

Actualidad en la técnica de implementación y el rechazo de injertos cutáneos

Actuality in the technique of implementation and rejection of skin grafts

Recibido: 25/09/2020
Aprobado: 30/11/2020

Autores

- ❖ Angela María Piñeros Torres. MD. Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Correo: angela.9231@gmail.com
- ❖ Jaime Andrés Lozano Chavarro. MD. Universidad del Rosario. Correo: jaime.a18@hotmail.com
- ❖ Gilberto Junior Mendoza Díaz. MD; Universidad Cooperativa de Colombia. Correo: gilmen1824@hotmail.com
- ❖ Jorge Alejandro Muñoz Rodríguez. MD. Universidad del Tolima. Correo: alejo8937c@hotmail.com
- ❖ Daniel Giraldo Serna. MD. Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Correo: giraldan18@gmail.com

Resumen

Introducción: El manejo de heridas ha evolucionado de manera dinámica a través del tiempo, modificando las distintas técnicas de reconstrucción como las de los injertos de piel, con el objetivo de brindar mejores resultados estéticos y funcionales. De la misma manera, surgen hoy en día los sustitutos de piel como opción para implementar nuevas técnicas para la cobertura de heridas, sin embargo, a pesar del avance biotecnológico no se convierten en el manejo ideal y se transforman en coadyuvantes para el proceso de cicatrización y adherencia de los injertos de piel realizados mediante las técnicas habituales de injertos de piel parcial y de espesor total, los cuales se escogen según la necesidad de cada paciente. Es necesario conocer el origen de estas técnicas que se remontan a edades antiguas, donde se lograron establecer las bases de lo que hoy es la cirugía reconstructiva para la cobertura de heridas causadas por quemaduras, traumas o procesos oncológicos y se

exponen algunas de las nuevas alternativas que surgen como posibles manejos de elección en el futuro, las cuales siguen en constante desarrollo desde el área de la bioingeniería.

Objetivo: Identificar las diferentes técnicas y complicaciones de los injertos de piel, además de los avances que se han realizado para el mejoramiento de éstas, su uso y alternativa como manejo de elección en el futuro.

Método: Se realizó una búsqueda sistemática de la literatura sobre las técnicas quirúrgicas de injertos de piel con términos *MeSh*, identificando diferentes revisiones sistemáticas, revisiones bibliográficas y meta análisis en las bases de datos más importantes como *PubMed*, *Cochrane* y *Google Academic* desde el año 2016 hasta la fecha, seleccionando de ellas un total de 40 artículos, los cuales incluyeron temáticas como técnicas de injertos de piel habituales, nuevas técnicas de injertos de piel y sustitutos de piel como alternativas al manejo de las heridas.

Palabras claves: Injertos de piel, autoinjertos, espesor parcial, espesor completo, técnicas, evolución, complicaciones, sustitutos de piel.

Abstract

Introduction: *Wound management has evolved dynamically over time, modifying reconstruction techniques, such as skin injections, to provide better aesthetic and functional results. In the same way, today, skin substitutes emerge as an option to implement new techniques for wound coverage, however, despite the biotechnological advance, it is not the ideal treatment, so they become coadjuvants in healing and adhesion of skin grafts process in usual techniques of partial and full-thickness skin grafts, which are chosen according to the needs of each patient.*

It is necessary to know the origin of these techniques that dates back to ancient ages, where the basics of what reconstructive surgery is today, and thus give a better management in burns, trauma or oncological wound covering process, exposing new alternatives that arise as a possible handling of choice in the future which are constantly developing from bioengineering area.

Objective: *To identify the different techniques and complications of skin grafts, in addition to the advances that have been made to improve them, their use and alternative as the treatment of choice in the future.*

Method: *A systematic search of the literature on skin graft surgical techniques with MeSh terms was carried out, identifying different systematic reviews, bibliographic reviews and meta-analyzes in the most important databases such as PubMed, Cochrane and Google Academic from 2016 to 2016. The date, selecting from them a total of 40 articles which*

included topics such as habitual skin graft techniques, new skin graft techniques and skin substitutes as alternatives to wound management.

Keywords: *Skin grafting, grafts, autografts, split-thickness skin graft, full-thickness skin graft, evolution, techniques, complications, skin substitutes.*

Introducción

Los injertos de piel surgen como una alternativa para el manejo de heridas, los cuales han evolucionado con el fin de brindar mejores resultados estéticos en las áreas receptoras. Se han documentado diferentes tipos de injertos, de los cuales se ha logrado dividir en dos grandes grupos: injertos de piel de espesor parcial e injertos de espesor completo, los cuales según su técnica y forma de aplicación permiten establecer ventajas y desventajas en su implementación, mostrando así diferentes tipos de resultados en cada paciente.

Dado su impacto en la calidad de vida de los beneficiados, se busca realizar una revisión de la literatura en las diferentes bases de datos seleccionando los más destacables, que permiten identificar las técnicas de injertos implementadas, el avance de las mismas y la mirada al futuro de las alternativas que hoy en día se proponen, dentro de las cuales se encuentran el uso de sustitutos dérmicos.

A pesar de su avance, estos no han logrado reemplazar las técnicas milenarias ya instauradas, pero si logran convertirse en el manejo coadyuvante del proceso de cicatrización de las heridas y se espera que la ingeniería de tejidos siga mejorando y avanzando hasta lograr desarrollar el sustituto de piel ideal, revolucionando las técnicas de injertos de piel habituales.

Historia

Los injertos de piel se remontan hacia el año 1500 a.C. en Egipto, donde se encuentran registros de su uso en el papiro médico de Ebers, desarrollándose en la India donde se realizaron injertos y colgajos libres de piel de diferentes tipos con el objetivo de reconstruir narices, orejas y labios mutilados alrededor del año 2.500 a.C., como lo narra el *Sushruta Samhita*, texto clásico de la medicina Ayurveda (1).

Hacia el año 1597 d.C., el cirujano italiano *Gaspare Tagliacozzi* revive la cirugía reconstructiva y describe su más conocida técnica de rinoplastia, en la que usa un colgajo fasciocutáneo obtenido del brazo izquierdo (1). A partir del siglo XIX en Europa, resurgen y se implementan nuevas técnicas de injertos de piel, logrando avances significativos en las mismas y permitiendo su desarrollo (figura 1):

Figura 1. Evolución de los injertos de piel.



Fuente: Autores, con base en Singh M. 2017 (1) y Villegas F. 2019 (2).

Avances de las técnicas de injertos en los siglos XIX y XX

- *Earl Padgett*, cirujano americano, realizó un estudio del grosor dérmico necesario para realizar los injertos, concluyendo que según la necesidad se pueden utilizar diferentes tipos de grosor: Injertos de Thiersch, injertos de piel de espesor parcial, injertos de piel de tres cuartos e injertos de piel de espesor completo.
- En 1.939, *Padgett* y *George Hood* desarrollan el primer prospecto de dermatomo, el cual constaba de un “tambor” y una cuchilla móvil fijada a una distancia determinada, el cual mostró mejores resultados quirúrgicos en comparación a los realizados a mano alzada y dado que se logró un mejor control de espesor y tamaño para la toma del injerto, se logró también aumentar las áreas donantes (1).

- Así, en 1.948, se crea el primer dermatomo motorizado desarrollado por *Harry Brown*, el cual sirvió de base para el que existe actualmente y el desarrollado para los micro injertos en malla (1).

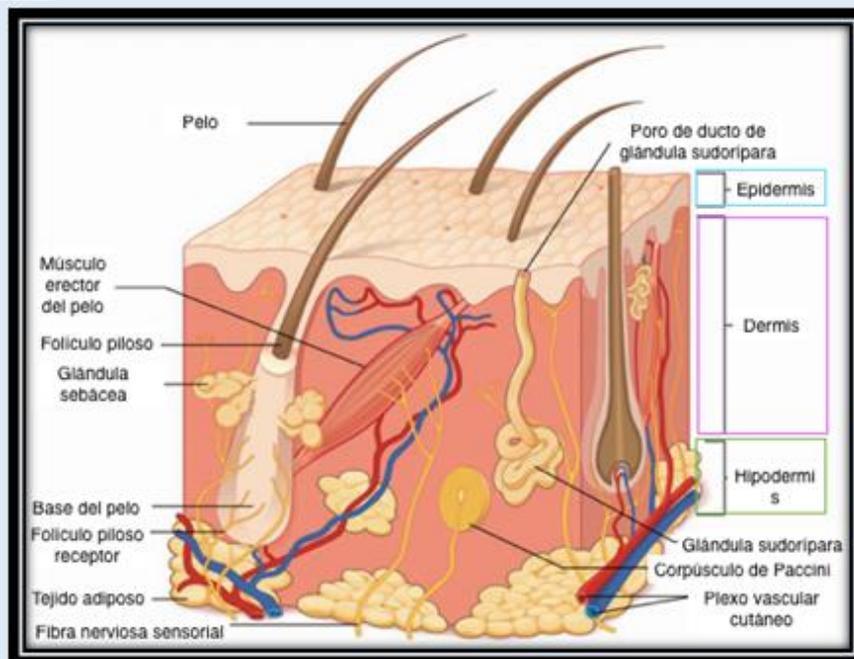
Anatomía de la piel

La piel se encuentra compuesta por 2 capas principales:

1. **Epidermis:** compuesta por múltiples capas, las cuales se dividen desde su capa más profunda a su capa más superficial en estrato basal, conformado por células basales precursoras de queratinocitos, células de Merkel y melanocitos encargadas de la pigmentación de la piel; estrato espinoso compuesto por capas de queratinocitos y en la unión de estos, células de Langerhans que cumplen con funciones inmunitarias; el estrato granuloso la capa de queratinocitos se vuelve más plana y gruesa; el estrato lúcido que corresponde a las áreas de piel gruesa como plantas de manos y pies, conformada por queratinocitos muertos y planos y por último la capa más superficial, el estrato córneo queratinizado, el cual cumple funciones de barrera protectora (imagen 1) (7).
2. **Dermis:** corresponde a la capa más delgada de la piel, compuesta por 2 capas de tejido conectivo, donde se encuentra la dermis papilar con presencia de fibrina y colágeno en forma de malla, conteniendo además fibroblastos, adipocitos, pequeños vasos y células fagocitarias; en su capa más profunda se encuentra la dermis folicular con tejido conectivo irregular con presencia de fibras de elastina y colágeno, altamente vascularizada e inervada (9). Esta capa profunda provee elasticidad y resistencia a los injertos (imagen 1) (7).

Adicionalmente, se encuentra la Hipodermis (imagen 1), un tejido conectivo que se encarga de conectar las dos capas principales de la piel con el resto de estructuras subyacentes, brindando además protección contra golpes y mantenimiento de la temperatura corporal, se compone de tejido adiposo y red de colágeno (9).

Imagen 1. Anatomía de la piel conformada por dos capas principales y sus respectivos componentes: epidermis, dermis y a nivel subcutáneo la hipodermis.



Fuente: Tomada y modificada Gordon J, The Integumentary System. Anatomy and Physiology, 2013 (9).

Tipos de injertos de piel

Los injertos de piel se han clasificado según las capas de la piel comprometidas y origen de estos:

1. **Autoinjerto:** se refiere a la transferencia de piel de un sitio donante a un sitio receptor del mismo individuo. No cuenta con aporte vascular y sobrevive inicialmente mediante la absorción del material trasudado proveniente del área receptora (inhibición plasmática) (3).

La neovascularización surge a partir de las 48 a 72 horas mediante pequeños capilares y la circulación completa se restaura entre los 4 y 7 días de realizado el procedimiento (3). De igual manera, estos injertos se dividen en (tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de injertos de piel según su grosor. Ventajas y desventajas.

Injertos de piel espesor parcial	Injertos de piel espesor completo
<p>Compuesto por una porción parcial de la piel epidermis y alguna porción de demis subyacente (demis papilar).</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de cobertura de grandes áreas de superficie de herida con menor cantidad de piel de sitio donante • Regeneración del sitio donante mediante proceso natural de cicatrización en un promedio de 10 – 15 días. • Uso de técnicas de mallado y combinación de autoinjertos + aloinjertos, permiten cubrir defectos de mayor tamaño. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fragilidad, hiperpigmentación, hipertrofia, retracción o contracturas, falta de elasticidad, ausencia de folículos pilosos. • Área donante: MUY DOLOROSA 	<p>Compuesto por el espesor total de la piel: epidermis y demis total. El cierre del área donante se realiza mediante suturas o colgajos</p> <p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionan una mejor textura, flexibilidad, resistencia y mejores resultados estéticos sobre todo en cara y manos. • Son los que dan el mejor resultado del área receptora con poca retracción o contractura. • Conservan anexos cutáneos como: glándulas sudoríparas, folículo piloso. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad limitada del área donante, no tienen la capacidad de <u>autorregenerarse</u>. • No todas las áreas del cuerpo son candidatas a ser donantes. • Falta de intersticios puede predisponer a aumentar la formación de hematomas y seromas.

Fuente: Autores, con base en Villapalos JL, *Skin autografting. UptoDate*, 2019 (3).

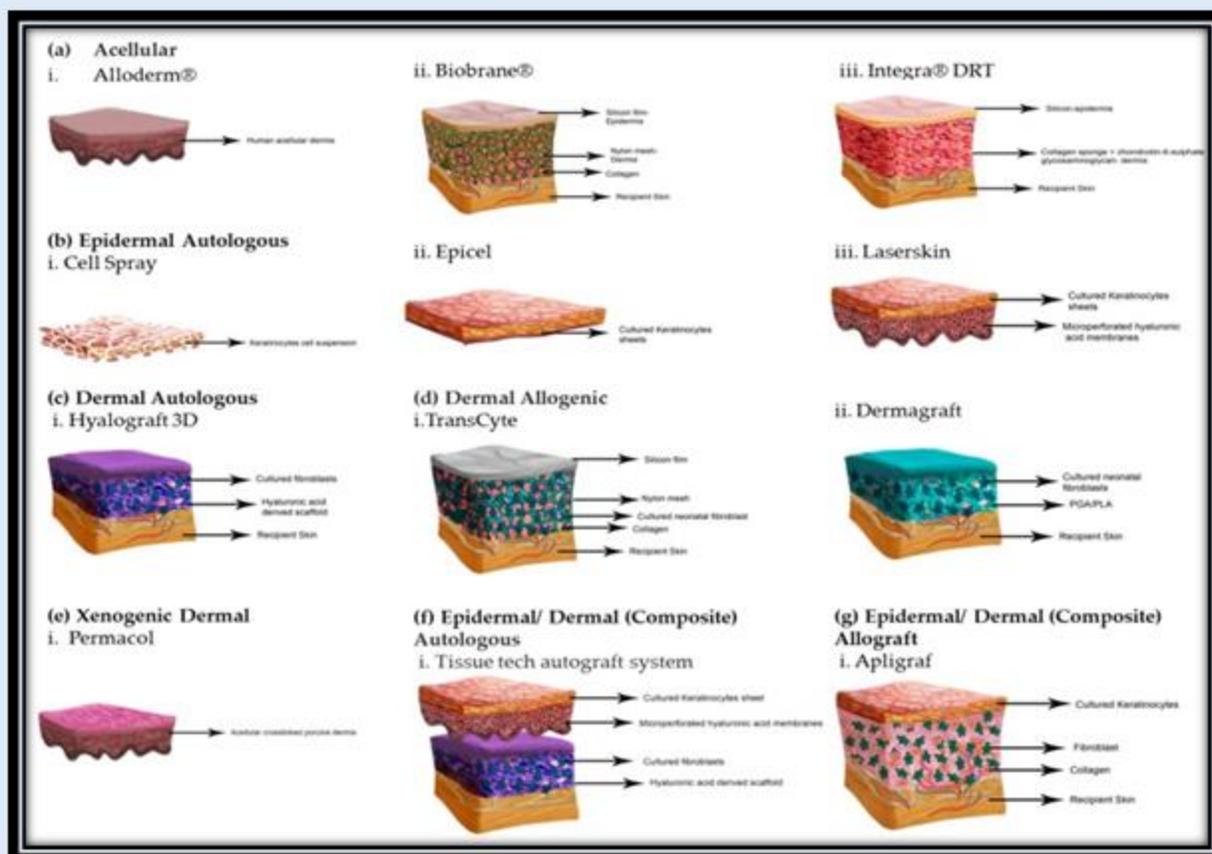
2. **Sustitutos dérmicos:** se usan como alternativas para cubrir heridas, los cuales pueden ser de origen biológico o biosintéticos y tienen como papel cumplir las funciones de la piel, convirtiéndose en una opción para la cobertura temporal o permanente de las heridas (3). Se pueden clasificar según sus componentes y anatomía estructural (tabla 2) (imagen 2), clasificándose así (tabla 2) (14):

Tabla 2. Clasificación de sustitutos de piel según su origen y componentes.

Tipo de sustituto	Formas comerciales	Descripción	Usos
Autoinjertos	Epicel [®]	Autoinjerto epidérmico cultivado	Dérmica profunda severa, quemaduras de espesor completo
	MySkin TM	Autoinjerto epidérmico cultivado	Para quemaduras, úlceras y otras heridas no cicatrizadas.
	Sustitutos de piel cultivada	Autoinjerto compuesto cultivado	Para quemaduras extensas y otros desórdenes de piel congénitos.
	Biosced [®] -S	Suspensión autóloga de pegamento de fibrina de queratinocitos	Tratamiento de úlceras crónicas de miembros inferiores.
	Cell Spray [®]	Suspensión de autoinjerto de epitelio cultivado	Para manejo de quemaduras superficiales
	Stratagraft [®] Recell [®]	Autoinjerto compuesto cultivado Mecanismo de terapia celular autóloga	Quemaduras y heridas severas de piel Tratamiento de quemaduras, escaldaduras, heridas traumáticas y cicatrices
Aloinjertos	Lyphoderm TM	Lisado de queratinocitos humanos cultivados	Para úlceras crónicas de miembros inferiores
	ICX-SKN	Aloinjerto dérmico cultivado	Cobertura de quemaduras de espesor parcial, debridadas quirúrgicamente
	Alloderm [®]	Piel de cadáver con matriz dérmica acelular y membrana basal intacta	Para reconstrucción de cabeza y cuello
Aloinjertos acelulares	OASIS [®]	Xenoinjerto dérmico procesado	Para heridas de espesor parcial o de espesor completo y heridas traumáticas
Xenoinjertos e injertos biosintéticos	Permacol TM	Xenoinjerto dérmico procesado	Para cobertura temporal o cobertura de quemaduras de espesor parcial
	Matriderm [®]	Elastina y colágeno dérmico bovino	Para quemaduras y reconstrucción
	Biobrane [®]	Colágeno dérmico porcino unido a una membrana de silicona semipermeable	Para cubrir quemaduras de espesor parcial y sitios donantes de injertos de piel
	Integra [®]	Dos capas de piel sustituyen al colágeno bovino y una capa exterior de silicona	Para quemaduras profundas y de espesor total debridadas quirúrgicamente
	EZ Derm TM	Xenoinjerto de origen porcino con colágeno unido a un aldehído	Para heridas de espesor parcial, sitios donantes y heridas de espesor total

Fuente: Tomado y modificado de *Augustine R, Progress in biomaterials*, 2014 (21).

Imagen 2. Ingeniería de tejidos. Clasificación según componentes, origen y biomaterial.



Fuente: Tomado con fines académicos de Vig K. International Journal of Molecular Sciences, 2017 (15).

Técnicas quirúrgicas

1. Técnicas de injertos convencionales

Las técnicas quirúrgicas establecidas hoy en día, cuentan con dos tipos principales, la cuales tienen similitud en el proceso, pero difieren en la forma de toma del área donante, fijación y cierre de herida:

1.1. Recolección de injerto, obtención y preparación del área receptora

a. La recolección de piel del área donante se elige según la disponibilidad. Se procede a afeitar el sitio y se realiza su respectiva marcación; posteriormente se realiza infiltración con anestésico local

(ej: lidocaína con o sin epinefrina) en el área donante y receptora, realizando una mezcla con solución salina.

- b. Se realiza la obtención de piel mediante el uso de dermatomos eléctricos (imagen 3) o de aire comprimido, previa lubricación del área con aceites minerales, lubricantes estériles o soluciones a base de agua para disminuir la fricción. En los injertos de piel de espesor completo, se realiza la obtención del injerto con bisturí sin la ayuda del dermatomo y dada la poca contracción de este, debe adaptarse al tamaño de la herida objetivo a cubrir (se pueden usar plantillas para la medida) y las incisiones del sitio donante deben seguir las líneas de tensión de la piel (las líneas de Langer), con el fin de evitar cicatrización patológica.

Imagen 3. Toma de injerto de piel con dermatomo.



Fuente: Tomado con fines académicos de Khan A. Clinics in podiatric Medicine and Surgery, 2020 (14).

- c. El dermatomo permite definir la profundidad del injerto mediante hojas grandes de bisturí.
 - d. Se debe realizar una adecuada tracción y tensión en el sitio donante, con el fin de evitar que el injerto se enrolle sobre sí mismo (3).
- 1.2. Fijación del injerto y cierre del área donante
- En la fijación de injertos de espesor parcial: se debe realizar previo desbridamiento de la zona receptora y se realiza la transferencia con la dermis hacia abajo para finalmente fijarlos con grapas, suturas o

pegamentos para tejidos. En el sitio donante, se realiza hemostasia con gasa o compresas húmedas con solución salina y/o epinefrina y posteriormente se cubren con apósitos no adherentes (3).

Por otro lado, en los injertos de piel de espesor total, se realiza desbridamiento de la herida (zona receptora), se ubica y se realiza fijación mediante suturas de rápida absorción o acolchadas.

Finalmente se realizan pequeñas incisiones para facilitar el drenaje hemático y en este caso, en el sitio donante, se realiza hemostasia y el cierre primario mediante suturas, se localizan gasas secas en la línea de sutura y se finaliza con vendaje bultoso o adhesivo. Alternativas: sustitutos de piel (3).

Como técnica complementaria en el injerto de piel parcial, se encuentra el “Mallado” o injertos expandidos (en malla), que permiten expandir el área del injerto de piel tomado del área donante (imagen 4), la cual se realiza por medio de incisiones longitudinales o con ayuda de un dermatomo mallador (imagen 5), la cual se desarrolló a partir de la técnica de microinjerto de Meek (1963), brindando mayor expansión y cobertura, además de una mejor adherencia y epitelización en el caso de limitación de zonas donantes, pero deben ser evitados en áreas como cara y áreas de flexión. Esta técnica resurge hoy en día y continúa siendo modificada, mostrando resultados satisfactorios y disminuyendo complicaciones como infecciones al tener una mejor adherencia (1).

Imagen 4. Injerto mallado de espesor parcial de la pierna.



Fuente: Tomada con fines académicos de Proshaka J, Skin grafting. StatPearls, 2017 (12).

Imagen 5. Injerto de piel en proceso de mallado a través de dermatomo mallador.



Fuente: Tomada con fines académicos de Khan A. Clinics in pediatric Medicine and Surgery, 2020 (14).

2. Avances quirúrgicos

Dentro de los avances que se han realizado en búsqueda de otras alternativas que permitan sustituir el uso de piel, dada la limitación de las mismas en casos de heridas extensas, han surgido los sustitutos de piel de diferente tipo que se ajustan a las necesidades de cada paciente.

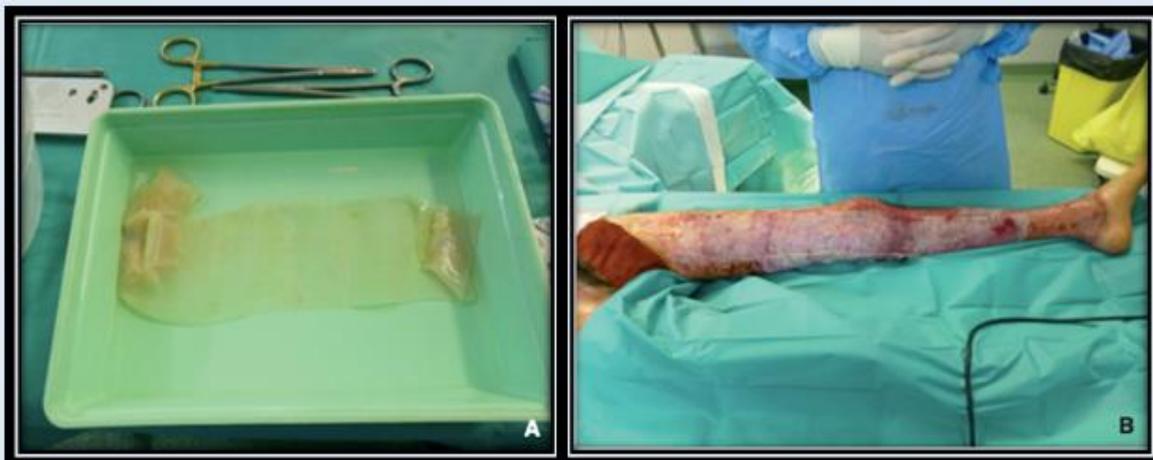
Estos sustitutos de piel tienen diferentes tipos de orígenes, ya sean artificiales, creados desde el área de la bioingeniería o desarrollados a partir de componentes de otros seres vivos. Se encuentran los siguientes (tabla 3):

Tabla 3. Diferencias entre injertos según su origen y sustitutos de piel: ventajas y desventajas.

Tipo de injertos	Ventajas	Desventajas
Aloinjertos de donantes cadavéricos	<ul style="list-style-type: none"> - Vascularización entre 2 – 3 días (similar a los autoinjertos) - Proveen un área de epitelización más limpia que los autoinjertos - Protege la herida abierta de la pérdida de agua y proteínas - Disminución del recuento de bacterias superficiales y del dolor. - Cobertura de órganos vitales - Facilita la movilización temprana del área afectada 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo - Disponibilidad limitada - Riesgo de transmisión de patógenos
Xenoinjertos (cerdo) (imagen 6).	<ul style="list-style-type: none"> - Mantiene las funciones de barrera posterior a la quemadura - Reduce el riesgo de transmisión de enfermedades - Suministro ilimitado - Apósito de gran tamaño - Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> - No se vasculariza, debido a la presencia de células muertas. - Riesgo de zoonosis: retrovirus y <i>Clostridium difficile</i>. - Respuesta inmune persistente, IgG anti NeuGc contra antígenos porcinos NeuGc (riesgo de cáncer y enfermedades vasculares).
Sustitutos dérmicos (bioingeniería)	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona una barrera mecánica a la pérdida de líquidos e infecciones. - Varias propiedades biológicas y farmacológicas de la piel humana que permiten y/o promueven el crecimiento de nuevos tejidos e ideales para el proceso de cicatrización - Posibilidad de cobertura permanente 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo - Alto costo - Se lesiona fácilmente

Fuente: Tomado y modificado con fines académicos de Yamamoto T, *Skin xenotransplantation: historical review and clinical potential*, 2018 (10).

Imagen 6. Ejemplo de sustituto de piel. A. Xenoinjerto, B. Aplicación clínica para la cobertura temporal de una quemadura.



Fuente: Tomado con fines académicos de Dantzer E, Indicaciones de los sustitutos cutáneos y de los aloinjertos, 2015 (20).

3. Una mirada hacia el futuro

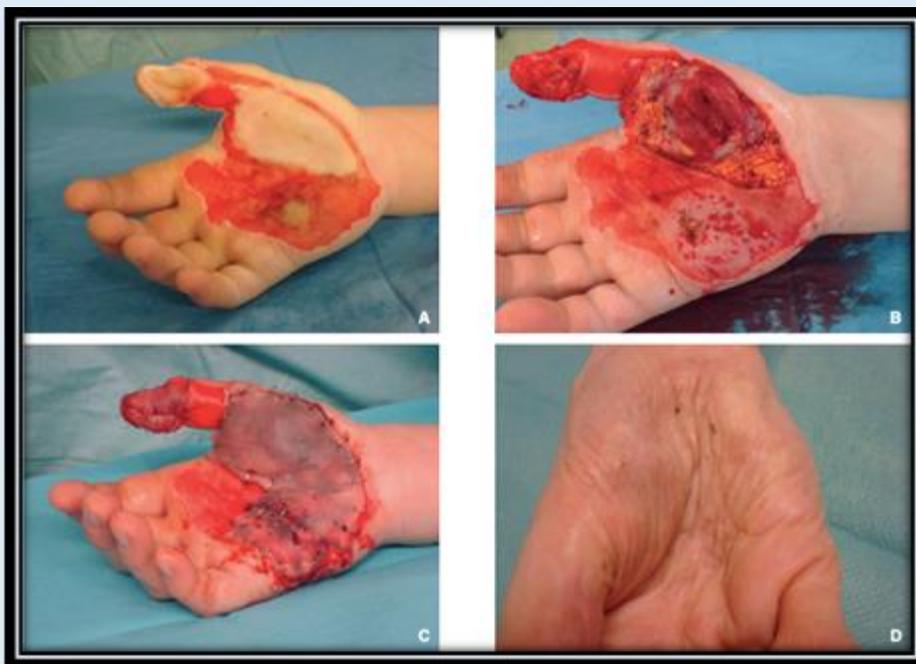
Los sustitutos de piel creados por la ingeniería de tejidos se convierten en una opción certera para ayudar en la regeneración tisular, curación y manejo de heridas (figura 8).

Dado que actualmente una de las limitantes es la falta de vascularización por parte de los sustitutos, lo que impide una adecuada integración y viabilidad, se espera un desarrollo para optimizar esto y lograr el desarrollo de nuevos vasos sanguíneos (15).

Adicional a esto, es importante estandarizar el proceso de producción y modular los costos de los mismos, además de establecer parámetros generales para su cuidado y almacenamiento en miras de prolongar su vida útil.

Esta alternativa se convierte en una mirada muy prometedora hacia el futuro y se espera el mejoramiento de la misma para evitar complicaciones como disminuir el riesgo de neoplasias y buscar usar biomateriales disponibles, dentro de los que se encuentran el uso de células madre, que como es conocido, tienen una importante función productora y regeneradora (15).

Imagen 7. Quemadura producida por prensa caliente. A. Lesión inicial, B. Estudio de lesiones, C. Injerto de Matriderm epidermizado, D. Resultados clínicos.



Fuente: Tomado con fines académicos de Dantzer E, Indicaciones de los sustitutos cutáneos y de los aloinjertos, 2015 (20).

Complicaciones

Las posibles complicaciones que pueden surgir de las técnicas quirúrgicas ya mencionadas no dependen exclusivamente del tipo de injerto utilizado, por lo que se exponen las desventajas de cada una de ellas.

De manera general, se establecen las siguientes complicaciones propias del procedimiento quirúrgico y postoperatorio, en las que además se incluyen el estado del paciente, sus comorbilidades asociadas y estado del lecho receptor.

1. **Fracaso del injerto:** resulta de la deficiente vascularización del área receptora, presencia de hematomas, seromas, infección o tensión excesiva, además si las demandas metabólicas son altas o hay separación del lecho del mismo, también se convierten en causas de fallo (3). La fijación y viabilidad del injerto se puede evaluar aproximadamente en el día 5 – 7 de realizado el procedimiento (7) (imagen 8).

Imagen 8. Fracaso de injerto de piel de espesor parcial en región dorsal de mano derecha.



Fuente: Tomada con fines académicos de Kim SW, Split-Thickness Skin Grafts. StatPearls, 2020 (7).

2. **Cicatrización hipertrófica o queloide:** todos los injertos dejarán cicatrices, que pueden convertirse en patológicas y deberán ser manejadas según la situación de cada una (3). Además, según el tipo de injerto de pueden presentar contracturas, que son más prevalentes en los injertos de piel de espesor parcial (3).
3. **Hiperpigmentación:** se convierte en un problema estético y se relaciona a con la estimulación de melanocitos en el área receptora del injerto; además la exposición permanente a la luz solar se convierte en factor predisponente (6) (7).
4. **Contractura:** se relaciona en primer lugar con la presencia de fibras elásticas en la dermis y se contrarresta con el adecuado estiramiento y sutura del injerto al lecho receptor; el segundo fenómeno se relaciona con la migración de fibroblastos que se convierten en miofibroblastos, los cuales favorecen la contracción con el fin de hacerlas más pequeñas y agilizar su cicatrización, pudiendo contrarrestarse con el uso de vendajes y férulas (6).

Dentro de las medidas preventivas que se establecen para evitar complicaciones se encuentran: compensación de patologías de base como: diabetes, tabaquismo o desnutrición, además la preparación adecuada del

lecho receptor, hemostasia e implantación minuciosa del injerto, así como el vendaje e inmovilización en el periodo de cicatrización.

Discusión

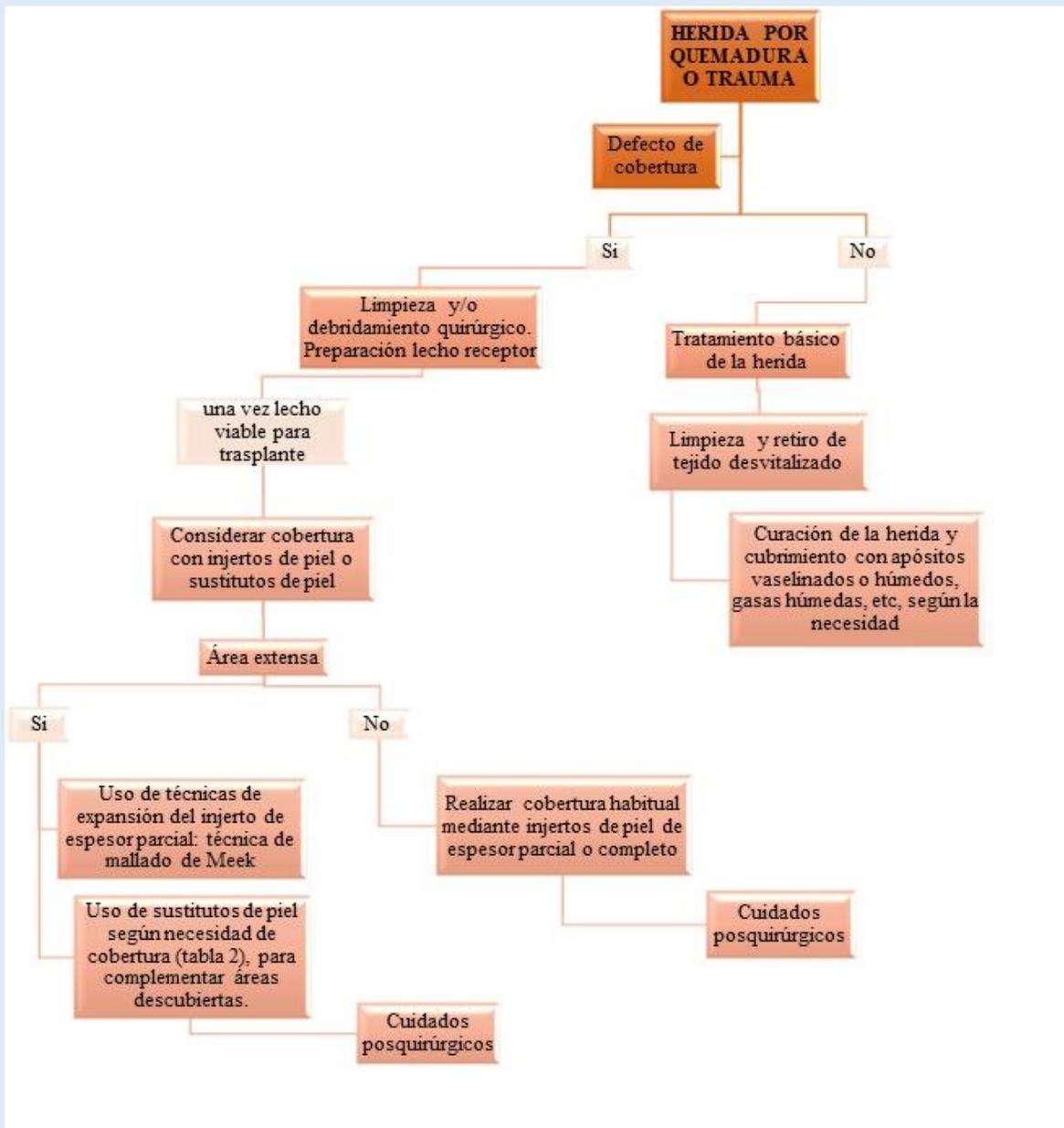
Los injertos de espesor parcial y espesor completo continúan siendo el procedimiento ideal para el manejo de heridas como se ha visto a lo largo del tiempo, siendo perfeccionadas y apoyadas de diferentes materiales que permiten su consecución de manera más exacta y sencilla.

De la misma manera, se han realizado algunos estudios con el fin de determinar cuál es el grosor ideal de injertos, concluyendo parcialmente, que cuando estos son más delgados, se logran obtener mejores resultados, teniendo en contra otros factores como la hiperpigmentación, contracturas y pérdida del injerto ante la falta de vascularización propia.

Ante la limitación de áreas donantes para la obtención de injertos, desde el área de la bioingeniería, también se han venido desarrollado sustitutos de piel como los xenoinjertos y otros basados en componentes celulares, los cuales prometen ser una alternativa interesante para el manejo de heridas; sin embargo, hasta la fecha aún no se cuenta con el sustituto ideal de piel (2), por lo que estos se convierten en complementos para el proceso de adherencia de los injertos y cicatrización de las heridas y no en el manejo de elección, teniendo además como limitante la consecución y el valor comercial de los mismos.

Por lo que se espera, que en el futuro, los sustitutos de piel se conviertan en el manejo estándar, teniendo diferentes opciones de elección según la necesidad del paciente y de la herida a tratar. Además, se espera un estudio más extenso de las complicaciones y rechazo de los injertos de cualquier tipo, ya que hasta la fecha no se ha profundizado en el tema, y continúan siendo generalidades de estos, como los que ya se mencionaron.

Gráfico 2. Ejemplo de manejo de herida con defecto de cobertura.



Fuente: Autores, elaboración propia.

Conclusiones

La historia nos muestra como la técnica de injertos de piel se logra perfeccionar a través del tiempo, convirtiéndose en una herramienta fundamental para el manejo de heridas, sin embargo, con el desarrollo de la

biotecnología se han implementado nuevas alternativas como lo son la de los sustitutos de piel, que logran optimizar los resultados quirúrgicos.

Estas alternativas son seleccionadas según la necesidad de cada paciente y las características de las áreas receptoras y donantes, logrando de esta manera disminuir tiempos quirúrgicos, lograr procedimientos menos invasivos, ampliar las áreas donantes para tomar injertos y lograr de esta manera, mejorar resultados estéticos y funcionales.

Todos estos avances se han realizado en miras de mejorar e impactar en la calidad de vida de los beneficiados, sin embargo, aún hay limitaciones como lo son la disponibilidad y adquisición de los mismos, pues estos no se encuentran completamente masificados ni implementados como terapias complementarias para el manejo de heridas y adicionalmente, deben ser manejados con el debido cuidado, puesto que en caso de no preparar las áreas receptoras de manera adecuada, pueden presentar las complicaciones usuales de las técnicas de injertos, aumentando aún más los costos en cada procedimiento.

Si bien, los avances biotecnológicos continúan, los injertos de piel de espesor parcial y espesor completo, continúan hasta el momento siendo el tratamiento de elección para la cobertura de heridas, ya que los sustitutos de piel no logran ser su reemplazo, pero se convierten en una opción muy prometedora a futuro una vez sean desarrollados materiales inteligentes que permitan estimular la división celular, migración celular y el proceso de cicatrización mismo (21), así como la modificación de factores como los de la disponibilidad, distribución, costos y características que permitan una mayor adhesión e integración, pudiendo llegar a convertirse en el manejo de elección para el cuidado y tratamiento de heridas.

Responsabilidades morales, éticas y bioéticas

Protección de personas y animales: Los autores declaramos que, para este estudio, no se realizó experimentación en seres humanos ni en animales. Este trabajo de investigación no implica riesgos ni dilemas éticos, por cuanto su desarrollo se hizo con temporalidad retrospectiva. El proyecto fue revisado y aprobado por el comité de investigación del centro hospitalario. En todo momento se cuidó el anonimato y confidencialidad de los datos, así como la integridad de los pacientes.

Confidencialidad de datos: Los autores declaramos que se han seguido los protocolos de los centros de trabajo en salud, sobre la publicación de los datos presentados de los pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores declaramos que en este escrito académico no aparecen datos privados, personales o de juicio de recato propio de los pacientes.

Financiación: No existió financiación para el desarrollo, sustentación académica y difusión pedagógica.

Potencial Conflicto de Interés(es): Los autores manifiestan que no existe ningún(os) conflicto(s) de interés(es), en lo expuesto en este escrito estrictamente académico.

Referencias

1. Singh M, Nuutila K, Collins AC, Huang A. Evolution of skin grafting for treatment of burns: Reverdin pinch grafting to Tanner mesh grafting and beyond. *Burns* [Internet]. 2017 Sept; 43 (6): 1149-1154. Disponible: doi 10.1016/j.burns.2017.01.015
2. Villegas F, Injertos y Colgajos. *Cirugía plástica: para el médico general, estudiantes de la salud y otros profesionales*. 2ª ed. Medellín: Corporación para investigaciones biológicas. Bogotá: ECOE ediciones; 2019. 107-110.
3. Villapalos JL, Dziewulski P. Skin autografting [Internet]; UptoDate. 2019 Feb. Disponible: <https://www.uptodate.com/contents/skin-autografting>
4. Shahrokhi S, Skin substitutes [Internet]. UptoDate. 2019 Abr. Disponible: <https://www.uptodate.com/contents/skin-substitutes>
5. Guogiene I, Kievisas M, Varkalys K, et al. Split-thickness skin grafting using grafts of different thickness. *European Journal of plastic surgery* [Internet]. 2018 Feb; 41(5). Disponible: doi: 10.1007/s00238-018-1424-1
6. Avellaneda EM, Gonzáles A, González SA, Palacios P, et al. Injertos en heridas. *Heridas y cicatrización* [Internet]. 2018 Jun; 8(2): 6-15. Disponible: https://heridasycicatrizacion.es/images/site/2018/junio2018/Revista_Completa_SEHER_26_Junio_2018.pdf.
7. Braza ME, Fahrenkopf MP. Split-Thickness Skin Grafts. *StatPearls*. Treasure Island: StatPearls Publishing [Internet]. 2020 Ene [Actualización 2020 Jul 31]. Disponible en: <https://bit.ly/33PE8z7>

8. Kim SW, Kim JH, Kim JT, Kim YH. A simple and fast dressing for skin grafts: comparison with traditional techniques. *J Wound Care* [Internet]. 2018 Jul; 27(7): 417-420. Disponible: doi: 10.12968/jowc.2018.27.7.417
9. Gordon J, Young KA, Wise JA, Johnson E, Poe B, Kruse DH, et al. The Integumentary System. *Anatomy and Physiology*. [Internet]. Houston: OpenStax. 2013. Disponible en: <https://bit.ly/2Jl14q>
10. Yamamoto T, Iwase H, King TW, Hara H, Cooper D. Skin xenotransplantation: historical review and clinical potential. *Burns* [Internet]. 2018 Nov; 44 (7): 1738-1749 Disponible en: doi: 10.1016/j.burns.2018.02.029
11. Boyce S, Chang P, Warner P. *Burn Dressings and Skin Substitutes*. *Biomaterials Science* [Internet]. 4^a ed. San Diego (US): Elsevier Science publishing. 2020 Jun. 1169-1180. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816137-1.00074-X>
12. Prohaska J, Cook C. Skin grafting. *StatPearls* [Internet]. Treasure Island: StatPearls Publishing. 2020 Enero [Actualización 2020 Jul 31]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532874/>
13. Bhardwaj N, Chouhan D, Mandal BB. Tissue Engineered Skin and Wound Healing: Current Strategies and Future Directions. *Curr Pharm Des* [Internet]. 2017; 23(24): 3455-3482. Disponible: doi: 10.2174/1381612823666170526094606
14. Khan A, Khan IM, Nguyen PP, Lo E, et al. Skin graft techniques. *Clinics in podiatric Medicine and Surgery* [Internet]. 2020 oct; 37(4): 821-835. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2020.07.007>
15. Vig K, Chaudhari A, Tipathi S, Dixit S, et al. Advances in Skin Regeneration Using Tissue Engineering. *Int. J. Mol. Sci* [Internet]. 2017 Abr; 18(4): 789. Disponible: doi: 10.3390/ijms18040789
16. Quintero EC, Machado JFE, Robles RAD. Meek micrografting history, indications, technique, physiology and experience: a review article. *J Wound Care* [Internet]. 2018 Feb; 27(Sup2): S12-S18. Disponible: doi: 10.12968/jowc.2018.27.Sup2.S12
17. Brockmann I, Ehrenpfordt J, Sturmheit T, et al. Skin-Derived Stem Cells for Wound Treatment Using Cultured Epidermal Autografts: Clinical Applications and Challenges. *Stem Cells International* [Internet]. 2018 Mar; (2): 1-9. Disponible: 10.1155/2018/4623615

18. Haddad AG, Giatsidis G, Orgill DP, Halvorson EG. Skin Substitutes and Bioscaffolds: Temporary and Permanent Coverage. *Clin Plast Surg* [Internet]. 2017 Jul; 44(3): 627-634. doi: 10.1016/j.cps.2017.02.019
19. Serra R, Rizzuto A, Rossi A, Perri P, Barbetta A, Abdalla K, Caroleo S, Longo C, Amantea B, Sammarco G, de Franciscis S. Skin grafting for the treatment of chronic leg ulcers - a systematic review in evidence-based medicine. *Int Wound J* [Internet]. 2017 Feb; 14(1): 149-157. Disponible: doi: 10.1111/iwj.12575
20. Dantzer E. Indicaciones de los sustitutos cutáneos y de los aloinjertos. *EMC Cirugía plástica, reparadora y estética* [Internet]. 2015 Mar; 23(1): 1-14. Disponible: [https://doi.org/10.1016/S1634-2143\(15\)71094-0](https://doi.org/10.1016/S1634-2143(15)71094-0)
21. Augustine R, Kalarikkal N, Thomas S. Advancement of wound care from grafts to bioengineered smart skin substitutes. *Prog Biomater* [Internet]. 2014 Nov; 3: 103–113. Disponible: <https://doi.org/10.1007/s40204-014-0030-y>
22. Gillenwater J, Garner W. Skin Graft Technique. En Demetriades D, Inaba K, Velmahos G, editores. *Atlas of Surgical Techniques in Trauma*. 2ª ed. Cambridge: Cambridge University Press [Internet]; 2019 Oct: 427-422. Disponible: <https://doi.org/10.1017/9781108698665.048>