



REVISIÓN

Manejo quirúrgico de la hipopigmentación crónica postquemadura. Revisión sistemática

Systematic review of the surgical management of chronic postburn hypopigmentation

María Alejandra Salas-Gianini^a, Fernando Valenzuela Ahumada^b, Leonardo Peruilh-Bagolini^c, Pablo Santa María Highet^a.

^a Departamento de Dermatología Clínica Dávila. Santiago, Chile.

^b Dermatología, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

^c Departamento de Dermatología, Hospital Clínico Universidad de Chile. Santiago, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 01 12 2022
Aceptado: 13 03 2023

Key words:

Burns;
Hypopigmentation;
Leukoderma; Surgery;
Skin Grafting.

Palabras clave:

Cicatriz Post-Quemadura;
Hipopigmentación;
Leucodermia; Cirugía;
Injerto Epidérmico;
Injerto Celular.

RESUMEN

Introducción: La hipopigmentación post-quemadura (HPQ) es una complicación frecuente en pacientes quemados, generando secuelas permanentes. El tratamiento es complejo, con escasa evidencia, e incluye el uso de procedimientos quirúrgicos descritos principalmente en reportes de casos y series de pacientes.

El objetivo de este trabajo fue describir las diferentes técnicas quirúrgicas disponibles en la literatura para el tratamiento de la HPQ.

Metodología: Se realizó una revisión sistemática en Medline, Embase, PubMed, Cochrane y LILACS, incluyendo casos clínicos, series de casos, y artículos originales en inglés y español, que describieran técnicas quirúrgicas para el manejo de la HPQ crónica, hasta septiembre de 2020.

Resultados: Veintisiete artículos cumplían con los criterios de inclusión, describiendo siete técnicas quirúrgicas para el manejo de la HPQ: injerto cutáneo de espesor parcial, injerto epidérmico mediante ampollas, mini-injerto por punch, injerto de pequeños fragmentos epidérmicos, trasplante de queratinocitos-melanocitos no cultivados, autoinjerto de epitelio cultivado, y aprovechamiento de unidades foliculares. Estas técnicas fueron aplicadas en 301 pacientes, entre 5 y 68 años, 58% sexo femenino, incluyendo principalmente pacientes asiáticos, hispanos y afrodescendientes. Las principales localizaciones corporales tratadas fueron extremidades superiores, área facial y extremidades inferiores. Con todas las técnicas se describe repigmentación significativa, siendo la principal complicación la hiperpigmentación de la zona tratada.

Discusión - Conclusión: Existen siete técnicas quirúrgicas descritas para el manejo de la HPQ, sin embargo, faltan estudios comparativos de mayor calidad, por lo que la selección de la técnica dependerá de la experiencia clínica, disponibilidad de recursos técnicos, y las características individuales de cada paciente.

ABSTRACT

Introduction: Post-burn hypopigmentation (PBH) is a frequent complication in burned patients, which may generate permanent sequelae. Treatment is complex, with limited evidence available, and includes the use of

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: msalas1@miuandes.cl

<https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2023.03.006>

e-ISSN: 2531-0186/ ISSN: 0716-8640/© 2023 Revista Médica Clínica Las Condes.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



surgical procedures described mainly in case reports and case series.

The objective of this manuscript was to describe the different surgical techniques available in the literature for the treatment of PBH.

Methodology: A systematic review was carried out in Medline, Embase, PubMed, Cochrane and LILACS databases, including clinical cases, case series, and original articles written in English and Spanish, which described surgical techniques for the management of chronic PBH, until September 2020.

Results: Twenty seven articles met the inclusion criteria, which described seven surgical techniques for the management of PBH, including: superficial dermabrasion with split thickness skin grafting, blister epidermal grafting, punch minigrafting, chip skin grafting, non-cultured keratinocyte-melanocyte transplantation, cultured epithelium autograft, and follicular unit exploitation. These techniques were applied in 301 patients, between 5 and 68 years old, 58% female, mainly Asian, Hispanic and Afro-descendant patients. The main body locations treated were upper extremities, facial area and lower extremities. Significant repigmentation is described with all the techniques, and the main complication was hyperpigmentation of the treated area.

Discussion and conclusion: There are seven surgical techniques described for the management of PBH, however, higher quality comparative studies are needed, therefore, the selection of the technique depends on clinical experience, availability of technical resources, and the individual characteristics of each patient.

INTRODUCCIÓN

Las cicatrices post-quemadura son una causa frecuente de morbilidad que afecta la calidad de vida de pacientes quemados, pudiendo asociarse a dolor crónico, contracturas, prurito, desfiguración cosmética y trastornos de la pigmentación^{1,2}. Aunque la mayoría de las alteraciones pigmentarias se resuelven con el tiempo, la hipopigmentación post-quemadura (HPQ), también denominada leucodermia, suele ser permanente y de difícil manejo³.

En la fase aguda de la HPQ, se ha otorgado un rol fisiopatológico a la destrucción directa de melanocitos y melanina en la epidermis por el trauma térmico⁴. La HPQ crónica, en cambio, se explica por la destrucción de anexos cutáneos, desde los cuales migrarían células madre de melanocitos para producir melanina^{5,6}. Por otro lado, el tejido fibroso cicatricial obstaculiza la migración de melanocitos e impide la transferencia de melanina. Recientemente, sin embargo, se ha planteado que la densidad de melanocitos en la zona de HPQ estaría conservada, existiendo un cambio en la estructura dendrítica, una tasa de reducida de proliferación, falta de señalización para activación de melanogénesis, y una defectuosa síntesis de melanina y transferencia desde melanocitos a queratinocitos⁷⁻⁹.

Las intervenciones quirúrgicas para el tratamiento de la HPQ suelen estar enfocadas en remover tejidos cicatriciales y, ya sea activar los melanocitos remanentes y/o transferir melanocitos y queratinocitos de sitios sanos a áreas afectadas, a modo de que puedan migrar centrífugamente y producir repigmentación de la piel afectada⁴⁻⁹. Desafortunadamente, existe una falta de evidencia de alta calidad disponible en la literatura, y la mayoría de las revisiones de tratamientos quirúrgicos de la HPQ incluyen experiencias en pacientes con vitíligo u otras causas de leucodermia. El objetivo de este trabajo fue proporcionar una revisión sistemática actualizada y completa de todas las técnicas quirúrgicas descritas para el tratamiento

de la HPQ, basada únicamente en la evidencia generada en pacientes quemados.

METODOLOGÍA

La revisión sistemática se realizó en concordancia con lo establecido en las guías PRISMA¹⁰.

Se realizó una búsqueda electrónica en cinco bases de datos (Medline, Embase, PubMed, Cochrane y LILACS) en septiembre de 2020, utilizando los siguientes términos: *((Burn) OR (postburn) OR (post burn) OR (post-burn) OR (burn scar) OR (burn injuries)) [All fields] AND ((Depigmentation) OR (Dyspigmentation) OR (Hypopigmentation) OR (leukoderma) OR (leucoderma) OR (achromic) OR (depigmented) OR (leukodermic)) [All fields] AND ((surgical) OR (treatment) OR (repigmentation)) [All fields]).*

Dos revisores independientes con experiencia examinaron las publicaciones para determinar su elegibilidad a través del título, resumen y revisión de texto completo. Las discrepancias se resolvieron a través de un tercer revisor. Adicionalmente, se examinaron las referencias de los artículos seleccionados.

Se incluyeron casos clínicos, series de casos, y artículos originales en inglés y español, que describieran técnicas quirúrgicas para el manejo de la HPQ crónica, hasta septiembre de 2020. Se excluyeron del estudio artículos que describieran tratamientos no quirúrgicos, tratamiento de otras causas de leucodermia diferentes a quemaduras, artículos que evaluaran el manejo de otras secuelas post-quemadura no HPQ, revisiones o artículos desarrollados en animales o modelos experimentales.

Los manuscritos seleccionados fueron leídos exhaustivamente, incluyendo las técnicas quirúrgicas originales descritas y las expe-

riencias posteriores con esas técnicas. De cada publicación se extrajo el número de pacientes, sexo, edad, ubicación anatómica de la HPQ, superficie corporal total en la que se aplicó la técnica, raza o fototipo de Fitzpatrick, período de seguimiento, resultados post-quirúrgicos y complicaciones.

Los datos se agruparon en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® (versión 16.16.2, Redmond, WA).

RESULTADOS

La búsqueda inicial incluyó 956 referencias: Pubmed (n = 160), Embase (n = 497), Medline (n = 193), Cochrane (n = 105) y LILACS (n = 1). El diagrama de flujo de selección incluyó finalmente 27 artículos que cumplían con los criterios de inclusión (Figura 1).

Se describen un total de siete técnicas quirúrgicas originales para el manejo de la HPQ, aplicadas en un total de 301 pacientes, entre 5 y 68 años, 58% de sexo femenino, incluyendo en su mayoría población de etnias con pigmentación cutánea más oscura, principalmente asiática, hispánica y afrodescendiente, seguido de razas y

fototipos de piel más clara. La principal localización anatómica con HPQ fue la extremidad superior, seguida del área facial, extremidad inferior, tórax, cuello, abdomen y cuero cabelludo. Los resultados en general describen alto porcentaje de repigmentación con buena similitud de color con la piel circundante, siendo la principal complicación la hiperpigmentación de la zona tratada debido a exposición solar (Tabla 1).

Injerto cutáneo de espesor parcial (ICEP)

El ICEP surge como una técnica sencilla que permite la repigmentación permanente, con mejores resultados estéticos y menor morbilidad de la zona donante en comparación con el injerto convencional¹¹⁻¹³.

Primero, se debe preparar el sitio receptor mediante dermoabrasión superficial, que puede ser realizada con fresa de diamante o dermatomo eléctrico, sobrepasando por 2-4 mm el contorno de la zona afectada, hasta notar un sangrado puntiforme de la dermis reticular^{14,15}. Otra técnica de dermoabrasión fue descrita por Açikel et al., mediante el uso de

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA: proceso de selección para la inclusión de estudios en la revisión sistemática

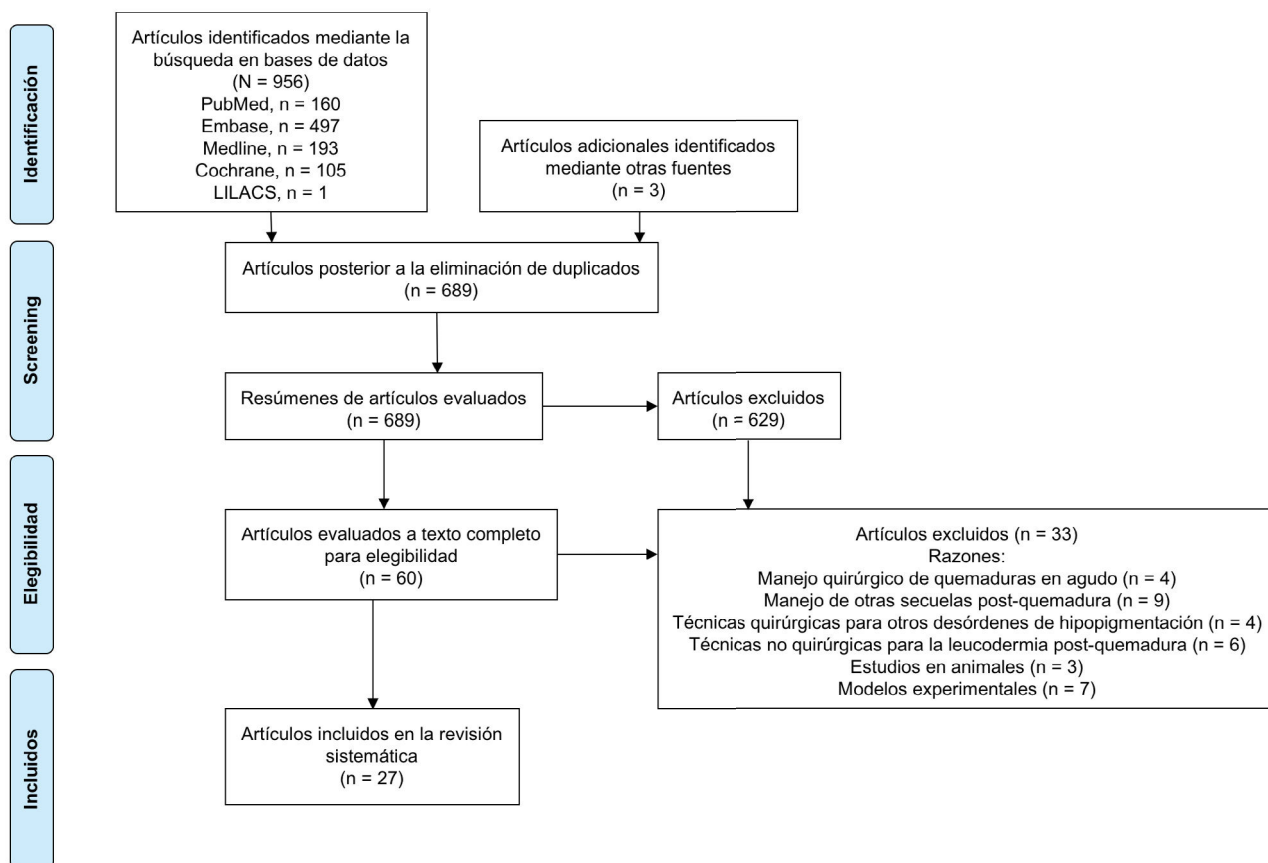


Tabla 1. Leucodermia post-quemadura

Técnica quirúrgica	Año, Autor	N	Sexo	Edad (años)	Localización leucodermia postquemadura	SCT tratada (%)/cm ²	Raza/Fototipo de Fitzpatrick	Período de seguimiento (meses)	Resultados	Complicaciones
Injerto cutáneo de espesor parcial (ICEP)	1985, Taki et al. ¹⁸	32	14M 18F	12-68	Pierna (9), antebrazo (7), mano (4), muslo (4), brazo (3), abdomen (2), pie (2), región escapular (1).	0,5-10%	Asiática.	NE	90-100% Repigmentación con buena similitud de color.	2/32 Cicatrices levemente hipertroficas.
	1990, Onur Erol et al. ¹³	18	4M 14F	5-35	Extremidades (9), rostro (8), cuello (1).	NE	NE	12-48	Repigmentación adecuada, superficies planas y pigmentación homogénea en todos los pacientes.	1/32 Hiperpigmentación posterior a exposición solar precoz. 1/32 quiste de inclusión.
	1990, El-Otefy et al. ¹²	30	9M 21F	7-55	Extremidades superiores, inferiores, tronco.	NE	NE	NE	Resultados cosméticamente destacables en cuanto al color de los injertos.	NE
	1991, Kahn et al. ¹¹	11	NE	33 (edad media)	NE	NE	Hispánica (7), afrodescendiente (2), asiática (2).	0,5-94	Vitalidad del injerto cutáneo excelente en todos los pacientes. Similitud de color buena (87%), excelente (13%).	Sin complicaciones.
	1996, Kahn et al. ¹⁷	21	NE	20-52	Dedos, manos y muñecas (19), rostro (1), tórax anterior (1).	NE	Hispánica (15), afrodescendiente (4), asiática (2).	0,5-94	Vitalidad del injerto cutáneo buena (3%), excelente (97%). Similitud de color buena (63%), excelente (33%), pobre (1%).	1/21 Seroma. Quistes de milium en casi todos los pacientes.
	2000, Açikel et al. ¹⁶	13	13 M	20-22	Extremidades (7), tórax (4), rostro (2).	0,5-3%	Fototipos de Fitzpatrick IV (8), Fitzpatrick III (5).	1-12	Vitalidad del injerto cutáneo excelente en 12/13 pacientes. Similitud de color buena (46%), excelente (39%), aceptable (15%).	1/13 Hematoma requiriendo reinjerto.
	2000, Al-Qattan ¹⁵	8	NE	15-40	Dorso de mano (3), dorso dedos (3), antebrazo (2).	2-20 cm ²	Arábica.	12	Resultados considerados satisfactorios por todos los pacientes. Sin hipopigmentación residual, pero similitud de color no fue perfecta en ningún caso.	Injertos cutáneos levemente hiperpigmentados en comparación a la piel normal adyacente.
	2015, Driscoll et al. ¹⁴	11	5 M 6 F	14 (edad media)	Extremidad superior (4), Extremidad inferior (3), rostro (3).	4-500 cm ²	Africana o afroamericana (5), caucásica (3), hispánica (2), asiática (1).	12-84	Vitalidad del injerto cutáneo buena en todos los pacientes. Repigmentación duradera, con menos de 5% de hipopigmentación residual.	Sin complicaciones.
Injerto epidérmico mediante ampollas (IEA)	1971, Falabella ¹⁹	2	1 M 1 F	18,25	Rostro (1), dorso de la mano (1).	NE (1), 6 cm ² (1)	Fototipos de Fitzpatrick V-VI (1), I-II (1).	10	Vitalidad del injerto cutáneo 100%. Repigmentación completa de las áreas acromiáticas.	Moderada hiperpigmentación de algunas áreas tratadas.
	1984, Falabella ²¹	6	1 M 5 F	18-45	Pierna (3), antebrazo (1), brazo (1), tórax (1).	15-200 cm ²	Fototipos de Fitzpatrick I-II (5), III-IV (1).	12-36	Vitalidad de todos los injertos cutáneos 100%. Adecuada repigmentación.	1/6 Hiperpigmentación moderada de las áreas tratadas.
	1985, Suwanprakorn et al. ²²	3	3 F	31-38	NE	NE	NE	6-18	Repigmentación efectiva.	Sin complicaciones.
	2007, Burm et al. ²⁰	23	NE	NE	Mano (11), rostro (6), brazo (5), tobillo (1).	3-64 cm ²	Asiática.	1-36	Vitalidad completa de todos los injertos cutáneos. Repigmentación excelente.	Sin complicaciones.
	2016, Chen et al. ²³	15	10 M 5 F	35 (edad media)	Rostro (9), extremidades (3), tórax (3).	14±3 cm ²	Asiática.	12	Repigmentación excelente (73%), aceptable (20%), buena (7%).	1/15 Hiperpigmentación menor en el sitio dador.
Mini-injerto por punch (MIP)	1972, Orentreich et al. ²⁸	1	1 F	46	Rostro.	7 cm ²	Afrodescendiente.	30	Vitalidad del injerto buena, con permanencia de la repigmentación.	Patrón reticulado y leve pigmentación oscura de los injertos y sus anillos circundantes los primeros meses. Injerto mínimamente deprimido en comparación a piel adyacente.

	1978, Falabella ²⁵	1	1 F	15	Pierna.	NE	Fototipo de Fitzpatrick I-II.	NE	Repigmentación satisfactoria.	NE
	1986, Falabella ²⁷	3	1 M 2 F	23-32	Mano (2), muslo (1).	21-28 cm ²	Fototipos de Fitzpatrick VI (2), III-IV (1).	5-24	Repigmentación completa. Mejoría del color y similitud con la piel circundante.	1/3 Mínima hiperpigmentación del mini injerto. 1/3 Mínima hiperpigmentación en el sitio dador.
	1997, Lahiri et al. ²⁶	4	NE	6-67	NE	2-14 cm ²	Fototipos de piel oscura (Estudio en pacientes de la India).	18	70 a 100% Repigmentación en la mayoría de los pacientes. Pigmentación alrededor del injerto bastante favorable.	Apariencia en empedrado (NE número de pacientes).
	2007, Fujii et al. ²⁴	3	1 M 2 F	16-62	Mano (2), antebrazo (1).	NE	Asiática.	8-35	Color, similitud con piel adyacente y textura satisfactoria.	1/3 Apariencia en empedrado.
Injerto de pequeños fragmentos epidérmicos (IPFE)	1985, Harashina et al. ²⁹	12	6 M 6 F	12-54	Extremidades (8), rostro (3), tórax (1).	NE	Asiática.	6-40	Repigmentación adecuada en todos los casos.	2/12 Hiperpigmentación del área tratada.
	2016, Chen et al. ²³	15	11 M 4 F	36 (edad media)	Rostro (11), extremidades (3), tórax (1).	14 cm ²	Asiática.	12	Repigmentación excelente (86%), buena (7%), aceptable (7%).	1/15 Depigmentación del margen entre el injerto y la piel adyacente. 1/15 Hiperpigmentación menor en el sitio dador.
Trasplante de queratinocitos-melanocitos no cultivados (TQMNC)	2011, Mulekar et al. ³⁰	7	1 M 6 F	14-65	Pie (2), cuello (1), mano (1), pulgar (1), tórax (1), pierna (1).	6-83 cm ²	Árabe.	3-56	90 a 100% de repigmentación en todos los pacientes, buena similitud de color.	1/7 Hiperpigmentación del área tratada.
	2011, Henderson et al. ³²	1	1 M	26	Fronte, mejilla, y tórax.	38 cm ²	Afroamericana.	6	Repigmentación 95% tórax con similitud de color regular. 90 a 100% en frente y mejilla con similitud de color apropiada. Mejoría general de la textura.	Erosión superficial, edema periorbitario, dolor.
	2013, Iman et al. ³¹	28	13 M 15 F	29 (edad media)	Mano (13), pierna (5), muñeca (2), dedos (2), tobillo (2), pie (2), antebrazo (1), tórax (1).	NE	NE	9-15	Mejoría limitada en la pigmentación. Resultados no satisfactorios según pacientes y clínicos.	NE
	2016, Busch et al. ³³	20	5 M 15 F	6-60 33 (edad media)	Rostro, cuello, tórax, brazo.	15-250 cm ² (94 cm ²)	Caucásica.	12	Mejoría del 50% en la pigmentación según pacientes, y 38% según los clínicos.	Sin complicaciones.
	2017, Silpa-Archa et al. ³⁵	9	2 M 7 F	26-54	Cuero cabelludo, rostro, cuello, tórax, extremidades, manos, pies, mucosa.	2-70 cm ² (31 cm ²)	Fototipos de Fitzpatrick I-II (10), V-VI (4).	12	Repigmentación pobre (59%), aceptable (17%), Buena (12%), excelente (12%), Similitud de color buena en 100%.	Sito dador con 27% hiperpigmentación, 5% hipopigmentación, 3% eritema. Leve atrofia cutánea 27%, cicatriz notoria 8%.
	2019, Ren et al. ³⁴	2	1 M 1 F	25,15	Rostro (1), cuello (1).	24 cm ²	Asiática.	3-12	Repigmentación con mejoría considerable del color, textura, y grosor de la cicatriz.	NE
Autoinjerto de epitelio cultivado (AEC)	2000, Stoner et al. ³⁷	1	1 F	5	Pierna.	9 cm ²	NE	48	Repigmentación completa.	NE
Aprovechamiento de unidades foliculares (AUF)	2019, Soliman et al. ³⁸	1	1 F	43	Brazo.	NE	Fototipo de Fitzpatrick III-IV	24	Repigmentación >80% con cicatriz suave y casi sin tallos pilosos visibles. Mejoría general >90% según paciente.	Dolor temporal y sensación quemante durante el procedimiento.

Descripción de los artículos seleccionados en la revisión sistemática

N=Número de pacientes; SCT=Superficie corporal total; M=Masculino; F=Femenino; NE= No especificado.

láser de dióxido de carbono (CO₂) en 13 pacientes, 12 de los cuales mostraron excelentes resultados, permitiendo una evaluación más precisa de la profundidad del tejido erosionado, menor sangrado, mayor uniformidad, y piel más suave con mínimo daño térmico¹⁶. Posteriormente, el injerto de piel fina puede obtenerse de abdomen, espalda, muslos o glúteos, con un dermatomo eléctrico con espesor entre 0,1 y 0,2 mm^{13-15,17,18}. Así, se obtiene suficiente tejido conteniendo la capa basal de epidermis con su componente de melanocitos. El injerto posteriormente se fija al área dermabradada. Una mejoría aparente del área tratada se observa durante el primer reemplazo de apósito, y el área donante generalmente cicatriza en 2 semanas¹⁴⁻¹⁶.

La mayoría de los estudios con ICEP informan resultados satisfactorios, generando una cicatrización eficaz tanto de la zona donante como la zona afectada. Driscoll et al. realizaron este procedimiento en dieciséis ocasiones, con un área afectada promedio de 88 cm² (abarcando hasta 500 cm²), resultando en una pigmentación adecuada y duradera en todos los casos, con menos de 5% de leucodermia residual¹⁴.

Se describen pocas complicaciones, como la hiperpigmentación causada por exposición solar durante el postoperatorio temprano¹³⁻¹⁵. Al Qattan utilizó ICEP en la extremidad superior de 8 pacientes, describiendo una ligera hiperpigmentación en el período de seguimiento, que se consideró menos significativa que la hiperpigmentación previa al procedimiento¹⁵.

Una de las desventajas es la eventual diferencia de color entre el injerto y la piel adyacente al área tratada^{11,16,17}. El ICEP, además, requiere un área donante de igual o mayor extensión a la zona receptora, lo que aumenta el riesgo de cicatrices en ambos sitios¹⁴. El riesgo de la anestesia general y los costos asociados constituyen otra desventaja^{14-16,18}.

Injerto epidérmico mediante ampollas (IEA)

Este método consiste en formar bulas para obtener el tejido dador¹⁹. En 2007, Burm et al. consolidaron este procedimiento utilizando una bomba de succión portátil con manómetro y ventosas²⁰. Un mini-injerto se obtiene idealmente del muslo o abdomen, colocando ventosas con presión negativa de 200 mmHg para inducir la formación de ampollas. En un plazo de 3 a 4 horas, se debe desprender la cubierta epidérmica de la ampolla¹⁹⁻²¹. También se pueden formar ampollas por congelación con nitrógeno líquido durante 20-25 segundos, lo cual puede utilizarse para tratar áreas más pequeñas, mientras que el método de succión es indoloro y útil en áreas más grandes²².

El sitio receptor debe removerse mediante dermoabrasión superficial, o con ampollas mediante aplicación de nitrógeno líquido o por succión, las cuales se formarán en menos de 24 horas, sin

embargo, el injerto solamente se puede realizar con éxito 3 a 4 días después de que el edema y los cambios inflamatorios hayan remitido¹⁹⁻²². El día del injerto, los mini-injertos obtenidos se aplican en el área afectada de forma superpuesta para evitar formación de fisuras acrómicas^{22,23}.

Diversos autores han reportado una repigmentación moderada o completa, sin cicatrices ni alteraciones en la zona donante o receptora¹⁹⁻²³.

Una ventaja de esta técnica es la posibilidad de obtener múltiples muestras de un sitio donante relativamente pequeño, sin cicatrices notorias¹⁹⁻²⁰. Sin embargo, el área de tratamiento está limitada por el tamaño de la ventosa en una proporción 1:1 entre las ampollas del sitio donante y el receptor^{19,23}. El IEA genera mínimas molestias, por lo que no requiere de abundante anestesia. En pocos casos se han descrito efectos adversos menores como hiperpigmentación del sitio donante^{19,21,23}.

Mini-injerto por punch (MIP)

Esta técnica consiste en realizar, bajo anestesia local, mini-punchs de 1-2 mm de diámetro en la zona afectada, o abrasiones superficiales con fresas dentales, uniformemente espaciadas por 4-5 mm entre sí, con suficiente profundidad para alcanzar dermis de espesor parcial. Posteriormente, mediante mini-punchs se obtienen mini-injertos de igual diámetro y espesor en piel no foto-expuesta, y se colocan dentro de los orificios realizados en la zona receptora, inmovilizándolos durante al menos 1 semana²⁴⁻²⁸. Alternativamente, Fujii et al. realizaron mini-punchs de 0,25 mm de diámetro, minimizando las cicatrices en el sitio donante, con mejores resultados en cuanto a color y textura en relación a la piel adyacente²⁴.

Lahiri et al. utilizaron esta técnica obteniendo entre 70 y 100% de repigmentación en 49% de las lesiones, y entre 50 y 70% de repigmentación en 34% de ellas²⁶.

Una ventaja de este procedimiento es que utiliza el fenómeno de "propagación del pigmento", que es la propiedad de los melanocitos de migrar centrífugamente desde cada área injertada a la piel leucodérmica adyacente, permitiendo la repigmentación. Por lo tanto, se puede tratar un área receptora considerablemente más grande que el área donante^{24,27,28}. Se pueden tomar hasta 200 mini-injertos de 1-2 mm de diámetro desde un área donante de 25 cm², y un injerto de 1 mm puede originar una pigmentación 25 veces más grande^{25,27}.

La repigmentación con apariencia en empedrado es el efecto adverso más común, sin embargo, tiende a desvanecerse con el tiempo dado la unión definitiva de las islas de repigmentación²⁴⁻²⁷. Otros efectos adversos descritos incluyen la hiperpigmentación del injerto, queloides y contracturas de la cicatriz^{24,26-28}.

Injerto de pequeños fragmentos epidérmicos (IPFE)

Técnica descrita por Harashina et al., similar a la técnica de ICEP, sin embargo, en este caso se obtiene un injerto de espesor parcial (<0,3 mm) de un tercio a un quinto del área receptora, que posteriormente se divide en pequeños trozos pasándolo dos veces por un mallador de injerto. Posteriormente, se dividen con bisturí en fragmentos tan pequeños como sea posible, los cuales se distribuyen homogéneamente por toda la zona receptora previamente dermabradada²⁹.

Harashina et al. aplicaron esta técnica en 12 pacientes, logrando repigmentación adecuada en todos los casos²⁹. Así mismo, Chen et al. trataron la región facial de 15 pacientes con área promedio de 14 cm², reportando excelente repigmentación en 86% de los casos²³.

La ventaja de este procedimiento es que permite tratar una superficie 3 a 5 veces mayor que el injerto del sitio donante. Esta técnica se basa en la capacidad de los melanocitos para migrar a la piel leucodérmica adyacente, bajo el mismo principio que el MIP, aunque más simple y con pigmentación más homogénea, minimizando también la desfiguración y discapacidad del sitio donante al utilizar injertos muy finos. Además, no genera demarcación entre la piel normal y el contorno del injerto, ni pigmentación en empedrado. Sin embargo, dos pacientes de las publicaciones descritas desarrollaron hiperpigmentación posterior debido a exposición solar^{23,29}.

Trasplante de queratinocitos-melanocitos no cultivados (TQMNC)

Este procedimiento utiliza una suspensión no cultivada de queratinocitos y melanocitos, a partir de una muestra de piel superficial de una zona donante, que debe ser un décimo del tamaño de la zona receptora afectada³⁰⁻³⁵. Inicialmente se utilizó un procesamiento complejo, donde la muestra se incubaba en una solución de tripsina, luego se separa la capa epidérmica y se centrifuga, obteniendo células que se suspenden en un medio específico. Esta suspensión celular se aplica posteriormente sobre la zona receptora previamente dermabradada, y se cubre con láminas de colágeno seco para proporcionar un ambiente óptimo para la vascularización y crecimiento celular^{30,32}.

Mulekar et al. realizaron esta técnica con posterior aplicación de láser Excimer en la zona tratada, logrando un efecto sinérgico en la actividad y propagación de los melanocitos, con tasas de repigmentación entre 90 y 100%. Solo un paciente presentó hiperpigmentación posterior³⁰.

Bush et al. realizaron el TQMNC en 20 pacientes mediante el sistema ReCell cubriendo defectos de hasta 250 cm²^{33,36}. Este sistema realiza un procesamiento rápido y automatizado de células autólogas del paciente in vitro, produciendo una suspensión mixta de células viables para ser aplicadas. En la zona receptora,

en vez de dermoabrasión o láser, realizaron una activación percutánea del colágeno mediante micro-agujas para inducir micro-trauma, mejorando así la calidad de la cicatriz. Mediante esta combinación obtuvieron una mejoría del 50% en la pigmentación de sus pacientes³³.

Por otro lado, Iman et al. evaluaron esta técnica en 18 pacientes que recibieron una suspensión de células epidérmicas autólogas pulverizada sobre el área afectada previamente dermabradada, y 10 pacientes que recibieron inyecciones de la suspensión en un área no dermabradada previamente. Ambos grupos experimentaron repigmentación leve y el recuento de melanocitos por campo evaluados histológicamente no fue estadísticamente diferente entre los grupos, ni antes y después del procedimiento³¹.

El TQMNC permite una relación entre área donante y receptora de 1:10, con repigmentación estadísticamente significativa probada en áreas de hasta 320 cm²^{30,32,33}. Su uso mediante pulverización logra una proporción de 1:40 entre área donante y receptora³⁴.

Sin embargo, se han obtenido resultados contradictorios debido a la dispersión celular irregular en el área receptora, y las dificultades asociadas con la adecuada fijación de la suspensión celular en la piel^{31,35}.

Autoinjerto de epitelio cultivado (AEC)

Técnica similar al TQMNC, con la diferencia de que el cultivo celular obtenido del sitio donante se somete a ciertas condiciones, incluyendo la adición de factor de crecimiento epidérmico, que le permiten una alta tasa de crecimiento celular y generar colonias estratificadas que se asemejan a la epidermis³⁷.

Stoner et al. trataron a una niña de 5 años con HPQ de 9 cm². El epitelio cultivado recién formado se aplicó como una hoja de células en el área leucodérmica previamente dermabradada, logrando una repigmentación evidente 6 semanas después. La presencia de melanocitos se confirmó mediante histoquímica y microscopía electrónica³⁷.

El AEC permite la expansión de un pequeño trozo de epidermis en grandes cantidades de epitelio cultivado, sin limitaciones en el área de superficie que puede tratarse.

Las principales desventajas son el costo y el nivel de complejidad técnico, que requiere 2 etapas quirúrgicas y un laboratorio especializado^{30,37}.

Aprovechamiento de unidades foliculares (AUF)

Soliman et al. describieron un protocolo de tres pasos para el tratamiento de la HPQ. Esta técnica consiste en la extracción de unidades foliculares individuales del cuero cabelludo mediante punchs de 0,8 mm, y su posterior implantación separadas por 5 mm

en la zona leucodérmica. Luego, se trata la zona con fototerapia para estimular la pigmentación, y depilación láser, logrando una cicatriz repigmentada, de textura suave y sin vello. El AUF logra más del 80% de repigmentación, y más del 90% de satisfacción del paciente³⁸.

Esta técnica aprovecha el potencial proliferativo de las unidades foliculares, logrando una mejor supervivencia y captación de los injertos, y repigmentación de áreas más grandes, con buenos resultados estéticos. Los pacientes solamente experimentan molestias mínimas temporales, sin efectos adversos significativos³⁸.

DISCUSIÓN

Los procedimientos quirúrgicos detallados en la literatura internacional permiten tratar la HPQ de forma segura y con buenos resultados. La evidencia disponible se basa mayoritariamente en casos individuales y series de casos, existiendo una carencia de estudios comparativos o analíticos, por lo que no es posible establecer de forma definitiva las ventajas, desventajas, beneficios y riesgos de cada procedimiento. Debido a esto, la selección de la técnica dependerá de la experiencia del médico, la disponibilidad de recursos técnicos y las características del paciente.

El ICEP fue la primera técnica descrita, acumulando un mayor nivel de evidencia que otras técnicas. Sin embargo, los resultados estéticos no siempre son satisfactorios, la cicatrización de la zona donante e injertada puede ser deficiente, y el área posible de tratar es limitada¹¹⁻¹⁸. El IEA puede considerarse como una técnica complementaria, permitiendo expandir ligeramente los injertos para cubrir una superficie receptora mayor, pero con desventajas similares al ICEP, mayor complejidad técnica, y necesidad de cirugía en dos etapas¹⁹⁻²³.

Las técnicas de MIP e IPFE permiten restaurar la pigmentación utilizando un área donante pequeña en relación al área afectada²³⁻²⁹. El IPFE tiene la ventaja por sobre el MIP de ser más rápido y sencillo, logrando aparentemente mejores resultados estéticos en el sitio donante y receptor, aunque requiere de un mallador de injertos^{23,29}.

Los injertos celulares como el TQMNC y AEC son técnicas recientes que permiten cubrir grandes extensiones de áreas a partir de sitios donantes de pequeño tamaño^{30-35,37}. El TQMNC tiene menores requerimientos técnicos, menor costo, es más rápido y requiere un solo acto quirúrgico; a diferencia del AEC, que requiere un manejo avanzado del injerto para reproducir un epitelio cultivado^{33,34}. Sin embargo, ambos son definitivamente complejos, y los resultados cosméticos son variables o contradictorios^{33,35,37,39,40}.

El AUF constituye una reciente variación de la técnica usada comúnmente para trasplante capilar, que aprovecha el potencial proliferativo de las unidades foliculares con resultados promisorios, por lo que se podría considerar ante el fracaso a otras técnicas³⁸.

Las técnicas quirúrgicas descritas han mostrado su aplicabilidad en pacientes de diferentes edades, incluyendo pacientes pediátricos; y en distintas razas y fototipos, incluyendo fototipos altos en quienes la HPQ es más notoria. En todos los casos mencionados se han obtenido resultados significativos^{3,11}.

Sin embargo, todos los procedimientos son susceptibles de presentar efectos adversos en el sitio donante y receptor, lo cual hace necesario un adecuado manejo postoperatorio. La hiperpigmentación del sitio receptor, especialmente en razas con pigmentación más oscura, es generalmente secundaria a la exposición solar, fenómeno que se ve incrementado por el mayor contenido de melanina en las capas basales de estos pacientes^{11,14,17,19,26-28,32,35}.

Dentro de las limitaciones de este trabajo, la mayoría de los estudios reportados son de más de 5 años de antigüedad, con bajo número de pacientes, y sin realizar una comparación de las distintas técnicas quirúrgicas.

CONCLUSIONES

Se han descrito siete técnicas quirúrgicas exclusivamente para el manejo de pacientes con HPQ, no obstante, se requieren futuras investigaciones comparativas para contrastar estos métodos, por lo que, actualmente, sus riesgos y beneficios deben ser evaluados caso a caso.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para la realización del documento. Ninguno de los autores declara tener conflictos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tyack ZF, Pegg S, Ziviani J. Postburn dyspigmentation: its assessment, management, and relationship to scarring--a review of the literature. *J Burn Care Rehabil.* 1997;18(5):435-440. doi: 10.1097/00004630-199709000-00012.
- Van Loey NE, Van Son MJ. Psychopathology and psychological problems in patients with burn scars: epidemiology and management. *Am J Clin Dermatol.* 2003;4(4):245-272. doi: 10.2165/00128071-200304040-00004.
- Grover R, Morgan BD. Management of hypopigmentation following burn injury. *Burns.* 1996;22(8):627-630. doi: 10.1016/s0305-4179(96)00025-3.
- Carney BC, McKesey JP, Rosenthal DS, Shupp JW. Treatment Strategies for Hypopigmentation in the Context of Burn Hypertrophic Scars. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2018;6(1):e1642. doi: 10.1097/GOX.0000000000001642.
- De Luca M, D'Anna F, Bondanza S, Franzi AT, Cancedda R. Human epithelial cells induce human melanocyte growth in vitro but only skin keratinocytes regulate its proper differentiation in the absence of dermis. *J Cell Biol.* 1988;107(5):1919-1926. doi: 10.1083/jcb.107.5.1919.
- De Luca M, Franzi AT, D'Anna F, Zicca A, Albanese E, Bondanza S, et al. Coculture of human keratinocytes and melanocytes: differentiated melanocytes are physiologically organized in the basal layer of the cultured epithelium. *Eur J Cell Biol.* 1988;46(1):176-180.
- Travis TE, Ghassemi P, Ramella-Roman JC, Prindeze NJ, Paul DW, Moffatt LT, et al. A multimodal assessment of melanin and melanocyte activity in abnormally pigmented hypertrophic scar. *J Burn Care Res.* 2015;36(1):77-86. doi: 10.1097/BCR.0000000000000154.
- Carney BC, Chen JH, Luker JN, Alkhalil A, Jo DY, Travis TE, et al. Pigmentation Diathesis of Hypertrophic Scar: An Examination of Known Signaling Pathways to Elucidate the Molecular Pathophysiology of Injury-Related Dyschromia. *J Burn Care Res.* 2019 Jan 1;40(1):58-71. doi: 10.1093/jbcr/iry045.
- Dutta S, Panda S, Singh P, Tawde S, Mishra M, Andhale V, et al. Hypopigmentation in burns is associated with alterations in the architecture of the skin and the dendricity of the melanocytes. *Burns.* 2020;46(4):906-917. doi: 10.1016/j.burns.2019.10.003.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- Kahn AM, Cohen MJ, Kaplan L. Treatment for depigmentation resulting from burn injuries. *J Burn Care Rehabil.* 1991;12(5):468-473. doi: 10.1097/00004630-199109000-00014.
- El-Otiefy MA, El-Sonbaty MA. Surgical treatment of post-burn leukoderma. *Annals of the MBC.* 1990;3(3):196-199.
- Onur Erol O, Atabay K. The treatment of burn scar hypopigmentation and surface irregularity by dermabrasion and thin skin grafting. *Plast Reconstr Surg.* 1990;85(5):754-758. doi: 10.1097/00006534-199005000-00016.
- Driscoll DN, Levy AN, Gama A-R. Dermabrasion and Thin Epidermal Grafting for Treatment of Large and Small Areas of Postburn Leukoderma: A Case Series and Review of the Literature. *J Burn Care Res.* 2016;37(4):e387-e393. doi:10.1097/BCR.0000000000000269
- Al-Qattan M. Surgical management of post-burn skin dyspigmentation of the upper limb. *Burns.* 2000;26(6):581-586. doi:10.1016/S0305-4179(00)00008-5
- Açikel C, Ulkür E, Güler MM. Treatment of Burn Scar Depigmentation by Carbon Dioxide Laser-Assisted Dermabrasion and Thin Skin Grafting. *Plast Reconstr Surg.* 2000;105(6):1973-1978. doi:10.1097/00006534-200005000-00009
- Kahn AM, Cohen MJ. Treatment for depigmentation following burn injuries. *Burns.* 1996;22(7):552-554. doi:10.1016/0305-4179(96)88885-1
- Taki T, Kozuka S, Izawa Y, Usuda T, Hiramatsu M, Matsuda T, et al. Surgical Treatment of Skin Depigmentation Caused By Burn Injuries. *J Dermatol Surg Oncol.* 1985;11(12):1218-1221. doi:10.1111/j.1524-4725.1985.tb03100.x
- Falabella R. Epidermal Grafting: An Original Technique and Its Application in Achromic and Granulating Areas. *Arch Dermatol.* 1971;104(6):592-600. doi:10.1001/archderm.1971.04000240016002
- Burm JS, Rhee SC, Kim YW. Superficial dermabrasion and suction blister epidermal grafting for postburn dyspigmentation in Asian skin. *Dermatol Surg.* 2007;33(3):326-332. doi:10.1111/j.1524-4725.2007.33068.x
- Falabella R. Repigmentation of leukoderma by autologous epidermal grafting. *J Dermatol Surg Oncol.* 1984;10(2):136-144. doi:10.1111/j.1524-4725.1984.tb01199.x
- Suvanprakorn P, Dee-Ananlap S, Pongsomboon C, Klaus SN. Melanocyte autologous grafting for treatment of leukoderma. *J Am Acad Dermatol.* 1985;13(6):968-974. doi:10.1016/S0190-9622(85)70247-2
- Chen B, Xu M, Li B. The clinical experience for treating post-burn depigmentation with tiny epidermal particles graft: TEPG application in depigmentation. *Int Wound J.* 2017;14(1):165-171. doi: 10.1111/iwj.12577
- Fujii M, Terashi H, Hashikawa K, Nomura T, Omori M, Tahara S. Thin Minigrafting Technique for Postburn Leukoderma. *Dermatol Surg.* 2007;33(11):1368-1373. doi:10.1111/j.1524-4725.2007.33294.x
- Falabella R. Repigmentation of Leukoderma by Minigrafts of Normally Pigmented, Autologous Skin. *J Dermatol Surg Oncol.* 1978;4(12):916-919. doi: 10.1111/j.1524-4725.1978.tb00582.x
- Lahiri K, Sengupta SR. Treatment of stable and recalcitrant depigmented skin conditions by autologous punch grafting. *Indian J Dermatol Venereol Leprol.* 1997;63(1):11-14.
- Falabella R. Repigmentation of stable leukoderma by autologous minigrafting. *J Dermatol Surg Oncol.* 1986;12(2):172-179. doi: 10.1111/j.1524-4725.1986.tb01448.x
- Orentreich N, Selmanowitz VI. Autograft Repigmentation of Leukoderma. *Arch Dermatol.* 1972;105(5):734-736. doi:10.1001/archderm.1972.01620080060018
- Harashina T, Iso R. The treatment of leukoderma after burns by a combination of dermabrasion and "chip" skin grafting. *Br J Plast Surg.* 1985;38(3):301-305. doi: 10.1016/0007-1226(85)90232-2.
- Mulekar SV, Issa AA, Eisa AA. Treatment of post-burn leukoderma with non-cultured melanocyte-keratinocyte transplantation (MKTP). *Burns.* 2011;37(3):448-452. doi: 10.1016/j.burns.2010.08.014.
- Iman A, Akbar MA, Mohsen KM, Ali F, Armin A, Sajjad A, et al. Comparison of intradermal injection of autologous epidermal cell suspension vs. spraying of these cells on dermabraded surface of skin of patients with post-burn hypopigmentation. *Indian J Dermatol.* 2013;58(3):240. doi: 10.4103/0019-5154.110844.
- Henderson MD, Huggins RH, Mulekar SV, Ozog D, Lim HW, Hamzavi IH. Autologous noncultured melanocyte-keratinocyte transplantation procedure in an African American man with postburn leukoderma. *Arch Dermatol.* 2011;147(9):1025-1028. doi: 10.1001/archdermatol.2011.238.
- Busch KH, Bender R, Walezko N, Aziz H, Altintas MA, Aust MC. Combination of medical needling and non-cultured autologous skin cell transplantation (ReNovaCell) for repigmentation of hypopigmented burn scars. *Burns.* 2016;42(7):1556-1566. doi: 10.1016/j.burns.2016.04.009.
- Ren J, Liu J, Yu N, Zhang W, Qian H, Liu Z, et al. The use of noncultured regenerative epithelial suspension for improving skin color and scars: A report of 8 cases and review of the literature. *J Cosmet Dermatol.* 2019;18(5):1487-1494. doi: 10.1111/jocd.13071.
- Silpa-Archa N, Griffith JL, Huggins RH, Henderson MD, Kerr HA, Jacobsen G, et al. Long-term follow-up of patients undergoing autologous

- noncultured melanocyte-keratinocyte transplantation for vitiligo and other leukodermas. *J Am Acad Dermatol.* 2017;77(2):318-327. doi: 10.1016/j.jaad.2017.01.056.
36. Wood FM, Giles N, Stevenson A, Rea S, Fear M. Characterisation of the cell suspension harvested from the dermal epidermal junction using a ReCell® kit. *Burns.* 2012;38(1):44-51. doi: 10.1016/j.burns.2011.03.001.
 37. Stoner ML, Wood FM. The treatment of hypopigmented lesions with cultured epithelial autograft. *J Burn Care Rehabil.* 2000;21(1 Pt 1):50-54. doi: 10.1097/00004630-200021010-00010.
 38. Soliman M, Sonthalia S, Saad A, Elkomy M, Abdelhady M, Krishna G. Follicular Unit "Exploitation": Follicular Unit Extraction Followed by Laser Hair Reduction-A Novel Approach to Repigmentation of Postburn Leukodermic Scars. *J Cutan Aesthet Surg.* 2019;12(3):179-182. doi: 10.4103/JCAS.JCAS_61_19.
 39. Green H, Kehinde O, Thomas J. Growth of cultured human epidermal cells into multiple epithelia suitable for grafting. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1979;76(11):5665-5668. doi: 10.1073/pnas.76.11.5665.
 40. Barret JP, Wolf SE, Desai MH, Herndon DN. Cost-efficacy of cultured epidermal autografts in massive pediatric burns. *Ann Surg.* 2000;231(6):869-876. doi: 10.1097/00000658-200006000-00011.