

Aloinjertos cutáneos

Marcelo Fonseca C. 

Skin allografts

Skin allografts (SA) represent an excellent therapeutic option for the coverage of complex wounds, including those with exposure of critical structures, and are particularly useful in patients with severe burns. By definition, they are considered temporary coverings; however, in certain specific cases, they can function as an intermediate or bridging coverage by incorporating the dermal component into the recipient and finalizing with an autograft, and even as definitive coverage by acting as dermal regenerators. Unfortunately, due to their limited availability, their historical use has been almost exclusively restricted to burn patients in specialized centers, resulting in experience limited to a small number of medical teams. However, the current use of dermal-fat flaps obtained from body contouring surgeries as a source of CA has increased the access and availability of this resource. The objective of this work is to present the characteristics and indications of CA.

Key words: skin allograft; biological dressings; skin bank.

Resumen

Los aloinjertos cutáneos (AC) representan una excelente opción terapéutica para la cobertura de heridas complejas, incluyendo aquellas con exposición de estructuras nobles, y son particularmente útiles en pacientes con grandes quemaduras. Por definición, se consideran coberturas temporales; no obstante, en ciertos casos específicos, pueden funcionar como cobertura intermedia o puente, al incorporar el componente dérmico en el receptor y finalizar con un autoinjerto, e incluso como cobertura definitiva al actuar como regeneradores dérmicos. Lamentablemente, debido a su limitada disponibilidad, su uso histórico se ha restringido, casi exclusivamente, a pacientes quemados en centros de referencia, lo que ha resultado en una experiencia circunscrita a un reducido número de equipos médicos. Sin embargo, la actual utilización de colgajos dermograsos obtenidos de cirugías de contorno corporal como fuente de AC ha incrementado el acceso y la disponibilidad de este recurso. El objetivo de este trabajo es presentar las características e indicaciones de los AC.

Palabras clave: aloinjertos cutáneos; apósitos biológicos; bancos de piel.

¹Banco de Piel y Tejidos de Tarapacá, Iquique, Chile. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.

Recibido el 2024-09-04 y aceptado para publicación el 2024-10-25

Correspondencia a:
Dr. Marcelo Fonseca C.
mfon777@hotmail.com

E-ISSN 2452-4549



*Algún día tu piel será mi piel, algún día mi piel será tu piel,
algún día seremos uno*

Características de la piel

La piel es el órgano más grande del cuerpo humano, pesa aproximadamente 4-5 kg, tiene una extensión de 1,7-2,0 m² en un adulto y un grosor medio de 0,1 mm, el cual varía dependiendo del segmento corporal desde los 0,05 mm en los párpados a 1,5 mm en la planta de los pies. Histológica y funcionalmente la piel se compone de tres capas:

a. Epidermis

Capa superficial que representa el 5% del grosor de la piel. Estructuralmente es un epitelio plano pluriestratificado queratinizado, avascular, compuesto principalmente por queratinocitos en distintos grados de diferenciación, en la cual las células más profundas proliferan y se diferencian y las células más superficiales mueren y se descaman de manera continua y cíclica. Proporciona una barrera con el medio externo, mantiene la termorregulación y el

equilibrio hidroelectrolítico, además de influir en la caracterización e identificación personal.

b. Dermis

Está compuesta por colágeno, glicosaminoglicanos y fibras de elastina. Se organiza en dos capas: a. papilar, la cual es superficial y forma elevaciones que se introducen en la epidermis y b. reticular, la cual es el estrato más grueso y con mayor densidad de vasos sanguíneos y fibras de colágeno de mayor diámetro. Estas características le confieren la elasticidad y resistencia a la tracción de la piel, además de actuar como un órgano sensorial debido a la presencia receptores específicos.

c. Hipodermis

Es la capa más interna, aunque a veces no se considere parte de la piel propiamente tal. Está compuesta principalmente por tejido adiposo que protege al cuerpo de los golpes y actúa como aislante térmico^{1,2}.

La integridad de la piel es fundamental para mantener la homeostasis fisiológica del cuerpo, existiendo múltiples situaciones que pueden comprometer esta condición, siendo el autoinjerto la primera alternativa de cobertura, la cual, a su vez, constituye una solución definitiva. Sin embargo, hay condiciones en las cuales este recurso no está disponible o no es la mejor opción; en estos casos, los aloinjertos cutáneos (AC) se presentan como una alternativa adecuada para el manejo de estas situaciones³.

Historia

El desarrollo de los injertos de piel tiene sus orígenes en las prácticas quirúrgicas de antiguas civilizaciones, como Egipto e India, donde se utilizaban para tratar mutilaciones nasales. Estas técnicas, inicialmente mantenidas en secreto y transmitidas dentro de ciertas castas, cayeron en el olvido durante siglos debido a razones culturales y pseudocientíficas. No fue sino hasta el siglo XIX que se reanudó el estudio de los injertos de piel, marcando un hito con las primeras documentaciones científicas de autoinjertos en mamíferos. La evolución de las técnicas de injerto, tanto de grosor parcial como total, avanzaron de manera paralela, destacándose las contribuciones de cirujanos como Jacques Louis Reverdin, Leopold Ollier, Carl Thiersch y Fedor Krause. Aunque inicialmente se ridiculizaron los injertos de piel total, posteriormente se describieron sus beneficios en comparación con los injertos de

piel parcial: mejores resultados estéticos, menor contractura de la cicatriz y mayor rango de movimientos. A pesar del auge inicial, la confusión entre autoinjertos y aloinjertos, que se refleja en la afirmación de Reverdin: “En mis primeros injertos usé piel del propio paciente, pero pronto me convencí de que los resultados eran los mismos que cuando usaba piel de otra persona. Esto se ha demostrado con certeza.”, llevó al descrédito de la técnica⁴. El interés en los aloinjertos resurgió durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se investigaron sus efectos en soldados heridos, lo que eventualmente condujo al reconocimiento del papel del sistema inmunológico en el rechazo de estos injertos. A lo largo del siglo XX, se desarrollaron técnicas de preservación y almacenamiento de aloinjertos, centralizándose estas actividades en los llamados bancos de piel, que aseguran la calidad biológica y la seguridad sanitaria de los injertos⁵.

Características de los aloinjertos

El término “injerto” proviene del latín *insertus*, que puede traducirse como “introducir” o “meter una cosa en otra”. Por otro lado, el prefijo “alo-” proviene del griego *allo*, el cual significa “otro”, “extraño” o “diferente”. De esta forma, entendemos por aloinjerto de piel la piel que proviene de otro organismo de la misma especie. Las características de los aloinjertos cutáneos (AC) varían principalmente según: a) el grosor y b) el método de preservación (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1. Comparación de aloinjertos de piel parcial y aloinjertos de piel total

	Aloinjerto de piel parcial	Aloinjerto de piel total
Procuramiento	Cadáver	Donante vivo
Grosor	Epidermis y parte variable de dermis	Epidermis y dermis completa
Viabilidad	Criopreservado: Viable Glicerolizado: No viable	Criopreservado: Viable Glicerolizado: No viable
Aporte de fibroblastos	Escaso	Mayor
Elasticidad	Menor	Mayor
Rechazo	10-14 días	14-21 días
Tipo de cobertura	Temporal	Intermedia Definitiva
Prendimiento	Mayor	Menor
Indicación principal	Grandes Quemados	Heridas con exposición de estructuras nobles

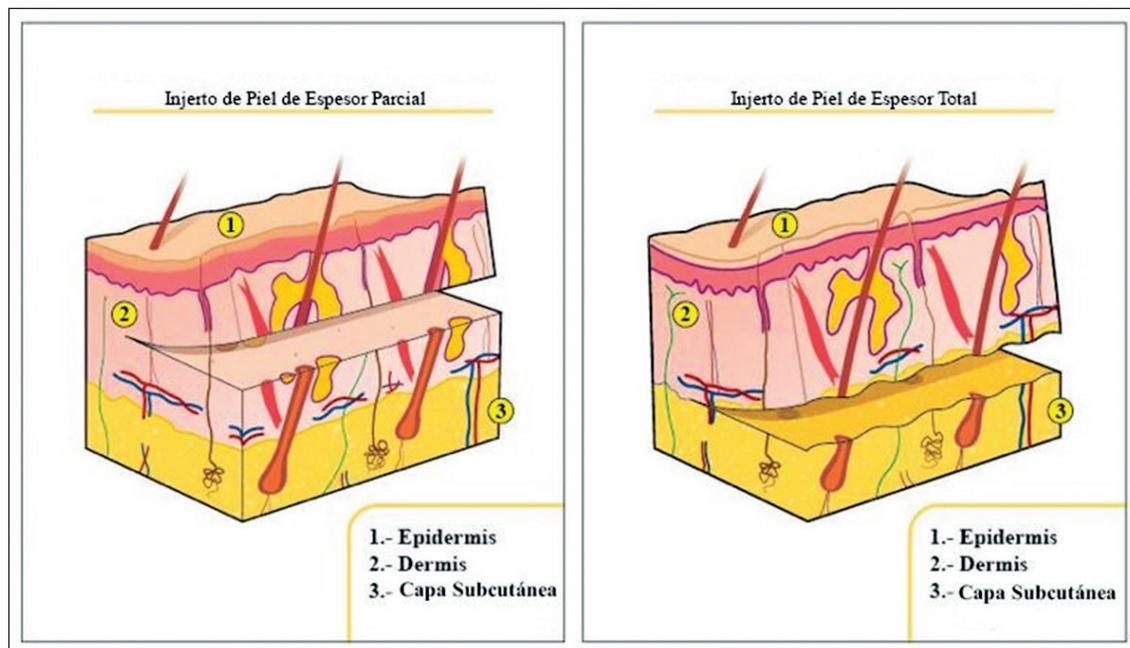


Figura 1. Tipos de injerto de piel.

a. Aloinjertos de piel parcial

Los aloinjertos de piel parcial provienen de la donación de cadáveres, la cual puede ocurrir en el contexto de la donación multiorgánica o en anatomía patológica. Para esto último, el cuerpo debe conservarse a +4°C y la extracción debe realizarse antes de las 12 horas del fallecimiento. Este procedimiento se lleva a cabo con todas las medidas de asepsia y antisepsia, posterior a la certificación de la ausencia de negatividad del donante, al consentimiento de la familia, a la realización de una encuesta de salud y a la toma de exámenes que permitan certificar que los AC no son vectores de enfermedades infectocontagiosas. La extracción se realiza con un dermatomo, principalmente de la cara posterior del tronco y de las extremidades inferiores, variando la superficie de extracción entre 2.235 y 3.500 cm cuadrados^{6,7}

b. Aloinjertos de piel total

Los aloinjertos de piel total provienen de donantes vivos, específicamente de los colgajos dermograsos obtenidos de cirugías de contorno corporal (principalmente abdominoplastias y mamoplastias reductivas). Por lo tanto, el procuramiento se realiza durante el acto quirúrgico, cumpliendo con las mismas normas de asepsia y antisepsia que estas cirugías. La donación requiere del consentimiento del paciente sometido a la cirugía, así como de la

realización de una encuesta de salud y la toma de exámenes de rutina. El colgajo se desengrasa con tijeras, conservando así la totalidad de la dermis. La superficie aportada depende principalmente de la cirugía realizada, de la estatura y contextura del paciente. Es importante destacar que, en el caso de pacientes con antecedentes de cirugía bariátrica, se puede obtener una mayor cantidad de piel, aunque de menor calidad. En promedio, una abdominoplastia aporta 300 cm² y en pacientes con antecedentes de cirugía bariátrica esta superficie puede llegar hasta los 4.500 cm cuadrados^{8,9}.

Procesamiento y almacenamiento

La necesidad de preservar la piel para uso clínico surge debido a que el suministro de piel fresca es limitado y no siempre coincide temporalmente con las necesidades clínicas. Además, la preservación permite eliminar ciertos patógenos y someter este tejido a múltiples exámenes para evitar que se convierta en un vector de enfermedades infectocontagiosas. La piel naturalmente está colonizada por microorganismos comensales, la mayoría de los cuales son inofensivos o incluso beneficiosos para su huésped. Sin embargo, el crecimiento microbiano eventual no solo representaría un riesgo de infección para el receptor, sino que también podría dañar el tejido¹⁰⁻¹².

Los métodos de preservación tienen como objetivo obtener productos de:

- alta calidad biológica, que idealmente mantengan la viabilidad (definida como la capacidad de una unidad biológica de permanecer viva), conserven las proteínas, los factores de crecimiento y las citocinas proinflamatorias, así como la integridad de los tejidos;
- elevada seguridad sanitaria;
- alto valor terapéutico¹³⁻¹⁶.

Actualmente, los dos métodos más comunes de procesamiento utilizados por los bancos de tejidos son la preservación en glicerol al 85% y la criopreservación, a los cuales se les puede agregar la irradiación si se busca la esterilidad de los tejidos^{17,18}.

a. Glicerolización

Este método de preservación reemplaza el componente acuoso de la piel por glicerol al 85%, provocando la muerte celular. Por lo tanto, se trata de tejidos no viables y de menor valor biológico, pero que mantienen la arquitectura cutánea. El glicerol a altas concentraciones tiene un efecto antibacteriano y antiviral (aunque no se ha comprobado de manera concluyente la eliminación de los virus de la hepatitis y del SIDA), siendo además menos antigénicos. Su almacenamiento se realiza a temperaturas de 2 a 8 °C, lo que facilita la logística de distribución y reduce el costo económico final^{19,20}.

b. Criopreservación

La criopreservación se lleva a cabo mediante un proceso de congelación controlada utilizando crioprotectores, los cuales protegen a las células de los daños causados por la formación de cristales de hielo durante el proceso de congelación y descongelación. Los crioprotectores más empleados son el glicerol al 10% y el DMSO (dimetilsulfóxido). Este método mantiene la viabilidad y la estructura cutánea, preservando así las propiedades de la piel fresca. Su almacenamiento se realiza a temperaturas entre -20 y -196 °C, lo que requiere una infraestructura y logística de traslado más compleja²¹.

c. Irradiación

La irradiación gamma es un paso opcional dentro del procesamiento de los AC y se utiliza para la esterilización de tejidos y para el rescate de tejidos contaminados en situaciones específicas. La radiación ionizante penetra profundamente en los tejidos, rompiendo las cadenas de ADN de los microorganismos y otros patógenos, lo que los mata o inactiva. La dosis típica utilizada es de 25 kGy, lo que habitualmente es suficiente para esterilizar la piel sin

comprometer mayormente sus propiedades físicas. Los AC viables pierden esta condición al someterse a esta técnica, ya que la irradiación tiende a inactivar las células humanas a una tasa igual o mayor que las células bacterianas. Es importante recalcar que, mediante la irradiación, a dosis habituales, nunca es posible garantizar la ausencia completa de microorganismos, siendo la esterilidad un fenómeno estadístico^{22,23}.

Mecanismo de acción

La piel es el tejido más inmunogénico, lo cual es independiente del grupo sanguíneo y el antígeno leucocitario humano (HLA-DR), por lo tanto sólo el autoinjerto es considerado una cobertura definitiva y el rechazo es la evolución natural del AC, el cual ocurre en promedio entre los 8-10 días, pero puede llegar a 30 días en pacientes inmunodeprimidos como los grandes quemados²²⁻²⁶. En los AC viables, las células de Langerhans ubicadas en la epidermis migran de la piel donante hacia los ganglios linfáticos del receptor, activando células T. Histológicamente el rechazo se caracteriza por una infiltración linfocítica, en donde la epidermis se rechaza de forma invariable, pero muchos elementos de la dermis, en especial los fibroblastos se integran de manera definitiva. Esta vía directa de rechazo está bloqueada en los AC no viables, ya que las células de Langerhans no son viables, siendo rechazados por una vía indirecta mediada por macrófagos. Por otro lado, los AC no viables actúan como apósitos biológicos y su eliminación se manifiesta por una escara que se elimina por desecación^{27,28}.

Uso clínico

Antes del injerto, el primer paso es preparar el lecho de la herida mediante un desbridamiento quirúrgico y el retiro del tejido desvitalizado. Para lograr un óptimo prendimiento, la zona receptora debe cumplir los mismos requisitos que para un injerto autólogo:

- estar bien vascularizada;
- no presentar sangrado activo;
- no presentar exudación;
- estar libre de infección;
- inmovilizar el AC adecuadamente.

Para la solicitud de los AC, se debe tener en cuenta la superficie a cubrir y el fenómeno de contracción primaria de los injertos, el cual disminuye su tamaño al momento de ser procurado, aunque

este tamaño se recupera al momento de su uso clínico. Este fenómeno es más pronunciado en los AC de piel total²⁹. Los AC criopreservados deben ser trasladados utilizando hielo seco y descongelados en el momento de la cirugía. El empaque consiste en una doble bolsa, por lo que se corta un borde de la bolsa externa y la interna se retira de manera aséptica. El AC se lava tres veces con suero tibio para retirar el criopreservante, debiendo ser injertado de inmediato, ya que la viabilidad disminuye rápidamente después de descongelar la piel. Si el AC no es utilizado, no puede volver a congelarse y debe ser eliminado³⁰. Los AC glicerolizados son almacenados y trasladados a temperaturas entre 2 y 8 °C. Para el uso clínico, deben rehidratarse y lavarse con suero fisiológico tibio durante 30 a 60 minutos para eliminar el glicerol³¹.

Indicaciones

Las indicaciones de los AC han estado históricamente relacionadas con el manejo de los pacientes quemados mediante AC cadavéricos de piel parcial, pero la mejor comprensión de los mecanismos de acción y la aparición de los AC de piel total han permitido ampliar las opciones terapéuticas. Si bien es cierto por definición los AC son coberturas temporales, utilizando ciertas estrategias pueden transformarse en coberturas intermedias o puentes y coberturas definitivas, en este último caso no porque los AC no se rechacen y permanezcan en el tiempo, sino porque estimulan mecanismos regenerativos que terminaran con el cierre y cobertura total de las heridas.

a. Aloinjertos de piel parcial

Los AC cumplen temporalmente las mismas funciones de la piel, recuperando por un espacio de tiempo la barrera del cuerpo con el medio ambiente permitiendo:

- protección contra los patógenos;
- disminución de las pérdidas hidroelectrolíticas;
- disminución del catabolismo;
- revitalizar el lecho de la herida;
- proporciona un mejor lecho para el autoinjerto cutáneo o de queratinocitos;
- prevención de la desecación de la herida;
- disminución del dolor.

En este tipo de AC, lo que predomina es la función de la epidermis. El menor grosor garantiza una tasa de prendimiento mayor y un menor metabolismo, indicación ideal para los pacientes grandes quemados. Las indicaciones más frecuentes son:

- falta de disponibilidad de zonas donantes;

- lechos de dudosa vitalidad o infectados;
- cuando el procedimiento de toma de injertos aumenta considerablemente la morbimortalidad del paciente.

Pero también pueden usarse en combinación con autoinjertos en las técnicas de sándwich. Los resultados clínicos medidos como sobrevida son similares entre los AC glicerolizados (no viables) y criopreservados (viables)³²⁻³⁴.

b. Aloinjertos de piel total

La inclusión en el receptor de algunos elementos de los AC de piel total, principalmente de fibroblastos y la aparición de vasos de neoformación permite la formación de una neodermis, la cual es colonizada por las células del paciente³⁵. Si bien es cierto este proceso también ocurre con los aloinjertos de piel parcial, el hecho de que se aporte una capa más gruesa de dermis viable permite aportar un sólido andamiaje biológico que no sólo cumple las funciones clásicas de cobertura temporal, sino que suma los beneficios de las matrices de regeneración dérmica. En modelos de xenoinjerto se ha comprobado que los APTC promueven la angiogénesis y la producción de colágeno tipo 1 sin provocar una respuesta fibrótica significativa³⁶. Por lo tanto, los AC de piel total criopreservados deberían usarse cuando se requiera la integración de un componente dérmico como parte del cierre permanente de la herida. Si bien es cierto que los injertos (tanto AC como autoinjertos) requieren un lecho vascularizado para su prendimiento, hay múltiples estudios que han demostrado que los AC pueden ser útiles para cubrir superficies como hueso, cartílago y tendones. Estos AC no necesariamente prenden en dichos tejidos, pero sirven como una cobertura temporal efectiva, protegiendo las estructuras nobles de la desecación y la infección mientras se genera una neodermis. De esta forma, su indicación principal es la cobertura de heridas complejas con exposición de estructuras nobles como hueso, cartílago y tendones, o heridas de difícil cicatrización, obteniendo un revestimiento de mejor calidad, con mayor grosor y elasticidad, siendo una alternativa al uso de matrices dérmicas, con un menor costo económico, pudiéndose usar en lechos contaminados³⁷. Posterior al rechazo y formación de la escara superficial se pueden seguir dos caminos:

- realizar la escarectomía y el autoinjerto de piel total sobre la neodermis, comportándose como una cobertura intermedia o puente (Figura 2);
- esperar la lisis de la escara y la regeneración cutánea, con lo cual actuará como una cobertura definitiva (Figura 3).



Figura 2. Aloinjerto de piel total criopreservado como cobertura intermedia o terapia puente. a. Paciente diabético con antecedentes de amputación transmetatarsiana, sufrimiento del muñón con necrosis cutánea, sobre infección y exposición ósea. b. Se realiza aseo quirúrgico y cobertura con aloinjerto cutáneo de piel total criopreservado. c. Formación de escara necrótica superficial. d. Se efectúa escarectomía superficial, evidenciando formación de neodermis en la profundidad y e. autoinjerto de piel parcial. f. Resultado 6 meses.



Figura 3. Aloinjerto de piel total criopreservado como regenerador dérmico. a. Paciente de 101 años con herida traumática de pierna de 3 semanas de evolución. b. Se realiza aseo quirúrgico, desbridamiento de tejido desvitalizado y cobertura con aloinjerto de piel parcial criopreservado. c. Resultado 3 meses de evolución.

Por otra parte, en los pacientes grandes quemados se ha producido un aumento en la supervivencia, pero muchas veces a costa de importantes secuelas debido principalmente al escaso aporte de dermis de los injertos autólogos y a la cicatrización por segunda intención, siendo esta la causa inicial del desarrollo de las matrices dérmicas. El aforismo de Damour nos recuerda que: “Si la epidermis representa la supervivencia del paciente, la dermis le asegura la calidad de vida”. De esta forma, a pesar de que los AC de piel parcial son la indicación preferente, en algunas zonas es necesario ir un paso más allá, y los AC de piel total deberían usarse en:

a) pacientes estables, para la cobertura de zonas con lechos irregulares y/o en planos de fascia o músculo, para aportar dermis, mejorar el prendimiento de injertos y disminuir las secuelas de contorno;

b) pacientes estables, con quemaduras profundas en zonas especiales y articulares^{38,39} (Figura 4).

Desafíos

La extensión del uso de los AC depende en primer término de la mayor disponibilidad de los mismos, por lo cual son indispensables políticas públicas para aumentar la donación de piel tanto en cadáver como del donante vivo, dependiendo la primera mayormente de la cultura de la donación y la segunda de la creación de una red con la logística adecuada para aprovechar los desechos de cirugías de contorno corporal.

Por otra parte, estrategias que permitan evitar el rechazo permitirán transformar a los AC en co-



Figura 4. Aloinjerto de piel total criopreservado en quemaduras de zonas especiales. a. Quemadura de segundo grado profunda en dorso de mano y base de primer y segundo dedos. b. Cobertura con aloinjerto de piel total criopreservado. c. Prendimiento inicial y necrosis de bordes 14 días. d. Desprendimiento paulatino de escara superficial (30 días). e. Resultado a 50 días.

berturas definitivas, pero en el intertanto se pueden usar los AC como andamiaje biológico para ser colonizado por células del paciente estimulando la regeneración cutánea.

Conclusiones

Los aloinjertos cutáneos (AC) son una excelente herramienta terapéutica para la cobertura de defectos cutáneos complejos. Pueden ser utilizados de manera temporal, especialmente en pacientes grandes quemados; de forma intermedia, al integrar el componente dérmico en el receptor y completando la cobertura con un autoinjerto; o de manera defi-

nitiva, al actuar como una matriz de regeneración dérmica.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales: Los autores declaran que en este manuscrito no se han realizado experimentos en seres humanos ni animales.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Financiación: Ninguna.

Conflictos de interés: Ninguno.

Bibliografía

- Priya SG, Jungvid H, Kumar A. Skin tissue engineering for tissue repair and regeneration. *Tissue Eng Part B Rev*. 2008;14(1):105-18.
- Kanitakis J. Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol*. 2002;12(4):390-9.
- Dantzer E. Indicaciones de los sustitutos cutáneos y de los aloinjertos. *EMC-Cirugía Plástica Reparadora y Estética* 2015;23:1-14.
- Ozhathil D, Tay M, Wolf S, Branski L. A narrative review of the history of skin grafting in burn care. *Medicina* 2021;57(4):380.
- Kagan R, Robb E, Plessinger R. Human skin banking. *Clin Lab Med*. 2005;25(3):587-605.
- De Backere AC. Euro Skin Bank: large scale skin banking in Europe based on glycerol-preservation of donor skin. *Burns J Int Soc Burn Inj* 1994; 20 (Suppl 1): S4-S9
- Gaucher S, Khaznadar Z, Gourevitch J, Jarraya, M. Skin donors and human skin allografts: evaluation of an 11-year practice and discard in a referral tissue bank. *Cell and tissue banking* 2016;17:11-9.
- Fonseca M, Cañete A, Ibaceta D, Gomez J, Santander M, Acuña P, et al. Procuramiento y uso de aloinjertos cutáneos de piel total criopreservados obtenidos de pacientes sometidas a abdominoplastía. *Rev Cir*. 2022;74(1):61-72.
- Zidan S, Eleowa S. Banking and use of glycerol preserved full-thickness skin allograft harvested from body contouring procedures. *Burns* 2014;40:641-7.
- Pianigiani E, Ierardi F, Cuciti C, Brignali S, Oggioni M, Fimiani M. Processing efficacy in relation to microbial contamination of skin allografts from 723 donors. *Burns* 2010;36(3):347-51.
- Saffle JR. Closure of the excised burn wound: temporary skin substitutes. *Clin Plast Surg* 2009;36(4):627-41.
- Sheridan R. Closure of the excised burn wound: autografts, semipermanent skin substitutes, and permanent skin substitutes. *Clin Plast Surg*. 2009;36(4):643-51.
- Messenger S, Hann AC, Goddard PA, Dettmar PW, Maillard JY. Assessment of skin viability: is it necessary to use different methodologies? *Skin Res Technol*. 2003;9:321-30.
- Gagnani A, Cezillo MV, da Silva ID, de Noronha SM, Correa- Noronha SA, Ferreira LM. Gene expression profile of cytokines and receptors of inflammation from cultured keratinocytes of burned patients. *Burns* 2014;40:947-56.
- Martínez-Flores F, Sandoval-Zamora H, Machuca-Rodríguez C, Barrera-López, A, García-Cavazos R, Madinaveitia-Villanueva JA. Banco de piel y tejidos: un modelo operativo para la recuperación y preservación de aloinjertos de piel y tejidos. *Cirugía y Cirujanos* 2016;84(1):85-92.
- Gaucher S, Elie C, Vérola O, Jarraya M. Viability of cryopreserved human skin allografts: Effects of transport media and crioprotectant. *Cell Tissue Bank* 2012;13:147-55.
- Blome-Eberwein S, Jester A, Kuentscher M, Raff T, Germann G, Pelzer M. Clinical practice of glycerol preserved allograft skin coverage. *Burns* 2002;28:10-2.
- Kua EH, Goh CQ, Ting Y, Chua A, Song C. Comparing the use of glycerol preserved and cryopreserved allogenic skin for the treatment of severe burns: differences in clinical outcomes and in vitro tissue viability. *Cell Tissue Bank* 2012;13:269-79.
- Van Baare J, Cameron PU, Vardaxis N, Pagnon J, Reece J, Middelkoop E, et al. The 1998 Lindberg Award. Comparison of glycerol preservation with cryopreservation methods on HIV-1 inactivation. *J Burn Care Rehabil*. 1998;19(6):494-500.
- Mackie DP. The Euro Skin Bank: development and application of glycerol preserved allografts. *J Burn Care Rehabil*. 1997;18(1):S7-9.
- Ben-Bassat H, Chaouat M, Segal N, Zumai E, Wexle, Eldad, A. How long can cryopreserved skin be stored to maintain adequate graft performance? *Burns* 2001; 27(5):425-431.
- Rooney P, Eagle M, Hogg P, Lomas R, Kearney J. Sterilization of skin allograft with gamma irradiation. *Burns* 2008;34(5):664-73.
- Johnston C, Callum J, Mohr J, Duong A, Garibaldi A, Simunovic N, et al. Disinfection of human skin allografts in tissue banking: A systematic

- review report. *Cell and Tissue Banking* 2016;17(4):585-92.
24. Ward FE, Mendell NR, Seigler HF, MacQueen JM, Amos DB. Factors which have a significant effect on the survival of human skin grafts. *Transplantation* 1978;26:194-8.
 25. Jonker M, Hoogenboom J, van Leeuwen A, Koch CT, Blusse van Oud Alblas D, van Rood JJ. Influence of matching for HLA-DR antigens on skin graft survival. *Transplantation* 1979;27:91-4.
 26. Burke JF, Quinby WC, Bondoc CC. Early excision and prompt wound closure supplemented with immunosuppression. *Surg Clin North Am.* 1978;58:1141-50.
 27. Burd A, Lam PK, Lau H. Allogenic skin: transplant or dressing? *Burns* 2002;28:358-66.
 28. Richters C, Hoekstra M, Du Pont J, Kreis R, Kamperdijk E. Immunology of skin transplantation. *Clin. Dermatol.* 2005;23(4):338-42.
 29. Revol M, Servant JM. Injertos cutáneos. *EMC-Cirugía Plástica Reparadora y Estética* 2010;18:1-11.
 30. Tognetti L, DePiano E, Perotti R, Cencetti C, Panzano C, Zerini F, et al. Clinical applications of skin Bank bioproducts. *Technology in Practical Dermatology: Non-Invasive Imaging, Lasers and Ulcer Management* 2020:443-9.
 31. Kearney J. Guidelines on processing and clinical use of skin allografts. *Clinics in dermatology* 2005; 23:357-64.
 32. Burd A, Chiu T. Allogenic skin in the treatment of burns. *Clin Dermatol.* 2005;23:376-87.
 33. Khoo T, Halim A, Mat Saad A, Dorai A. The application of glycerol-preserved skin allograft in the treatment of burn injuries: An analysis based on indications. *Burns* 2010;36:897-904.
 34. Gaucher S, Jarraya M. Aloinjertos cutáneos en la cirugía del gran quemado. *EMC-Cirugía Plástica Reparadora y Estética* 2009;17:1-10.
 35. Fonseca M, Cañete A, Ibaceta D, Buchroithner C, Disi F, Olivares J. Procurement and Use of Cryopreserved Total Skin Allograft in Complex Wounds. In: Gore M. *Skin Grafts - Role in Successful Wound Closure*. IntechOpen London, England. September 2021. DOI:10.5772/intechopen.99125
 36. Henn D, Chen K, Maan Z, Greco A, Moortgat Illouz S, Bonham C, et al. Cryopreserved human skin allografts promote angiogenesis and dermal regeneration in a murine model. *International Wound Journal* 2020;17:925-36.
 37. Amoroso L, Agueci S, Pianigiani E, Ierardi, F, Calabrese L, Rubegni P, Tognetti L. From Bank Preparation to Clinical Use of Homologous Skin Allografts in Wound Healing: A Sustainable Approach. *Life* 2024;14:1285. <https://doi.org/10.3390/life14101285>
 38. Orgill DP, Ogawa R. Current Methods of burn reconstruction. *Plast Reconstr Surg.* 2013;131(5):827e-36e.
 39. Heimbach D, Luterma A, Burke J, Cram A, Herndon D, Hunt J et al. Artificial dermis for major burns. A multi-center randomized clinical trial. *Ann Surg.* 1988;208:313.