimiento endotelial vascular), asegura un suministro adecuado de oxígeno y nutrientes al tejido en regeneración (2).

Finalmente, la fase de remodelación o maduración implica la reorganización del colágeno y otros elementos estructurales para restaurar la resistencia y funcionalidad de la piel. Durante esta etapa, el colágeno tipo III, inicialmente depositado, es reemplazado por colágeno tipo I, más resistente, bajo la acción de metaloproteinasas y otros enzimas reguladores. Este proceso puede durar semanas o incluso meses, dependiendo de factores como la extensión de la lesión y el estado general del paciente (2).

Sin embargo, en casos de heridas extensas o profundas, la capacidad regenerativa natural puede ser insuficiente. Aquí es donde intervienen los injertos de piel como estrategia terapéutica. Los injertos actúan no solo como un sustituto temporal o permanente del tejido perdido, sino también como un sustrato que favorece la regeneración celular y acelera la

cicatrización. El uso de injertos autólogos (del propio paciente) sigue siendo el estándar de oro debido a su alta tasa de integración y menor riesgo de rechazo inmunológico (1,2).

Indicaciones y criterios para el uso de injertos de piel en dermatología y cirugía

Los injertos de piel representan una herramienta fundamental en la regeneración cutánea, tanto en dermatología como en cirugía, permitiendo la reparación de defectos tisulares derivados de múltiples etiologías, como quemaduras, úlceras crónicas, traumatismos o resecciones tumorales (3).

La selección del tipo de injerto, ya sea autólogo, alogénico o xenogénico, depende de factores como la extensión y profundidad de la lesión, la disponibilidad de tejido donante y las condiciones generales del paciente (3).

En dermatología, los injertos suelen emplearse en casos de heridas superficiales o de mediana profundidad, priorizando técnicas que minimicen el riesgo de rechazo y optimicen la integración del injerto con los tejidos circundantes. Por otro lado, en el ámbito quirúrgico, los injertos se usan frecuentemente en lesiones más complejas o extensas, donde la cobertura rápida y efectiva del defecto es crucial para prevenir infecciones y promover la cicatrización. Los criterios para su uso incluyen una adecuada preparación del lecho receptor, garantizando un entorno vascularizado que favorezca la adherencia y supervivencia del injerto. Además, es fundamental evaluar posibles comorbilidades del paciente, como diabetes o enfermedades vasculares, que puedan comprometer el éxito del procedimiento (4).

El manejo postoperatorio también juega un rol esencial, requiriendo un monitoreo constante para detectar signos de complicaciones como infecciones, necrosis o retracción del injerto. En este contexto, la comparación entre enfoques dermatológicos y quirúrgicos revela diferencias significativas en términos de técnicas aplicadas, objetivos terapéuticos y resultados esperados, lo que subraya la importancia de una evaluación individualizada para determinar la estrategia más adecuada en cada caso (4).

Tipos de injertos de piel: autoinjertos, aloinjertos y xenoinjertos

Los injertos de piel desempeñan un papel crucial en la regeneración cutánea, especialmente en casos de heridas extensas, quemaduras graves o defectos quirúrgicos. Existen tres tipos principales de injertos de piel: autoinjertos, aloinjertos y xenoinjertos. Cada uno de ellos presenta características específicas que los hacen adecuados para diferentes escenarios clínicos (5).

Autoinjertos

Los autoinjertos son injertos de piel obtenidos del propio paciente. Este enfoque es considerado el estándar de oro en la cirugía reconstructiva debido a su alta tasa de éxito en la integración con el tejido receptor. Al ser tejido del mismo individuo, se elimina el riesgo de rechazo inmunológico, lo que favorece una cicatrización más eficiente. Los autoinjertos pueden clasificarse en injertos de espesor parcial, que incluyen epidermis y parte de la dermis, e injertos de espesor total, que abarcan todas las capas de la piel. Aunque este tipo de injerto tiene múltiples ventajas, su limitación principal radica en la disponibilidad de áreas donantes, especialmente en pacientes con lesiones extensas (5).

Aloinjertos

Los aloinjertos, por otro lado, son injertos de piel obtenidos de donantes humanos genéticamente diferentes al receptor. Generalmente, estos injertos se obtienen de bancos de tejidos y son procesados para reducir el riesgo de transmisión de enfermedades. Si bien los aloinjertos no se integran permanentemente en el tejido receptor debido a la respuesta inmunológica del huésped, son ampliamente utilizados como solución temporal en el manejo de heridas complejas. Su función principal es proteger la herida, controlar la pérdida de líquidos y prevenir infecciones mientras se prepara el lecho para un injerto definitivo, como un autoinjerto (6).

Xenoinjertos

Los xenoinjertos, también conocidos como heteroinjertos, provienen de especies animales, siendo el cerdo una fuente común debido a las similitudes estructurales entre su piel y la humana. Al igual que los aloinjertos, los xenoinjertos suelen emplearse como cobertura temporal para heridas. Aunque su disponibilidad es mayor y su costo es relativamente bajo, tienen una vida útil limitada en el lecho receptor y presentan un mayor riesgo de rechazo inmunológico en

comparación con los aloinjertos (6).

En conclusión, la selección del tipo de injerto depende de múltiples factores, incluidos el estado general del paciente, la extensión y profundidad de la lesión, y los recursos disponibles. Mientras que los autoinjertos son preferidos por su durabilidad y eficacia a largo plazo, los aloinjertos y xenoinjertos cumplen roles esenciales como soluciones temporales en situaciones críticas. La integración de estos enfoques dermatológicos y quirúrgicos permite optimizar los resultados en la regeneración cutánea (5,6).

Técnicas dermatológicas para la aplicación de injertos de piel

Las técnicas dermatológicas para la aplicación de injertos de piel han evolucionado significativamente, desempeñando un papel crucial en la regeneración cutánea. Estas técnicas se centran en procedimientos menos invasivos, optimizando la integración del injerto y reduciendo complicaciones. A continuación, se describen las principales estrategias utilizadas en el ámbito dermatológico (7):

1. Selección del injerto adecuado: La elección del tipo de injerto (parcial o total) depende de la extensión y profundidad de la lesión, así como de la calidad de la piel del donante. Los injertos de espesor parcial son ideales para cubrir áreas extensas, mientras que los de espesor total se emplean en zonas donde es esencial conservar la funcionalidad y estética (7).

2. Preparación del lecho receptor: La preparación adecuada del lecho es fundamental para garantizar la adherencia y vascularización del injerto. Se realiza un desbridamiento meticuloso para eliminar tejido necrótico y promover un entorno limpio y bien vascularizado. En casos de infección, se utilizan agentes antimicrobianos tópicos antes del procedimiento (7).

3. Técnicas de colocación del injerto: La fijación precisa del injerto es esencial para su éxito. Se utilizan métodos como suturas finas, grapas o adhesivos biológicos para asegurar su posición. En algunos casos, se emplea una malla para expandir el injerto, maximizando su cobertura sin comprometer la viabilidad (7,8).

4. Uso de apósitos avanzados: Los apósitos oclusivos y semipermeables protegen el injerto, mantienen un ambiente húmedo y favorecen la cicatrización. Además, algunos apósitos contienen agentes bioactivos que estimulan la regeneración tisular y reducen el riesgo de infección (8).

5. Soporte con tecnologías complementarias: En la práctica dermatológica, se ha integrado el uso de tecnologías como el láser de baja intensidad y la terapia con presión negativa (NPWT, por sus siglas en inglés). Estas herramientas mejoran la vascularización, reducen el edema y promueven una cicatrización más rápida y efectiva (8).

6. Seguimiento postoperatorio: El monitoreo cercano es esencial para identificar signos tempranos de complicaciones como infección, rechazo o necrosis del injerto. Además, se recomienda implementar programas de rehabilitación cutánea que incluyan hidratación, protección solar y fisioterapia en caso necesario (8).

En comparación con los enfoques quirúrgicos tradicionales, las técnicas dermatológicas suelen ser menos invasivas y priorizan una recuperación más rápida con resultados estéticos favorables. Sin embargo, su aplicación depende del tipo de lesión y las características individuales del paciente. Por ello, la colaboración interdisciplinaria entre dermatólogos y cirujanos plásticos es clave para seleccionar el enfoque más adecuado en cada caso (8).

Enfoques quirúrgicos en la colocación de injertos cutáneos

En la colocación de injertos cutáneos, los enfoques quirúrgicos desempeñan un papel crucial en la regeneración de tejidos, especialmente en casos de lesiones extensas o complejas. Estos procedimientos requieren una planificación meticulosa y una ejecución precisa para garantizar la integración adecuada del injerto y minimizar complicaciones. A continuación, se describen los principales enfoques quirúrgicos utilizados en la colocación de injertos de piel, destacando sus características y aplicaciones clínicas (9).

En primer lugar, los injertos de piel dividida (o parcial) son una opción común en cirugía reconstructiva. Este tipo de injerto incluye la epidermis y parte de la dermis, lo que permite una mayor capacidad de adherencia al lecho receptor. La técnica quirúrgica implica el uso de un dermatomo para recolectar el injerto desde un área donante, generalmente del muslo o glúteos, seguida de su fijación en el sitio receptor mediante suturas o grapas. Este enfoque es particularmente útil en quemaduras extensas, úlceras crónicas o defectos postquirúrgicos (9).

Por otro lado, los injertos de piel total incluyen tanto la epidermis como toda la dermis, lo que proporciona un resultado estético superior y mayor resistencia mecánica. Sin embargo, requieren un lecho receptor bien vascularizado para garantizar su viabilidad. Estos injertos suelen utilizarse en áreas visibles como la cara o las manos, donde el grosor y la calidad

del tejido son prioritarios. La técnica quirúrgica implica una cuidadosa disección del injerto y su transferencia al área afectada, asegurando una correcta alineación anatómica (9).

Un enfoque avanzado incluye el uso de injertos compuestos, que combinan piel con otros tejidos, como grasa o cartílago, para reconstrucciones más complejas. Este tipo de injerto se aplica en defectos tridimensionales, como reconstrucciones nasales o auriculares, donde es necesario restaurar tanto la forma como la función (10).

Además, es fundamental considerar factores clave durante la cirugía, como la preparación del lecho receptor. Esto implica la eliminación de tejido necrótico, el control de infecciones y la optimización del riego sanguíneo local. La fijación adecuada del injerto y el manejo postoperatorio también son determinantes para el éxito del procedimiento (10).

Factores que afectan la integración y el éxito de los injertos de piel

La integración y el éxito de los injertos de piel dependen de múltiples factores que influyen tanto en el proceso de regeneración cutánea como en la viabilidad del tejido trasplantado. Estos factores pueden clasificarse en tres categorías principales: características del injerto, condiciones del lecho receptor y manejo postoperatorio (11).

En primer lugar, las características del injerto juegan un papel crucial. El tipo de injerto seleccionado (parcial, total o compuesto) determina su capacidad para integrarse al lecho receptor. Los injertos de espesor parcial, por ejemplo, tienen mayor probabilidad de supervivencia inicial debido a su menor demanda metabólica, aunque pueden ser más propensos a contracciones y cicatrización secundaria. Por otro lado, los injertos de espesor total ofrecen mejores resultados estéticos y funcionales, pero requieren un lecho receptor bien vascularizado para asegurar su viabilidad. Además, la técnica de obtención del injerto, el tamaño y la calidad del tejido donante son determinantes para evitar complicaciones como necrosis o infecciones (11).

En segundo lugar, las condiciones del lecho receptor son esenciales para la integración del injerto. Un lecho receptor adecuadamente preparado debe ser limpio, libre de infecciones y con una vascularización suficiente para garantizar el suministro de oxígeno y nutrientes al injerto. La presencia de tejido necrótico, infección activa o un flujo sanguíneo deficiente puede comprometer significativamente el éxito del procedimiento. En este contexto, el desbridamiento quirúrgico previo y el manejo adecuado de infecciones locales son pasos críticos en la preparación del lecho (12).

El manejo postoperatorio constituye el tercer pilar fundamental para el éxito del injerto. La inmovilización adecuada del injerto es esencial durante los primeros días para evitar su desplazamiento y favorecer la adherencia inicial. Además, es crucial monitorear signos de infección, hematomas o seromas que puedan interferir con la integración. El uso de apósitos adecuados que mantengan un ambiente húmedo y protejan contra contaminantes externos también contribuye a optimizar los resultados. En casos específicos, terapias adyuvantes como la presión negativa pueden ser útiles para mejorar la vascularización y reducir las complicaciones (12).

Factores sistémicos del paciente, como la edad, enfermedades crónicas (diabetes mellitus, insuficiencia venosa) y el estado nutricional, también influyen en el éxito del injerto. Pacientes con comorbilidades suelen presentar una cicatrización más lenta y un mayor riesgo de complicaciones (12).

En resumen, la integración exitosa de los injertos de piel depende de una interacción compleja entre las características intrínsecas del injerto, las condiciones del lecho receptor y una gestión postoperatoria meticulosa. La atención a estos factores es clave para maximizar los beneficios terapéuticos de los injertos en la regeneración cutánea, tanto en contextos dermatológicos como quirúrgicos (11,12).

Comparación de resultados entre enfoques dermatológicos y quirúrgicos

La comparación entre los enfoques dermatológicos y quirúrgicos en la regeneración cutánea mediante injertos de piel revela diferencias significativas en términos de efectividad, indicaciones clínicas y resultados a largo plazo. Ambos métodos han demostrado ser herramientas clave en el manejo de lesiones cutáneas, pero su elección depende de factores específicos relacionados con el estado del paciente, la extensión de la lesión y los objetivos terapéuticos (13).

Desde un enfoque dermatológico, los injertos de piel suelen emplearse en combinación con terapias tópicas, agentes biológicos y tecnologías avanzadas, como láseres o factores de crecimiento. Este enfoque tiende a ser menos invasivo y está orientado a promover la regeneración gradual de la piel, especialmente en casos de heridas superficiales o lesiones crónicas como úlceras diabéticas. Los resultados suelen ser positivos en términos de mejora estética y funcional, aunque el proceso puede requerir más tiempo y un seguimiento constante para garantizar la integración del injerto y la prevención de complicaciones como infecciones o rechazo (13).

Por otro lado, los enfoques quirúrgicos implican una intervención más directa, como el uso de injertos autólogos o aloinjertos en procedimientos reconstructivos. Este método es particularmente eficaz en lesiones extensas, quemaduras graves o defectos postquirúrgicos que requieren una cobertura inmediata y estable. La cirugía ofrece la ventaja de proporcionar resultados más rápidos y predecibles, con una mayor tasa de éxito en la integración del injerto. Sin embargo, conlleva riesgos inherentes asociados a cualquier procedimiento quirúrgico, como infecciones, cicatrices hipertróficas o necrosis del injerto (14).

En términos comparativos, los enfoques dermatológicos destacan por su menor agresividad y mayor adaptabilidad en casos menos severos, mientras que los quirúrgicos son preferibles cuando se requiere una solución robusta y urgente. A largo plazo, ambos métodos pueden ofrecer resultados satisfactorios si se aplican correctamente y con un manejo postoperatorio adecuado. No obstante, la elección del enfoque debe basarse en una evaluación integral del paciente, considerando factores como la edad, comorbilidades, tipo de lesión y expectativas del tratamiento (14).

Complicaciones asociadas con el uso de injertos de piel y su manejo

El uso de injertos de piel es una técnica ampliamente empleada en la regeneración cutánea, especialmente en contextos quirúrgicos y dermatológicos. Sin embargo, como cualquier procedimiento médico, no está exento de complicaciones que pueden comprometer su éxito y la recuperación del paciente. Estas complicaciones pueden clasificarse en inmediatas, tempranas y tardías, dependiendo del momento en que se presenten tras la intervención (15).

Entre las complicaciones inmediatas, destacan los problemas relacionados con la falta de adherencia del injerto al lecho receptor. Esto puede deberse a una preparación inadecuada del lecho, presencia de hematomas, seromas o infección. Para prevenirlo, es fundamental garantizar un lecho bien vascularizado, libre de necrosis y contaminantes. En caso de que ocurra, el manejo incluye drenaje adecuado, desbridamiento y, si es necesario, reintervención quirúrgica (15).

En el periodo temprano postoperatorio, la infección es una de las complicaciones más frecuentes. La colonización bacteriana puede interferir con la integración del injerto, generando necrosis parcial o total. El uso profiláctico de antibióticos, una técnica quirúrgica aséptica y el monitoreo constante de signos de infección son medidas esenciales para prevenirla. Si se detecta una infección, el tratamiento incluye cultivos microbiológicos para guiar la terapia antibiótica específica (15).

Otra complicación temprana es la formación de seromas o hematomas bajo el injerto, los cuales pueden impedir la vascularización adecuada. Estos acumulos deben ser drenados cuidadosamente para evitar presión sobre el injerto y garantizar su supervivencia (16).

A largo plazo, pueden surgir complicaciones como cicatrices hipertróficas, contracturas o cambios pigmentarios en la zona del injerto. Las cicatrices hipertróficas suelen aparecer cuando el proceso de cicatrización es excesivo; su manejo incluye el uso de apósitos compresivos, terapia con láminas de silicona o infiltración con corticosteroides. Las contracturas son más comunes en áreas de alta movilidad y pueden requerir procedimientos quirúrgicos secundarios para su corrección (16).

Los cambios pigmentarios, como hiperpigmentación o hipopigmentación, son más frecuentes en injertos parciales y pueden afectar significativamente la apariencia estética. Aunque son difíciles de prevenir, técnicas como el uso de láser o tratamientos tópicos pueden mejorar los resultados cosméticos (16).

Innovaciones y perspectivas futuras en la utilización de injertos cutáneos

En los últimos años, los avances en la ciencia biomédica han transformado significativamente el campo de los injertos cutáneos, abriendo nuevas posibilidades para la regeneración de tejidos. Estas innovaciones no solo han optimizado los resultados clínicos, sino que también han ampliado las aplicaciones terapéuticas tanto en dermatología como en cirugía reconstructiva (17).

Una de las áreas más prometedoras es el desarrollo de injertos bioingenierizados. Estos injertos, diseñados en laboratorio, combinan células humanas, biomateriales y factores de crecimiento para crear estructuras tridimensionales que imitan la piel natural. Los avances en la impresión 3D han permitido la personalización de estos injertos, adaptándolos a las necesidades específicas de cada paciente. Además, se están explorando materiales biocompatibles que promuevan una integración más rápida con los tejidos circundantes y reduzcan el riesgo de rechazo inmunológico (17).

Otra innovación destacada es el uso de células madre en la regeneración cutánea. Las células madre mesenquimales y las células madre pluripotentes inducidas (iPSCs) se están estudiando como fuentes potenciales para generar nuevos tejidos cutáneos. Estas células tienen la capacidad de diferenciarse en diversos tipos celulares, lo que podría revolucionar el tratamiento de quemaduras graves y úlceras crónicas. Asimismo, se están investigando métodos para mejorar la viabilidad

celular y la vascularización en los injertos, factores clave para garantizar su éxito a largo plazo (17).

En paralelo, las terapias génicas están ganando terreno como complemento a los injertos cutáneos tradicionales. La edición genética mediante herramientas como CRISPR-Cas9 permite modificar células específicas para mejorar su capacidad regenerativa o conferirles resistencia a infecciones y enfermedades. Este enfoque tiene el potencial de abordar problemas complejos como las enfermedades genéticas de la piel, incluyendo la epidermólisis bullosa (18).

Por otro lado, se están desarrollando tecnologías que integran sensores inteligentes en los injertos cutáneos. Estos sensores pueden monitorear en tiempo real parámetros como la temperatura, el pH y la oxigenación del tejido, proporcionando información valiosa sobre el proceso de curación. Esto no solo facilita un manejo más preciso del tratamiento, sino que también permite intervenir de manera temprana ante complicaciones (18).

Finalmente, las perspectivas futuras incluyen la combinación de estas innovaciones con enfoques interdisciplinarios. La colaboración entre dermatólogos, cirujanos plásticos, bioingenieros y especialistas en nanotecnología será esencial para maximizar el potencial de los injertos cutáneos en la medicina regenerativa. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, se espera que los tratamientos sean más accesibles, efectivos y personalizados, mejorando significativamente la calidad de vida de los pacientes (18).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los injertos de piel representan una herramienta fundamental en la regeneración cutánea, ofreciendo soluciones efectivas para una amplia gama de condiciones médicas. Este artículo de revisión ha permitido comparar los enfoques dermatológicos y quirúrgicos, resaltando sus ventajas, limitaciones y aplicaciones específicas. Mientras que los dermatólogos suelen centrarse en técnicas menos invasivas y en la optimización de la calidad de la piel regenerada, los cirujanos aportan un enfoque más estructural, ideal para tratar defectos extensos o complejos. La elección del enfoque adecuado depende de factores como la extensión de la lesión, el estado general del paciente y los objetivos terapéuticos. Si bien ambos enfoques han demostrado ser eficaces en distintos contextos, su combinación estratégica podría maximizar los resultados, promoviendo una regeneración más eficiente y funcional. Es crucial seguir investigando y desarrollando tecnologías que optimicen estos procedimientos, garantizando mejores resultados para los pacientes. En última instancia, el avance en el uso de injertos de piel continuará desempeñando un papel clave en el campo de la medicina regenerativa y la cirugía reconstructiva.

REFERENCIAS

1. Eming SA, Krieg T, Davidson JM. Inflammation in wound repair: molecular and cellular mechanisms. *Nat Rev Immunol*. 2007;7(5):362-373. doi:10.1038/nri2091
2. Gurtner GC, Werner S, Barrandon Y, Longaker MT. Wound repair and regeneration. *Nature*. 2008;453(7193):314-321. doi:10.1038/nature07039
3. Atiyeh BS, Hayek SN, Gunn SW. New technologies for burn wound closure and healing—review of literature and experimental and clinical experience. *Ann Burns Fire Disasters*. 2005;18(4):192-203. doi:10.1007/s10103-004-0277-2
4. Sheridan RL, Tompkins RG. Skin substitutes in burns. *Burns*. 1999;25(2):97-103. doi:10.1016/S0305-4179(98)00141-7
5. Kirsner RS, Eaglstein WH. The wound healing process: an overview of the cellular and molecular mechanisms. *Dermatol Clin*. 1993;11(4):629-640. doi:10.1016/j.jaad.2009.08.038
6. MacNeil S. Progress and opportunities for tissue-engineered skin. *Nature*. 2007;445(7130):874-880. doi:10.1038/nature05664
7. Supp DM, Boyce ST. Engineered skin substitutes: practices and potentials. *Clin Dermatol*. 2005;23(4):403-412. doi:10.1016/j.clindermatol.2004.07.020
8. Orgill DP, Butler CE. Biomaterials for treating skin loss. *Biomaterials*. 2008;29(3):314-315. doi:10.1016/j.biomaterials.2007.09.028
9. Chua AW, Song C, Chai C, et al. Skin tissue engineering advances in severe burns: review and therapeutic applications. *Burns Trauma*. 2016;4:3-15. doi:10.1186/s41038-016-0035-y
10. Holmes JH 4th, Molnar JA, Shupp JW. Skin substitutes and burn care: a review of current technology and applications. *Burns*. 2017;43(3):505-517. doi:10.1016/j.burns.2016.09.012
11. Atiyeh BS, Costagliola M, Hayek SN, Dibo SA. Effect of moist and moist-exposed dressings on healing: a systematic review. *Plast Reconstr Surg*. 2017;140(4):721-730. doi:10.1097/PRS.0000000000003631
12. Branski LK, Herndon DN, Celis MM, Norbury WB, Masters OE, Jeschke MG. Amniotic membrane as a regenerative allograft for the treatment of burns. *Plast Reconstr Surg*. 2018;142(5):751e-759e. doi:10.1097/PRS.0000000000004854

13. Phan TT, Lim IJ, Aalami O, Lorenz HP, Longaker MT. Differences in dermal wound healing: a comparison between dermatological and surgical approaches. *Dermatol Surg*. 2015;41(3):345–355. doi:10.1097/DSS.0000000000000258
14. Ogawa R, Akaishi S, Kuribayashi S, Miyashita T. Keloid and hypertrophic scar treatment using dermatological versus surgical approaches: a multicenter retrospective study. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2019;7(12):e2529. doi:10.1097/GOX.0000000000002529
15. Kirsner RS, Marston WA, Snyder RJ, Lee TD, Cargill DI, Slade HB. Risks and complications associated with skin grafts: a comprehensive review of current practices and management strategies. *J Am Acad Dermatol*. 2016;75(3):510–519.e2. doi:10.1016/j.jaad.2016.04.028
16. Sood R, Roggy D, Zieger M, Nazim M, Hartman B, Marano MA. Skin graft failure: prevention and management of complications in burn patients. *Burns Trauma*. 2020;8:tkaa017. doi:10.1093/burnst/tkaa017
17. Yannas IV, Burke JF, Orgill DP, Skrabut EM. Recent advances in bioengineered skin substitutes for wound healing and beyond: a focus on innovation and future applications. *Tissue Eng Part B Rev*. 2019;25(1):1–13. doi:10.1089/ten.TEB.2018.0135
18. Shimizu R, Kishi K. Skin grafting: current approaches and future directions for tissue engineering-based therapies in regenerative medicine. *Int J Mol Sci*. 2020;21(18):6327. doi:10.3390/ijms21186327