



<https://doi.org/10.18233/apm.v45i6.2830>

Implementación de nuevas tecnologías en el tratamiento de quemaduras pediátricas: Una revisión narrativa

Implementation of new technologies in the treatment of pediatric burns: A narrative review.

Eddy Efrén Balseca Artos,¹ Édison Javier Fiallos Brito²

Resumen

Las quemaduras en niños y adultos exhiben diferencias fisiopatológicas derivadas de las características anatómicas y fisiológicas propias de cada grupo etario, por lo cual, las quemaduras son graves y requieren atención médica inmediata. El cálculo de la superficie total quemada precisa es crucial, sin embargo, los métodos actuales como la tabla de Lund y Browder, la regla de los nueve o los diagramas bidimensionales están sujetos a una variación entre evaluadores y sobrestiman gravemente el área quemada. Una estimación inexacta de la extensión quemada genera traslados innecesarios a centros de quemados, sobrecarga de líquidos, incremento de la estancia hospitalaria y secuelas a mediano y largo plazo. Para abordar estos desafíos, se ha evaluado una serie de aplicaciones para teléfonos móviles e inteligencia artificial, así como la implementación de la realidad virtual, uso de sustitutos cutáneos y terapias bioactivas que permitan reducir los costos en el área hospitalaria. El desarrollo e implementación de herramientas terapéuticas ejemplifica cómo la medicina está evolucionando, no obstante, es importante destacar la necesidad de extender la investigación en este campo para optimizar el pronóstico y calidad de vida.

PALABRAS CLAVE: quemaduras en pediatría, redes neuronales, aplicaciones móviles, inteligencia artificial, tratamiento

Abstract

Burns in children and adults exhibit pathophysiological differences derived from the anatomical and physiological characteristics of each age group, which is why burns are serious and require immediate medical attention. Calculating accurate total burned area is crucial, however, current methods such as the Lund and Browder table, the rule of nine, or two-dimensional plots are subject to inter-rater variation and severely overestimate the burned area. An inaccurate estimate of the extent of the burn generates unnecessary transfers to burn centers, fluid overload, increased hospital stays, and medium and long-term sequelae. To address these challenges, a series of applications for mobile phones and artificial intelligence have been evaluated, as well as the implementation of virtual reality, the use of skin substitutes and bioactive therapies that allow reducing costs in the hospital area. The development and implementation of therapeutic tools exemplifies how medicine is evolving; however, it is important to highlight the need to extend research in this field to optimize prognosis and quality of life.

KEYWORDS: burns in pediatrics, neural networks, mobile apps, machine intelligence, treatment.

¹ Interno Rotativo de Medicina

² Doctor especialista en Pediatría y Cuidados Intensivos Pediátricos.

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Medicina. Ambato, Ecuador.

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-9490-1613>

<https://orcid.org/0000-0003-3906-360X>

Recibido: 23 de octubre 2023

Aceptado: 10 de abril 2024

Correspondencia

Eddy Efrén Balseca Artos
efrenbalseca16@gmail.com

Este artículo debe citarse como: Balseca-Artos EE, Fiallos-Brito EJ. Implementación de nuevas tecnologías en el tratamiento de quemaduras pediátricas: Una revisión narrativa. Acta Pediatr Mex 2024; 45 (6): 577-595.

ANTECEDENTES

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define las quemaduras como lesiones en la piel o tejido orgánico causadas por calor, fricción, radiación, radiactividad, electricidad o productos químicos.¹ Estas constituyen el cuarto tipo más común de traumatismo pediátrico a nivel mundial, con una morbimortalidad significativa antes de los cinco años, generando una carga socioeconómica considerable para la sociedad y los servicios de salud.¹ La complejidad de las quemaduras, dada su diversidad de causas, demanda una atención y comprensión integral para abordar adecuadamente sus implicaciones clínicas y sociales. La importancia de su reconocimiento y gestión eficaz se vuelve evidente al considerar el impacto que tienen en la salud y el bienestar de los niños, así como en los recursos de los servicios de salud.

Para hacer frente a esta problemática, es esencial no solo comprender la diversidad de factores desencadenantes, sino también adoptar estrategias preventivas efectivas y mejorar los protocolos de tratamiento. La carga socioeconómica asociada con las quemaduras pediátricas subraya la necesidad de investigaciones continuas, intervenciones eficaces y una conciencia pública mejorada para mitigar su impacto en la población infantil. Las quemaduras pediátricas se tornan desde la perspectiva hemodinámica preocupantes cuando el área de superficie corporal (ASC) afectada supera el 10%. Sin embargo, lesiones de menor extensión también están asociadas con deterioros en el funcionamiento psicosocial que dificultan la adaptación a corto y largo plazo.² En estos casos, el manejo inicial debe seguir el protocolo de soporte vital avanzado, donde la precisión en la estimación del área quemada resulta crucial para la reanimación hidroelectrolítica, el mantenimiento de la diuresis y la estabilidad hemodinámica. La incorrecta estimación de la extensión quemada repercute en el tratamiento inicial, el traslado

a centros especializados y la posibilidad de sobrecarga de líquidos durante la reanimación.

La reanimación con líquidos durante las primeras 24 horas se ha convertido en un pilar fundamental para la atención médica, ya que su omisión agrava el riesgo de complicaciones. La hipovolemia incrementa la mortalidad y el riesgo de lesión renal aguda. No obstante, el exceso de líquido puede ocasionar edema tisular, convirtiendo la precisa estimación de la superficie corporal total quemada (SCTQ) en un desafío en pacientes pediátricos, dado que los métodos convencionales presentan problemas de sobreestimación y variación entre observadores.³

La innovación tecnológica ha producido avances realmente notables en la atención de salud durante las últimas décadas, lo que permitió superar limitaciones de tratamientos convencionales. En los últimos años, los avances en una variedad de áreas han ayudado a mejorar la prestación de atención médica y los resultados en el manejo de pacientes quemados, se ha desarrollado herramientas digitales como aplicaciones móviles, uso de sistemas de escaneo tridimensional ofreciendo ventajas claras sobre los métodos clásicos y reduciendo el riesgo de errores en la administración de líquidos,⁴ además de la introducción de apósitos bioactivos y terapias innovadoras que ofrecen alternativas al autoinjerto y mejoran la comodidad del paciente durante el cambio de apósito.⁵ También, se han desarrollado terapias dirigidas a la respuesta hipermetabólica en pacientes con quemaduras graves.

Actualmente, el uso de ácido ascórbico permite mitigar el estrés oxidativo, mejorando la respuesta inmunológica en pacientes con quemaduras, con un impacto significativo en su progreso clínico. Además de la reanimación con líquidos, el manejo del dolor es esencial, y se recurre a diversos agentes farmacológicos.⁶ Sin embargo, la realidad virtual ha emergido como una herramienta prometedora que disminuye

la ansiedad y el dolor en pacientes sometidos a procedimientos dolorosos.⁷

METODOLOGÍA

El propósito de este artículo fue identificar y evaluar de manera crítica las tecnologías sanitarias disponibles, según la literatura, que puedan ser implementadas de manera efectiva en el tratamiento convencional de pacientes pediátricos con quemaduras. El objetivo principal se centró en mejorar el pronóstico, reducir la duración de la estancia hospitalaria, gestionar los costos y minimizar las complicaciones.

Se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda bibliográfica en diversas bases de datos, como: *Medline, Cochrane, Scopus, PubMed, Science Direct, Springer Link, Ovid, Web of Science y Embase*. La inclusión abarcó una variedad de documentos, como artículos originales, estudios multicéntricos, reportes científicos, revisiones bibliográficas, revisión sistemática, memorias epidemiológicas, metaanálisis y documentos de consenso relacionados con el tema. Además, se consideraron datos históricos publicados en revistas de alto impacto en los últimos 5 años en español o inglés.

En el proceso de selección, se excluyeron estudios que no estuvieran completamente accesibles, así como aquellos con resultados no concluyentes. La búsqueda se guio por palabras clave y términos MESH, tales como: "pediatric burns", "neural networks", "mobile apps", "machine intelligence", "technology" y "treatment". En última instancia, se incluyeron 83 artículos en inglés y español que cumplieran con los criterios establecidos para contribuir al enriquecimiento de la comprensión en este ámbito.

Implementación de tecnologías sanitarias

La tecnología sigue siendo fundamental en el ámbito de la atención médica. La tecnología

sanitaria, conforme a la definición de la OMS, se refiere a "la aplicación de conocimientos y habilidades organizados en forma de dispositivos, medicamentos, vacunas, procedimientos y sistemas desarrollados para resolver un problema de salud y mejorar la calidad de vida".^{8,9}

El éxito de la implementación de las tecnologías sanitarias en la práctica clínica depende en gran medida del enfoque adoptado durante su implementación. En este contexto, la implementación de la Evaluación de Tecnologías Sanitarias (ETS) representa un enfoque sistemático y multidisciplinario que tiene como propósito determinar el valor de una tecnología sanitaria y proporcionar orientación sobre cómo integrar estas tecnologías en los sistemas de salud a nivel mundial, teniendo en cuenta tanto sus consecuencias directas como indirectas.^{8,9}

La implementación de cualquier tecnología en la atención sanitaria comunitaria se considera un desafío; sin embargo, la ETS se trata de un proceso transparente y responsable que los tomadores de decisiones y otras partes interesadas pueden emplear para respaldar la toma de decisiones en políticas de atención médica, al ofrecer evidencia sobre tecnologías específicas. A menudo, se describe la ETS como un puente que conecta el mundo de la investigación con el de la formulación de políticas, facilitando así una transición fluida y eficaz de los avances científicos a la práctica clínica y las políticas de salud.⁸

Epidemiología

A pesar de los diferentes avances tecnológicos presentados en las últimas décadas, las quemaduras constituyen una de las principales causas de discapacidad y mortalidad en la población pediátrica. Se reporta actualmente una tasa de 3,9 muertes pediátricas por cada 100 mil habitantes, especialmente en países en desarrollo.¹⁰ La gravedad de estas lesiones varía desde superficiales hasta de espesor total, con tiempos de

hospitalización prolongados y necesidad de intervención quirúrgica. De acuerdo con Minhazul y colaboradores, más del 90% de las quemaduras pediátricas ocurren en el hogar, siendo la cocina el lugar principal con una incidencia del 60.9%.¹¹ Este estudio señala que los niños que residen en áreas rurales, especialmente en la edad preescolar, tienen una mayor probabilidad de sufrir quemaduras en comparación con sus contrapartes urbanas.

Aunque Moniruzzaman *et al.* sostienen que no hay diferencias significativas entre los casos de quemaduras pediátricas según el sexo,¹² un estudio en el *Linköping University Hospital of Sweden* informa que el 70% de los pacientes quemados eran hombres.¹³ Estudios similares realizados en Ecuador, en el Hospital Baca Ortiz,¹⁴ el Hospital de Niños Roberto Gilbert¹⁵ y el Hospital General Ambato¹⁶ revelan una mayor prevalencia en el sexo masculino, principalmente entre 1 y 8 años. El agente causal principal es térmico en un 70.6% y solo el 43.9% de los pacientes reciben primeros auxilios adecuados, según Tan *et al.*¹⁷

En 2018, la OMS destacó que aproximadamente el 17% de los niños afectados por quemaduras enfrentan discapacidades temporales. En países como Bangladesh, Colombia, Egipto y Pakistán, se registró que alrededor del 18% de estos niños sufren discapacidades a largo plazo. A nivel local, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador carece de estadísticas mensuales y anuales detalladas sobre las quemaduras, aunque en 2022, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) informó 1,504 egresos hospitalarios por quemaduras en pacientes de 0 a 14 años, con una predominancia del 57% en el sexo masculino, como se muestra en la **Figura 1**.

La recuperación temprana y la curación efectiva de las quemaduras dependen de una evaluación eficaz y oportuna, lo que asegura una estancia hospitalaria más corta, menores costos y un ries-

go reducido de complicaciones hospitalarias.¹⁸ Según la OMS, en el año 2000, Estados Unidos afrontó costos directos por un total de 211 millones de dólares para la atención de quemaduras en niños. En 2007, Noruega destinó más de 10.5 millones de euros exclusivamente para la gestión hospitalaria de quemaduras, mientras que Sudáfrica asigna anualmente alrededor de 26 millones de dólares para abordar la problemática de salud infantil causada por el uso de cocinas de queroseno.

Etiología

Las quemaduras se clasifican según su etiología, por el porcentaje de superficie corporal afectada y profundidad, como se detalla en el **Cuadro 1**.¹⁹

En cuanto a su etiología, las quemaduras se dividen en:

- **Quemaduras térmicas:** causadas por el contacto con objetos calientes, resultando en quemaduras profundas, pero de pequeña extensión, o con líquidos calientes, que tienden a causar quemaduras más extensas, pero menos profundas. La escaldadura es el mecanismo sobresaliente de las quemaduras térmicas, especialmente en niños de 0 a 4 años. Las quemaduras térmicas por frío, como la congelación, son poco comunes en niños.¹⁹
- **Quemaduras eléctricas:** Provocadas por la conducción eléctrica a través del cuerpo humano, estas quemaduras, aunque raras (3%), son profundas, y a diferencia de las térmicas, el área afectada no refleja el verdadero daño. Presentan una alta morbimortalidad.¹⁹
- **Quemaduras químicas:** Originadas por una amplia gama de sustancias corrosivas, como ácidos fuertes (sulfúrico y clorhídrico) y álcalis. Las quemaduras

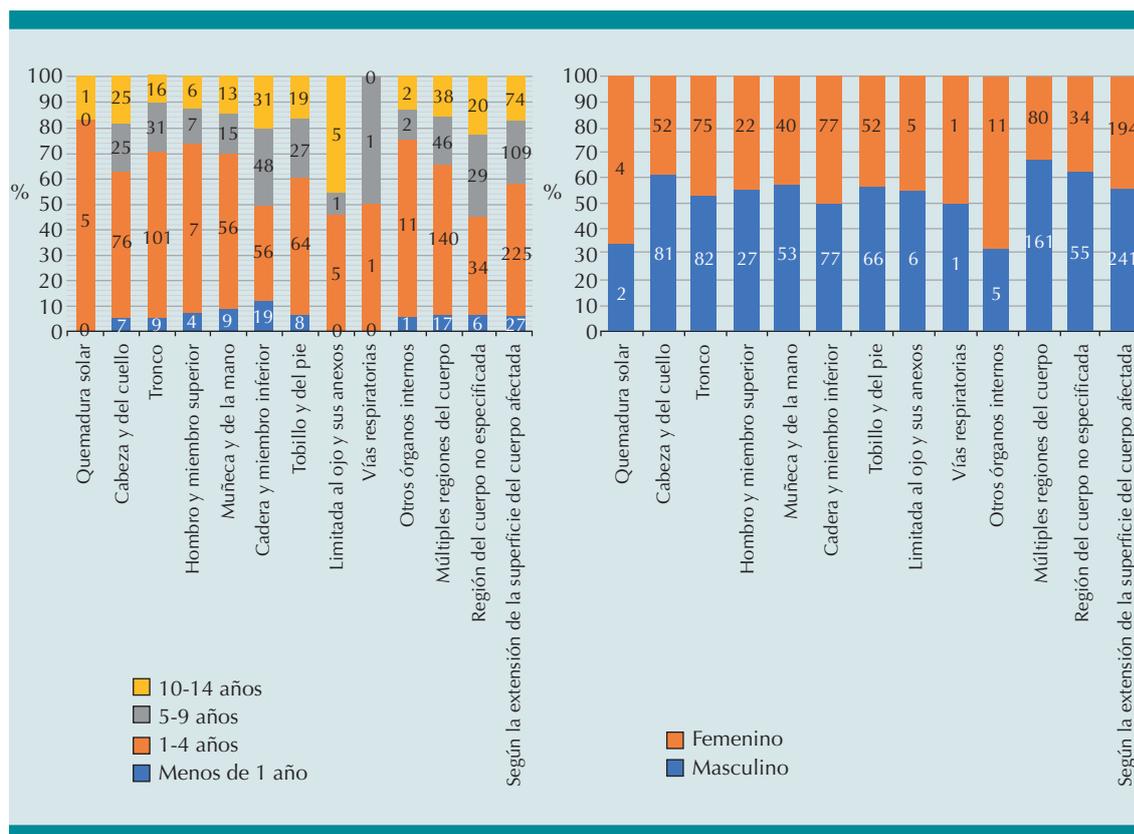


Figura 1. Egresos hospitalarios por grupos de edad y género según causa de morbilidad.

Fuente: Registro Estadístico de Camas y Egresos Hospitalarios-INEC; Ecuador, 2022.

causadas por álcalis son profundas y conllevan una elevada morbilidad, especialmente en función y apariencia.¹⁹

- **Quemaduras por radiación:** Producidas primordialmente por radiación ultravioleta, secundario a exposiciones ionizantes solares.

La evaluación temprana de las quemaduras es fundamental, considerando su ubicación, profundidad y extensión, factores que influyen en el tratamiento y recuperación. No obstante, al evaluar a un niño con quemaduras, es trascendental examinar aspectos que puedan indicar riesgo de maltrato infantil.²⁰ En pacientes con quemadu-

ras de espesor total que abarquen más del 5% o parcial que cubran más del 10% de la SCTQ y quemaduras que afecten áreas críticas como cara, manos, pies, perineo o vías respiratorias, es esencial buscar atención médica especializada. Si se sospecha que una quemadura es resultado de negligencia o abuso en el hogar del niño, es imperativo llevarlo al hospital.^{16,19}

Estimación de la gravedad

La American Burn Association (ABA) ha clasificado las quemaduras en leves, moderadas y graves, principalmente teniendo en cuenta la extensión, ubicación de la lesión y la profundidad de la quemadura, lo que constituye un

Cuadro 1. Clasificación de las quemaduras según la profundidad de la lesión

Profundidad	Nivel de lesión	Características clínicas	Resultado/Tratamiento
<i>Superficial (grado I°)</i>	Epidermis	Blanches; doloroso, rojo y seco	El proceso de curación dura de 3 a 6 días y no deja marcas o cicatrices
<i>Espesor parcial superficial (Grado IIa°)</i>	Dermis papilar	Blanches; dolor intenso al tacto; ampollas ceroso húmedo y rojo	Limpieza; uso de agente tópico, apósitos estériles con un tiempo de curación entre 7–21 días
<i>Espesor parcial profundo (Grado IIb°)</i>	Dermis reticular	Seco, blanco, que no palidece, pérdida de todos los apéndices epidérmicos	Limpieza con agente tópico y apósitos estériles; 3 a 6 semanas, con cicatrices
<i>Espesor Profundo (Grado III°)</i>	Grosor total de la piel con extensión a los tejidos subcutáneos	Coriáceo, seco, blanco o rojo con vasos trombosados	No cura por primera intención, requiere injerto de piel
<i>Espesor total</i>	Involucra tendón, músculo o hueso	Sensibilidad reducida o ausente; Lesiones no dolorosas	Reconstructiva extensa, salvamento de extremidad versus amputación

Fuente: Sojka J, C. Krakowski A, P. Stawicki S. Burn Shock and Resuscitation: Many Priorities, One Goal [Internet]. Clinical Management of Shock - The Science and Art of Physiological Restoration. IntechOpen; 2020.

indicador crucial de la severidad de la lesión y puede ejercer una significativa influencia en las estrategias terapéuticas empleadas y en el pronóstico clínico definitivo.²¹ Esta taxonomía no solo actúa como un marco de referencia para el tratamiento y el pronóstico, sino que también juega un papel crucial al guiar la disposición y la atención necesaria para aquellos afectados por quemaduras. La ABA, en este contexto, ha establecido criterios específicos que fundamentan la derivación de pacientes a centros especializados en quemaduras.

Estos criterios, diseñados para identificar la gravedad y complejidad de las quemaduras, incluyen consideraciones clave. Entre ellas, se encuentran las quemaduras de espesor parcial que abarcan más del 10% de la SCTQ, aquellas que afectan áreas críticas como manos, cara, pies, genitales o articulaciones importantes, así como las quemaduras de tercer grado. También se consideran las quemaduras ocasionadas por electricidad o sustancias químicas, lesiones por inhalación debido a quemaduras, pacientes con condiciones médicas preexistentes significativas, quemaduras acompañadas de lesiones traumáti-

cas adicionales, especialmente en quemaduras infantiles.

Además, se incluyen dentro de estos criterios aquellas lesiones por quemaduras que demandan asistencia especial en términos de apoyo social, emocional o rehabilitación.^{21,22} La aplicación de estos criterios no solo contribuye a una evaluación precisa de la gravedad de las quemaduras, sino que también facilita la toma de decisiones respecto a la derivación adecuada para una atención especializada y comprensiva.

Descripción general de la fisiopatología

Las quemaduras en niños y adultos presentan diversos cambios fisiopatológicos debido a características anatómicas y fisiológicas propias de cada grupo etario. Destaca la mayor proporción de la superficie corporal ocupada por la cabeza en los niños, lo que aumenta el riesgo de compromiso de las vías respiratorias y de complicaciones respiratorias, asimismo, la piel infantil, con su menor grosor dérmico, facilita una penetración más rápida y profunda del calor,

aumentando la vulnerabilidad a infecciones y pérdida de líquidos.

La respuesta inmunitaria en los niños, en comparación con los adultos, es menos eficaz, lo que puede resultar en una respuesta inflamatoria con manifestaciones tanto locales como sistémicas, caracterizada por la liberación de mediadores vasoactivos, marcadores inflamatorios y catecolaminas, lo que conduce al desarrollo del síndrome de liberación inflamatoria sistémica (SRIS) y vasoconstricción renal, fenómeno que se agrava con la mioglobinuria, especialmente en niños con quemaduras eléctricas.²³

Una consecuencia secundaria al daño renal y hepático es la alteración del metabolismo y la excreción de fármacos utilizados para el manejo de pacientes quemados. Las fugas capilares resultantes provocan edema intersticial debido a la pérdida de proteínas. La combinación de la respuesta inflamatoria, la lesión tisular y la menor reserva de líquidos en comparación a los adultos, predispone a una deshidratación acelerada e hipotensión asociada al shock y depresión miocárdica. Aunque la respuesta inflamatoria es una característica común en la población pediátrica y adulta, sin embargo, la elevada tasa metabólica de los infantes también se traduce en demandas energéticas y nutricionales aumentadas durante la recuperación de las quemaduras. En este estado, se incrementa el catabolismo y se reducen los niveles de hormonas anabólicas, lo que provoca la disminución del contenido mineral, muscular y densidad ósea, interfiriendo con la cicatrización de heridas.²³

Evaluación y estabilización inicial

El abordaje inicial debe seguir la secuencia "ABCDE" del protocolo de soporte vital avanzado para quemaduras (ABLS). Posteriormente, se realiza una evaluación secundaria detallada y se recopila el historial "AMPLET",²⁴ Sin embargo, la evaluación de la extensión y profundidad de

la quemadura se integra en el examen secundario y constituye la base para la reposición de líquidos, la indicación de escarotomía y la decisión de derivar al paciente a una unidad de quemados.²⁵ En la actualidad, los principales métodos empleados para calcular la SCTQ en la edad pediátrica son la tabla de Lund-Browder modificada,²⁶ la regla de las palmas y la regla de los nueve de Wallace. No obstante, investigaciones han revelado que estos métodos tienden a sobrevalorar la SCTQ, lo que se asocia con una mayor tasa de morbimortalidad.²⁷

A pesar de las discusiones sobre los métodos utilizados para evaluar la SCTQ, la tabla de Lund-Browder modificada ha permanecido como el estándar de oro desde 1944.²⁸ Un estudio llevado a cabo en el *Uppsala University Hospital Burn Center* entre 2010 y 2018 reveló una sobreestimación del 46% en la estimación de la SCTQ en niños. Este hallazgo concuerda con informes del *University of Science Malaysia Hospital*, donde se observó una sobreestimación del 63.06% y una subestimación del 11.71% del área quemada. Por lo tanto, los autores sugieren un enfoque meticuloso y preciso al evaluar la superficie corporal quemada en la población pediátrica, con el objetivo de evitar la reposición excesiva o insuficiente de líquidos.^{28,29}

Un enfoque tridimensional en la evaluación de quemaduras

Actualmente, los métodos convencionales para estimar la SCTQ necesaria para calcular la cantidad de líquidos de reanimación y evaluar la mortalidad del paciente mediante la puntuación de Baux,^{30,31} se basan en la evaluación subjetiva del médico, apoyada en su experiencia en el manejo de quemaduras.³² En consecuencia, durante los últimos años, se han desarrollado herramientas digitales que consideran las características corporales, reduciendo así la posibilidad de omisión humana y mejorando la precisión en el diagnóstico y tratamiento.^{33,34}

Como respuesta a las imprecisiones en la estimación con métodos tradicionales, se han creado sistemas tridimensionales (3D) que permiten la representación detallada de todas las regiones del cuerpo, teniendo en cuenta la edad, talla, peso y sexo del paciente. Las representaciones tridimensionales se presentan como herramientas eficaces y fáciles de usar. Lee³⁵ en 1994, propuso la estimación y documentación de la superficie quemada en modelos virtuales tridimensionales, superando así los desafíos que implica la documentación de las quemaduras.

La aplicación móvil *3D Ped Burn Resuscitation*³⁶ es una herramienta tridimensional para profesionales médicos, desarrollada por *Operation Smile Thailand*, disponible desde agosto de 2019 tanto en iOS y Android. Permite calcular de manera más objetiva la SCTQ mediante un modelo 3D,³⁷ facilitando la evaluación de quemaduras. El usuario puede ingresar la edad, peso y altura, como se muestra en la **Figura 2**. Esta aplicación



Figura 2. Modelo de quemado en 3D a partir de los datos del paciente.

Aplicación móvil de cálculo del área de superficie quemada pediátrica tridimensional 3D PED BURN³⁶, calcula el área quemada, las calorías y las pautas para la reanimación. **Nota:** esta aplicación sirve como guía, no sustituye la decisión del médico, siendo este el único responsable de su uso adecuado. Las imágenes son propias del autor.

realiza el cálculo del porcentaje de quemaduras y procesa los datos para la reanimación con fluidos, permitiendo obtener una estimación más precisa del área quemada. Para cuantificar el área de superficie corporal afectada, emplea la fórmula de Dubois o Mosteller, mientras que la cantidad de líquido necesario para la reanimación de quemaduras se calcula siguiendo las pautas de la ABA o la fórmula de Parkland. El líquido de mantenimiento se determina mediante Holiday Segar.^{36,38}

El cálculo de los requerimientos nutricionales se realiza mediante la fórmula de Galveston o la fórmula de Curreri modificada. En la fase inicial de reanimación con líquidos, esta aplicación de software minimiza los riesgos de sobreestimación o subestimación, lo cual es valioso para el personal menos experimentado. Además, facilita la creación y almacenamiento en una base de datos de cada paciente mediante un diagrama 3D, que incluye información personal, detalles sobre la reanimación con líquidos y pautas relacionadas con requerimientos calóricos.³⁹ Estas aplicaciones sirven como guía y en ningún caso reemplazan la decisión del médico a cargo del paciente, siendo este el único responsable de su uso adecuado.³⁶

Según Retrouvey *et al.*, se encontró que el programa BurnCase 3D subestimó la SCTQ en un 1.3%, en comparación con los métodos convencionales. Considerando que los sistemas de evaluación 3D son herramientas válidas, deben considerarse en los centros que no cuentan con un cirujano experimentado en el área de quemados.⁴ A diferencia de los sistemas tridimensionales, E-burn es una aplicación bidimensional, desarrollado en colaboración con el departamento de víctimas de quemaduras del *Centro Hospitalario Saint Joseph Saint Luc*. La aplicación E-burn presenta características similares a la aplicación móvil *3D Ped Burn Resuscitation* y tiene la finalidad de orientar el manejo inicial de líquidos después de dibujar la superficie quemada en una plantilla de

Lund y Browder, como se muestra en la **Figura 3**, permitiendo una medición precisa del área de superficie corporal total.

Otros ejemplos de estas herramientas incluyen aplicaciones de teléfonos inteligentes como *Mersey Burns* desarrollado por Blum Technologies Group Ltd³⁹ *EasyTBSA*⁴⁰ desarrollada por *Childrens Cardiology* y *Surface Burn Calculator* desarrollado por Jeffrey Holcombe,^{41,42} estas aplicaciones aprobadas como dispositivos médicos por la *Regulatory Agency for Medicines and Health Products* (MHRA) del Reino Unido³⁴ y se encuentran disponibles en Apple App Store, Android y Google Play.

Uso de la inteligencia artificial en quemaduras pediátricas

La precisa evaluación de la profundidad de las quemaduras resulta crucial para el óptimo manejo de los pacientes afectados. Aunque la evaluación visual se considera la técnica estándar para evaluar quemaduras, los médi-

cos expertos logran clasificar con precisión las profundidades de las quemaduras entre el 64 % y el 76 %, mientras que el personal menos experimentado alcanza solo hasta un 49 %. Aunque en la actualidad se ha obtenido éxito en la toma de decisiones mediante el uso del láser Doppler y la imagen con contraste moteado por láser, la inteligencia artificial (IA) emerge como un campo innovador con un considerable potencial para mejorar la atención y reducir significativamente los costos.⁴³ Según un estudio llevado a cabo en el *Linköping Burn Center* en niños de 0-4 años, que utilizó tecnología de IA de última generación para realizar la segmentación semántica de áreas quemadas en imágenes fotográficas con el propósito de determinar su profundidad. Esta técnica representa una alternativa automatizada y prometedora que puede ser de gran utilidad durante la toma de decisiones clínicas.³⁵

La aplicación de la inteligencia artificial mediante imágenes en 2D permite a los médicos evaluar con precisión aspectos como el área de la quemadura, su profundidad, la necesidad de cirugía u otros tratamientos, además de proporcionar orientación en la reanimación con líquidos. Asimismo, permite prever complicaciones y pronósticos con un elevado nivel de exactitud. Sin embargo, surge una preocupación significativa respecto a la interpretabilidad de los algoritmos de IA. Aunque las redes neuronales artificiales aborden problemas que a menudo escapan a la percepción humana, la decisión final debe quedar en manos del médico tratante.⁴⁴ El uso del aprendizaje automático se presenta como una alternativa valiosa a la experiencia humana, contribuyendo así a la toma de decisiones oportunas.

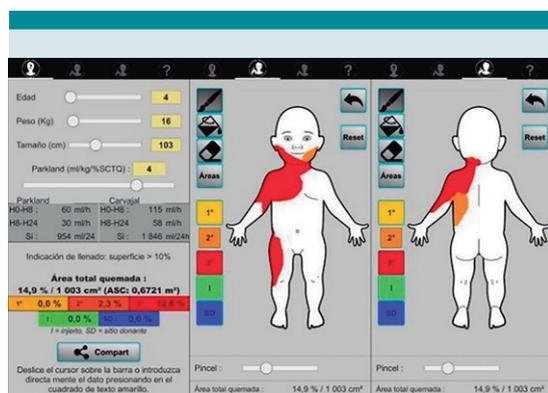


Figura 3. Modelo de quemado en E-burn.

E-burn fue desarrollada en asociación con el Servicio de Quemados del Centro Hospitalario St Joseph St Luc. **Nota:** esta aplicación sirve únicamente como una guía, en ningún caso sustituta la decisión del médico siendo este el único responsable de su uso adecuado. Las imágenes son propias del autor.

Reposición hidroelectrolítica

Las quemaduras pediátricas que afectan más del 10% de la SCTQ requieren una pronta intervención con líquidos intravenosos para asegurar una perfusión tisular adecuada.^{3,38} Según Alemayehu *et al.*, los pacientes que no reciben reanimación

con líquidos en las primeras 24 horas tienen 2,8 veces más probabilidades de presentar complicaciones al momento del alta.⁴⁵ Durante la fase inicial de reanimación, se necesitan volúmenes significativos para restaurar la presión de perfusión adecuada y prevenir la isquemia mesentérica aguda causada por el bajo gasto cardíaco inicial y la disfunción multiorgánica temprana.⁴⁶ En este sentido, Hughes *et al.* sugieren que el régimen de líquidos debe calcularse desde el momento de la llegada al primer centro de salud receptor.⁴⁷ **Cuadro 2**

En el año 2020, Legrand y colaboradores⁴⁸ propusieron la administración de 20 ml/kg de cloruro de sodio al 0.9% en la primera hora como estrategia para abordar la fase hipovolémica temprana. Sin embargo, si no se determina el peso y el área de la SCTQ,⁴⁹ la *American Burn Association* (ABA) recomienda iniciar con líquidos según la edad, como se muestra en la **Figura 4**. La hipovolemia aumenta la probabilidad de sufrir lesión renal aguda y mortalidad por shock; no obstante, el exceso de líquido contribuye al edema tisular, subrayando la importancia de una

correcta valoración y estimación de la SCTQ.⁵⁰ Las fórmulas de Parkland modificada, Brooke, Cincinnati y de Galveston son las más utilizadas actualmente, según se muestra en el **Cuadro 2**.

A pesar de la importancia de la reanimación aguda con líquidos, no existe un consenso establecido sobre la mejor fórmula a emplear.⁵¹ El fenómeno conocido como "flujo de líquido," descrito inicialmente por Pruitt *et al.*⁵² ocurre cuando la cantidad de líquido administrada supera los 6 ml/kg en relación con el área de la SCTQ. Este exceso de líquido no optimiza el estado volumétrico del paciente, sino que conduce a un aumento del edema tisular, exacerbando las complicaciones asociadas con el edema.⁵⁰

Las velocidades de infusión reales deben ajustarse según la respuesta clínica y los parámetros hemodinámicos, como una diuresis de 1-1.5 ml/kg/h, presión arterial dentro del percentil normal, ritmo cardíaco variable, índice cardíaco mínimo de 2 l/min/m², presión venosa central de 3-8 mmHg, extracción fraccionada de sodio < 1%, relación nitrógeno ureico en sangre/creatinina

Cuadro 2. Fórmulas de manejo de fluidos en las primeras 24 h posteriores a la quemadura

Formula	Primeras 24 horas	Instrucciones para la administración	
<i>Parkland</i>	4 ml [(3 ml en <30 kg) x kg de peso x % SCTQ] + necesidades basales (Holliday Segar)	50% del volumen en las primeras 8 horas postquemadura y 50% restante en las siguientes 16h postquemadura	
<i>Galveston Shriners</i>	5.000 ml/m ² SCQ + necesidades basales (2.000 ml/m ² SCTQ)	Se administra en las primeras 8 horas el 50% del volumen y el 50% restante en las siguientes 16h. Añadir 12,5 g albúmina/L a partir de las 12h postquemadura	
<i>Brooke modificado</i>	3 ml/kg/% TBSA, de Hartmann.	El 50% del volumen estimado en las primeras 8 horas y ¼ parte en cada una de las restantes 8h.	
<i>Cincinnati Shriners</i>	4 ml x kg de peso x % SCQ + necesidades basales (1.500 ml/m ² SCT)	Ringer lactato más 50 mEq/L de bicarbonato de sodio y añadir dextrosa al 5 % según necesidades	50 % del volumen en las primeras 8h postquemadura (0-8 h)
		Ringer lactato más dextrosa al 5 % según necesidades	25 % del volumen en las segundas 8 horas.
		Ringer lactato más 12,5 g albúmina/l y Añadir dextrosa al 5 % según necesidades	25 % del volumen en las terceras 8 horas postquemadura.

* EMSB: Manejo de Emergencias de Quemados Severos; *TBSA: área de superficie corporal total.
Fuente: Avances en el tratamiento del niño quemado, Cir Pediatr. 2022; 35: 104-112.

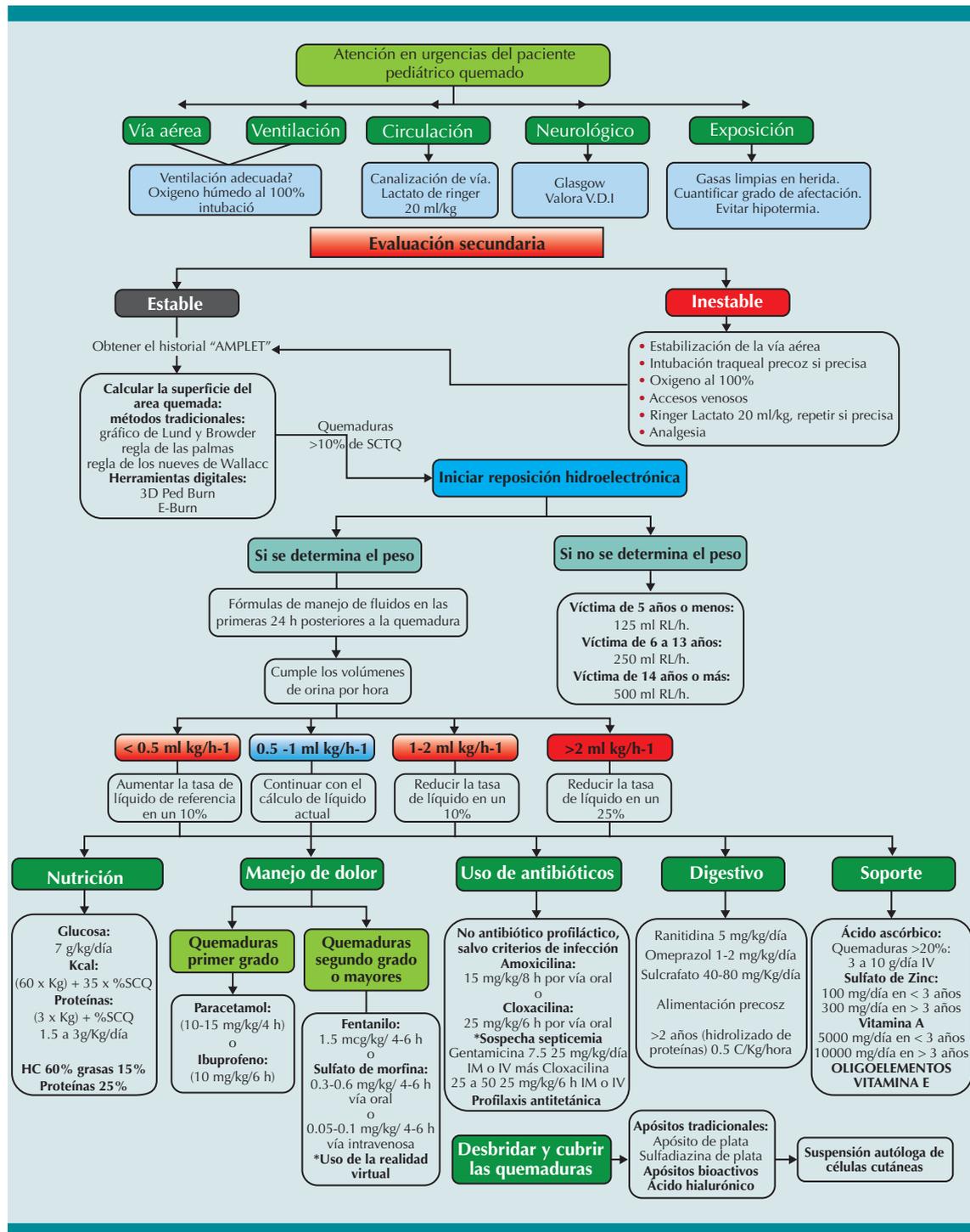


Figura 4. Diagrama para atención en urgencias de paciente pediátrico quemado. La figura muestra la implementación de innovaciones tecnológicas y cambios a manejo estándar descrito en las guías clínicas para pacientes pediátricos con quemaduras **Fuente:** Propio del autor.

≥ 20 , ecocardiograma con volumen sistólico y fracción de eyección normales, y déficit de base < 5 .^{48,49} A diferencia de una terapia basada en fórmulas, el enfoque dirigido por objetivos se basa en ajustes tempranos y regulares de la ingesta de líquidos y una estimación basada en fórmulas para comenzar inicialmente.⁵⁰

Realidad virtual como terapia complementaria en el tratamiento tradicional

Los niños que experimentan quemaduras se enfrentan a múltiples procedimientos dolorosos y ansiedad durante el cambio de apósito, tratamiento y rehabilitación de la herida.⁵³ En la actualidad, los agentes farmacológicos más utilizados para aliviar el dolor incluyen analgésicos-sedantes, opioides y AINEs.^{6,54} En quemaduras de primer grado, se emplea Paracetamol (10 a 15 mg/kg/dosis cada 4 horas), Ibuprofeno (10 mg/kg/dosis cada 6 horas) o Hidrocortisona al 1 %, lo que ha demostrado reducir tanto el dolor como la inflamación.^{55,56} En casos de quemaduras más extensas, se prefiere el uso de opioides como Fentanilo (1,5 mcg/kg) o sulfato de morfina vía oral en dosis de 0,3 a 0,6 mg/kg cada 4 o 6 horas, o vía intravenosa en dosis de 0,05 a 0,1 mg/kg (máximo, 2 a 5 mg) cada 2 horas.^{56,57} Opciones adicionales incluyen la analgesia controlada por el paciente con Fentanilo mediante un bolo inicial de 1 mg/kg, 30 mg a demanda, con intervalo de cierre de 5 minutos, o dosis de morfina intravenosa de 0,05 a 0,2 mg/kg cada 4 o 6 horas, siendo también eficaz la Meperidina en dosis de 1 mg/kg para el dolor incidente.^{56,58}

No obstante, en los últimos años, la realidad virtual (RV) ha emergido como una herramienta valiosa para controlar el dolor al estimular la liberación de endorfinas y reducir el estrés y la ansiedad. Aunque no constituye una cura definitiva para todos los tipos de dolor, la RV se ha mostrado como una herramienta útil dentro de un enfoque terapéutico integral para el alivio

del dolor.^{59,60} En 2019, un estudio basado en 14 ensayos aleatorios controlados para el dolor y 7 para la ansiedad demostró que la RV es eficaz para mejorar la ansiedad y el dolor reportados por los pacientes durante diversos procedimientos médicos. Numerosos estudios respaldan estos resultados, indicando que la RV es una útil distracción para pacientes hospitalizados con quemaduras. Armstrong *et al.* sugieren que la RV debería considerarse como un enfoque de analgesia no farmacológica durante los cambios de apósitos.⁶¹

Uso de nanopartículas en antibioterapia sistemática

La colonización inicial de las heridas por quemaduras durante las primeras 24-72 horas suele estar provocada por microorganismos comensales de la piel; sin embargo, la mayor incidencia de septicemia en quemaduras se produce dentro de los primeros 10 días, cuando los niveles de inmunoglobulinas séricas están alterados. Los microorganismos que pueden causar infección invasiva de la herida por quemadura se resumen en el **Cuadro 3**.^{62,63}

En la actualidad, los antimicrobianos más frecuentemente empleados en pacientes hospitalizados son la ceftazidima, vancomicina, amikacina y ciprofloxacino. No obstante, la OMS enfatiza la importancia de monitorear el uso de antibióticos, incluyendo la dosis, forma de administración y la sensibilidad antimicrobiana. Con el propósito de prevenir la incidencia de infecciones y sepsis, resulta imperativo explorar nuevos enfoques terapéuticos. En este contexto, las estrategias terapéuticas en desarrollo, como la nanoterapéutica, emergen como perspectivas prometedoras para el tratamiento de heridas por quemaduras.⁶⁴

Las nanoterapias son sustancias terapéuticas, medicamentos, biomacromoléculas o productos farmacéuticos que presentan una estructura a

Cuadro 3. Microorganismos que causan infecciones invasivas de heridas por quemaduras

Grupo	Especies
Organismos grampositivos	<i>Estafilococo aureus</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i> resistente a la meticilina (MRSA)
	Estafilococos coagulasa negativos
	<i>Enterococos spp.</i>
	Enterococos resistentes a la vancomicina
Organismos gramnegativos	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	<i>Enterobacter spp.</i>
	<i>Proteus spp.</i>
	<i>Acinetobacter spp.</i>
Hongos	<i>Candida spp.</i>
	<i>Aspergillus spp.</i>
Virus	Herpes Simple
	Citomegalovirus
	Virus de la varicela zoster

Fuente: Nuevas Nanotecnologías para el Tratamiento y Reparación de Infecciones por Quemaduras de la Piel. Int J Mol Ciencia. 8 de enero de 2020; 21.

nanoescala en al menos una de sus dimensiones. Las nanoterapéuticas ofrecen numerosas ventajas en el tratamiento de infecciones bacterianas. Estas pueden mejorar las interacciones entre los fármacos y las bacterias, así como modificar la vía de administración para potenciar sus efectos antibacterianos. Además, permiten aumentar la concentración del fármaco en los sitios de infección, lo que facilita la reducción de la dosis y mitiga los efectos secundarios adversos. Asimismo, favorecen la penetración de los fármacos a través de las barreras tisulares y las biopelículas bacterianas para superar la resistencia bacteriana. También contribuyen a mejorar la estabilidad y prolongar la vida media de los fármacos.^{63,65}

En el contexto específico de las quemaduras pediátricas, donde la piel aún está en desarrollo y es más vulnerable a las infecciones, las na-

nopartículas antibióticas pueden proporcionar una opción de tratamiento prometedora; sin embargo, es importante tener en cuenta que la investigación en este campo aún está en sus primeras etapas, y se necesitan estudios clínicos adicionales para evaluar completamente la seguridad y la eficacia de las nanopartículas antibióticas en quemaduras pediátricas antes de que puedan convertirse en un tratamiento estándar.^{63,64}

Además de la antibioterapia, es crucial verificar si el paciente cuenta con la vacunación antitetánica adecuada para su edad, incluyendo la administración de toxoide tetánico o inmunoglobulina antitetánica. En caso de no cumplir con esta pauta, es esencial establecer la profilaxis antitetánica correspondiente. Para pacientes no vacunados previamente, se recomienda la administración de un inyectable de toxoide tetánico de 0.5 ml y una inmunoglobulina antitetánica de 100-250 unidades por vía intramuscular. Aquellos vacunados en los últimos 6 meses no necesitan profilaxis, mientras que los vacunados entre 6 meses y 10 meses antes deben recibir tanto el toxoide como la inmunoglobulina antitetánica. En el caso de pacientes con heridas contaminadas o vacunados hace más de 10 años, se requiere la administración de toxoide y la inmunoglobulina antitetánica, prescindiendo de la profilaxis antibiótica.^{48,66}

Nuevas perspectivas en la cicatrización de quemaduras: sustitutos cutáneos de vanguardia y terapias bioactivas

En la actualidad, se están llevando a cabo investigaciones sobre sustitutos cutáneos y el cultivo de queratinocitos autólogos, los cuales presentan perspectivas sumamente prometedoras para la recuperación.^{67,68} Esto ha llevado a que los apósitos bioactivos gradualmente desplacen a los agentes antimicrobianos tópicos, ya que ofrecen una mayor capacidad antibacteriana, presentan menos reacciones adversas y son más econó-

micos.^{69,70} El uso de apósitos de nanocelulosa bacteriana o impregnados de plata proporciona una cobertura antimicrobiana combinada, mantiene una humedad adecuada y reduce el trauma en la cicatrización de las heridas, con la ventaja adicional de requerir cambios de apósito menos frecuentes.^{71,72}

El tratamiento estándar actual para quemaduras graves implica el uso de autoinjertos, pero esto conlleva el riesgo de provocar diversas complicaciones en la zona donante, como dolor, cicatrización e infección. Gracias a los avances tecnológicos en la mejora de sustitutos de piel, se han desarrollado alternativas para el cuidado de quemaduras que brindan niveles de seguridad similares a los autoinjertos o al uso de agentes tópicos y apósitos para heridas. Los avances en ingeniería han resultado en una variedad de productos alternativos, como StrataGraft, que ofrece la posibilidad de reducir o incluso eliminar la necesidad de recurrir a autoinjertos.^{73,74}

StrataGraft es una construcción celularizada alogénica creada mediante bioingeniería, fabricado por *Stratatech Corporation* y aprobada por la *Food and Drug Administration* (FDA) de los Estados Unidos para el manejo de adultos con quemaduras térmicas profundas de espesor parcial para los cuales la intervención quirúrgica está clínicamente indicada, sin embargo, en la actualidad se está investigando la seguridad y eficacia de StrataGraft en pacientes pediátricos. Consta de células NIKS y fibroblastos dérmicos humanos normales incrustados en un gel de colágeno de origen no humano. Las células NIKS provienen de una línea celular humana patentada de una sola fuente que no es tumorigénica, no inmunogénica y cariotípicamente estable, y proporciona una fuente estable de queratinocitos humanos.⁷⁴

La suspensión de células cutáneas autólogas es un tratamiento aprobado para lesiones por quemaduras térmicas agudas asociadas con requisitos de piel del donante inferiores a los in-

jertos de piel de espesor parcial convencionales, lo cual ha demostrado reducir los costos de la duración de la estadía y el tratamiento general.⁷⁵

Manejo de la respuesta hipermetabólica y Modulación metabólica

Después de la fase de reanimación, los niños que han sufrido quemaduras experimentan una compleja respuesta fisiológica, destacada por un período agudo hiperinflamatorio e hipermetabólico que puede extenderse hasta 1 a 3 años después de la lesión. Aproximadamente, el 57% de esta respuesta hipermetabólica se atribuye a procesos dependientes de Adenosín Trifosfato (ATP), tales como el incremento en la síntesis de proteínas, la gluconeogénesis hepática, la glucólisis y la producción de ácidos grasos.⁷⁶ Estos procesos metabólicos elevados imponen demandas calóricas sustancialmente mayores a las convencionales, situándose en un rango del 20-40 % por encima de las estimaciones realizadas mediante ecuaciones predictivas convencionales.^{76,77}

El catabolismo puede ser marcado, incluso en quemaduras pequeñas, y una prioridad de tratamiento es prestar especial atención a la ingesta nutricional. La utilización de intervenciones farmacológicas y no farmacológicas para modular el hipermetabolismo de las quemaduras tuvo distintos niveles de éxito. Para optimizar la respuesta metabólica en pacientes quemados, se propone una suplementación adecuada de grasas, idealmente entre 0,5-1 g de grasa/kg/día en la dieta. Este enfoque busca evitar que los ácidos grasos de cadena larga no esterificados se esterifiquen en el hígado, mejorando así la lipólisis. Por otro lado, es esencial abordar la utilización de glucosa en quemaduras, que puede superar los 7 g/kg/día. Una disponibilidad inadecuada de glucosa puede desencadenar catabolismo proteico, mientras que niveles excesivos de carbohidratos pueden contribuir a hiperglucemia, deshidratación y complicaciones respiratorias.⁷⁷

La gestión del hipermetabolismo en pacientes pediátricos con quemaduras representa un desafío clínico complejo y crucial en el ámbito médico. La ideal intervención frente al hipermetabolismo implicaría una temprana acción que prevenga la cascada neurológica inicial, preservando la capacidad del sistema inmunológico para enfrentar infecciones subsiguientes, mientras se mitiga el impacto de la lesión. En este contexto, el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías dirigidas a controlar y atenuar los efectos del hipermetabolismo se han convertido en áreas de investigación y aplicación prioritarias. Desde el monitoreo metabólico avanzado hasta la investigación de biomarcadores específicos y la personalización de la terapia nutricional, estos avances tecnológicos procuran optimizar la atención médica brindada a los pacientes, con la meta de mejorar los resultados clínicos y la calidad de vida de aquellos afectados por quemaduras pediátricas. Estas tecnologías y enfoques están en diversas etapas de desarrollo y pueden representar herramientas prometedoras para controlar el hipermetabolismo en pacientes pediátricos con quemaduras. Su exitosa implementación podría conducir a una mejora sustancial en los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes afectados.⁷⁸

Uso del Ácido ascórbico

El ácido ascórbico desempeña un papel crucial al modular la respuesta inmunológica y actuar como antioxidante, neutralizando los radicales libres y reduciendo el estrés oxidativo en pacientes con quemaduras. Este compuesto contribuye a mejorar la función endotelial y la perfusión tisular.^{79,80} A pesar de que la terapia hidroelectrolítica ha mejorado la mortalidad en las primeras 72 horas, las complicaciones inflamatorias y el estrés oxidativo persisten en la fase posterior. La determinación de la dosis precisa de ácido ascórbico en la reanimación de quemaduras continúa siendo un área de investigación en desarrollo.⁸¹ **Figura 4**

El estudio de Tanaka *et al.* estableció inicialmente una dosis elevada de 66 mg/kg/h de ácido ascórbico para su administración en pacientes con quemaduras graves.⁸² Se ha observado una disminución significativa de la morbimortalidad con dosis intravenosas de ácido ascórbico de 60 mg/kg/día (250 mg cada 12 h en < 3 años y 500 mg cada 12 h en > 3 años) en pacientes con quemaduras que abarcan más del 20% de la SCTQ. Estas dosis reducen las tasas de infección, aceleran el tiempo de cicatrización y disminuyen la duración de la estancia hospitalaria.^{80,83}

CONCLUSIÓN

La integración de técnicas tridimensionales e inteligencia artificial en la evaluación de quemaduras ha elevado la precisión y objetividad en la estimación del área corporal afectada, impactando en decisiones médicas cruciales como la reanimación y la derivación a centros especializados. La utilización de modelos tridimensionales no solo mejora considerablemente la exactitud en la evaluación de la superficie corporal, sino que también agiliza la documentación de los procedimientos diagnósticos y terapéuticos, ofreciendo un enfoque más rápido, sencillo y completo. La codificación automática en diversos sistemas estándar facilita la comparación de la carga de trabajo asociada al tratamiento de quemaduras y otras lesiones.

Es esencial continuar fomentando la investigación y aplicación de tecnologías en el tratamiento de quemaduras pediátricas, ya que representan un avance significativo en el abordaje de uno de los problemas de salud más apremiantes en el ámbito pediátrico.

REFERENCIAS

1. Jordan KC, Di Gennaro JL, von Saint André-von Arnim A, Stewart BT. Global trends in pediatric burn injuries and care capacity from the World Health Organization Global Burn Registry. *Front Pediatr* [Internet]. 2022 Jul 19;10. DOI: 10.3389/fped.2022.954995. ISSN: 2296-2360

2. Mulatu D, Zewdie A, Zemedu B, Terefe B, Liyew B. Outcome of burn injury and associated factor among patient visited at Addis Ababa burn, emergency and trauma hospital: a two years hospital-based cross-sectional study. *BMC Emerg Med*. 2022 Dec 9;22(1):199. DOI: 10.1186/s12873-022-00758-7. ISSN: 1471-227X
3. Leclerc T, Potokar T, Hughes A, Norton I, Alexandru C, Haik J, et al. A simplified fluid resuscitation formula for burns in mass casualty scenarios: Analysis of the consensus recommendation from the WHO Emergency Medical Teams Technical Working Group on Burns. *Burns* [Internet]. 2021 Dec 1;47(8):1730–8. DOI: 10.1016/j.burns.2021.02.022. ISSN: 03054179
4. Retrouvey H, Chan J, Shahrokhi S. Comparison of two-dimensional methods versus three-dimensional scanning systems in the assessment of total body surface area estimation in burn patients. *Burns* [Internet]. 2018 Feb;44(1):195–200. DOI: 10.1016/j.burns.2017.07.003. ISSN: 03054179
5. Schlottmann F, Bucan V, Vogt PM, Krezdorn N. A Short History of Skin Grafting in Burns: From the Gold Standard of Autologous Skin Grafting to the Possibilities of Allogeneic Skin Grafting with Immunomodulatory Approaches. *Medicina (B Aires)*. 2021 Mar 2;57(3):225. DOI: 10.3390/medicina57030225. ISSN: 1648-9144
6. McGovern C, Puxty K, Paton L. Major burns: part 2. Anaesthesia, intensive care and pain management. *BJA Educ*. 2022 Apr 1;22(4):138–45. DOI: 10.1016/j.bjae.2022.01.001. ISSN: 20585349
7. Xiang H, Shen J, Wheeler KK, Patterson J, Lever K, Armstrong M, et al. Efficacy of Smartphone Active and Passive Virtual Reality Distraction vs Standard Care on Burn Pain Among Pediatric Patients. *JAMA Netw Open* [Internet]. 2021 Jun 21;4(6):e2112082. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.12082. ISSN: 2574-3805
8. van Gemert-Pijnen J (Lisette). Implementation of health technology: Directions for research and practice. *Front Digit Health*. 2022 Nov 10;4. . DOI: 10.3389/fgdth.2022.1030194. ISSN: 2673-253X
9. Cresswell K, Sheikh A, Franklin BD, Krasuska M, Nguyen HT, Hinder S, et al. Theoretical and methodological considerations in evaluating large-scale health information technology change programmes. *BMC Health Serv Res*. 2020 Dec 27;20(1):477. . DOI: 10.1186/s12913-020-05355-7. ISSN: 1472-6963
10. Mamo ST, Addisie AA, Heye TB, Tegegne OA. Clinical Pattern and Outcome of Burn Injury in Children in AaBet Trauma Center Addis Ababa Ethiopia: Prospective Study. *SAGE Open Nurs*. 2023 Jan 5;9. DOI: 10.1177/23779608231186864. ISSN: 2377-9608
11. Abedin M, Rahman FN, Rakhshanda S, Mashrekry SR, Rahman AKMF, Hossain A. Epidemiology of non-fatal burn injuries in children: evidence from Bangladesh Health and Injury Survey 2016. *BMJ Paediatr Open*. 2022 Jun 14;6(1):e001412. . DOI: 10.1136/bmjpo-2022-001412. ISSN: 2399-9772
12. Moniruzzaman Md, Khan AR, Haq MdA, Naznin RA, Haque M. Pediatric First-Degree Burn Management With Honey and 1% Silver Sulfadiazine (Ag-SD): Comparison and Contrast. *Cureus* [Internet]. 2022 Dec 22. DOI: 10.7759/cureus.32842. ISSN: 2168-8184
13. Pompermaier L, Elmasry M, Abdelrahman I, Fredrikson M, Sjöberg F, Steinvall I. Are there any differences in the provided burn care between men and women? A retrospective study. *Burns Trauma*. 2018 Dec 1;6. DOI: 10.1186/s41038-018-0125-0. ISSN: 2321-3876
14. Gallegos Torres P, Argüello Gordillo T, Real Flores R, Trujillo Orbe O. Epidemiología del paciente pediátrico quemado en el Hospital Baca Ortiz, Quito, Ecuador. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana* [Internet]. 2019 Jun;45(2):197–201. DOI: 10.4321/S0376-78922019000200013. ISSN: 0376-7892
15. Acosta Farina D, Soria Tipse A, Barrezueta Caicedo Y, Velasco Espinoza J, Delgado Panchana M, Rivadeneira Maldonado A. Incidencia de quemaduras en el hospital de niños Dr. Roberto Gilbert Elizalde, 2014-2020. *Guayaquil-Ecuador. Archivos de Medicina (Manizales)*. 2021 May 19;22(1). DOI: 10.30554/archmed.22.1.4215.2022. ISSN: 2339-3874
16. Toapanta Yugcha Iván Guillermo, Paredes Lascano Patricia Lorena. Manejo De Las Quemaduras en Niños [Internet]. Primera Edición. Ecuador - Ambato: MEGAGRAF; 2018. file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Manejo_De_Las_Quemaduras_en_Ninos.pdf
17. Tan T, Ko W, Chan P, Tse DA, Chiu T. Epidemiology of paediatric burns in a tertiary centre in Hong Kong: A 10-year review. *Surg Pract* [Internet]. 2021 Aug 27;25(3):146–51. DOI: 10.1111/1744-1633.12508. ISSN: 1744-1625
18. Abubakar A, Ugail H, Bukar AM. Assessment of Human Skin Burns: A Deep Transfer Learning Approach. *J Med Biol Eng* [Internet]. 2020 Jun 24;40(3):321–33. DOI: 10.1007/s40846-020-00520-z. ISSN: 1609-0985
19. Żwieręto W, Piorun K, Skórka-Majewicz M, Maruszewska A, Antoniewski J, Gutowska I. Burns: Classification, Pathophysiology, and Treatment: A Review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2023 Feb 13;24(4):3749. DOI: 10.3390/ijms24043749. ISSN: 1422-0067
20. Corina D, García-Piña A, Loredó-Abdalá A, Trejo-Hernández J. Quemaduras intencionales en pediatría. Un mecanismo poco considerado de maltrato físico [Internet]. Vol. 29, *Acta PEDIATR MEX*. 2008. <https://www.medigraphic.com/cgibin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=19380>
21. Bettencourt AP, Romanowski KS, Joe V, Jeng J, Carter JE, Cartotto R, et al. Updating the Burn Center Referral Criteria: Results From the 2018 eDelphi Consensus Study. *Journal of Burn Care & Research* [Internet]. 2020 Sep 23;41(5):1052–62. DOI: 10.1093/jbcr/iraa038. ISSN: 1559-047X
22. Sojka J, C. Krakowski A, P. Stawicki S. Burn Shock and Resuscitation: Many Priorities, One Goal. In: *Clinical Management of Shock - The Science and Art of Physiological Restoration*. IntechOpen; 2020. DOI: 10.5772/intechopen.85646

23. McCann C, Watson A, Barnes D. Major burns: Part 1. Epidemiology, pathophysiology and initial management. *BJA Educ* [Internet]. 2022 Mar 1;22(3):94–103. DOI: 10.1016/j.bjae.2021.10.001. ISSN: 20585349
24. Pham TN, Bettencourt AP, Bozinko GM, Chang PH, Chung KK, Craig CK, et al. Advanced Burn Life Support Course ABLS PROVIDER MANUAL 2018 UPDATE [Internet]. 2019. Acceso: 2023 Jun 14. Available from: <https://ameriburn.org/wp-content/uploads/2019/08/2018-abls-providermanual.pdf>
25. Datta PK, Roy Chowdhury S, Aravindan A, Saha S, Rapaka S. Medical and Surgical Care of Critical Burn Patients: A Comprehensive Review of Current Evidence and Practice. *Cureus* [Internet]. 2022 Nov 15. DOI: 10.7759/cureus.31550. ISSN: 2168-8184
26. Murari A, Singh KN. Lund and Browder chart—modified versus original: a comparative study. *Acute and Critical Care* [Internet]. 2019 Nov 30;34(4):276–81. DOI: 10.4266/acc.2019.00647. ISSN: 2586-6052
27. Choi J, Patil A, Vendrow E, Touponse G, Aboukhatir L, Forrester JD, et al. Practical Computer Vision Application to Compute Total Body Surface Area Burn. *JAMA Surg* [Internet]. 2022 Feb 1;157(2):129. DOI: 10.1001/jamasurg.2021.5848. ISSN: 2168-6254
28. Waw S. Estimation of total body surface area burned: a comparison between burn unit and referring facilities estimation de la surface brûlée: comparaison entre unités, spécialisées ou non. *Annals of Burns and Fire Disasters*. 2023.
29. Holm S, Engström O, Petäjä I, Huss F. Does the estimation of burn extent at admission differ from the assessment at discharge? *Scars Burn Heal* [Internet]. 2021 Jan 21;7:205951312110194. DOI: 10.1177/20595131211019403. ISSN: 2059-5131
30. Steinvall I, Elmasry M, Abdelrahman I, El-Serafi A, Sjöberg F. Addition of admission lactate levels to Baux score improves mortality prediction in severe burns. *Sci Rep* [Internet]. 2021 Sep 10;11(1):18038. DOI: 10.1038/s41598-021-97524-9. ISSN: 2045-2322
31. Lam NN, Hung NT, Duc NM. Prognosis value of revised Baux score among burn patients in developing country. *Int J Burns Trauma*. 2021;11(3):197–201. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34336385>. ISSN: 2160-2026
32. Yoo K tak, Woo G, Jang TY, Song JS. Comparison between the Lund-Browder chart and the BurnCase 3D® for consistency in estimating total body surface area burned. *WikiJournal of Medicine* [Internet]. 2020;7(1):2. DOI: 10.15347/wjm/2020.002. ISSN: 20024436
33. Jiao C, Su K, Xie W, Ye Z. Burn image segmentation based on Mask Regions with Convolutional Neural Network deep learning framework: more accurate and more convenient. *Burns Trauma*. 2019 Dec 1;7. DOI: 10.1186/s41038-018-0137-9. ISSN: 2321-3876
34. Girtzlehner M, Ganitzer I, Haller H. Technical and Medical Aspects of Burn Size Assessment and Documentation. *Medicina (B Aires)* [Internet]. 2021 Mar 5;57(3):242. DOI: 10.3390/medicina57030242. ISSN: 1648-9144
35. Cirillo MD, Mirdell R, Sjöberg F, Pham TD. Improving burn depth assessment for pediatric scalds by AI based on semantic segmentation of polarized light photography images. *Burns*. 2021 Nov 1;47(7):1586–93. DOI: 10.1016/j.burns.2021.01.011. ISSN: 1879-1409
36. Meevassana J, Sumonsriwarankun P, Suwajo P, Nilprapha K, Promniyom P, lamphongsai S, et al. 3D PED BURN app: A precise and easy-to-use pediatric 3D burn surface area calculation tool. *Health Sci Rep* [Internet]. 2022 Jul 16;5(4). DOI: 10.1002/hsr2.694. ISSN: 2398-8835
37. Cheah AKW, Kangkorn T, Tan EH, Loo ML, Chong SJ. The validation study on a three-dimensional burn estimation smart-phone application: accurate, free and fast? *Burns Trauma* [Internet]. 2018 Dec 1;6:276-81. DOI: 10.1186/s41038-018-0109-0. ISSN: 2321-3876
38. Suman A, Owen J. Update on the management of burns in paediatrics. *BJA Educ* [Internet]. 2020 Mar 1;20(3):103–10. DOI: 10.1016/j.bjae.2019.12.002. ISSN: 20585349
39. Barnes J, Duffy A, Hamnett N, McPhail J, Seaton C, Shokrollahi K, et al. The Mersey Burns App: evolving a model of validation. *Emergency Medicine Journal*. 2015 Aug;32(8):637–41. DOI: 10.1136/emmermed-2013-203416. ISSN: 1472-0205
40. Colson CD, Alberto EC, Milestone ZP, Batra N, Salvador T, Fooladi H, et al. EasyTBSA as a method for calculating total body surface area burned: a validation study. *Emergency Medicine Journal* [Internet]. 2023 Apr;40(4):279–84. DOI: 10.1136/emmermed-2022-212308. ISSN: 1472-0205
41. Brekke RL, Almeland SK, Hufthammer KO, Hansson E. Agreement of clinical assessment of burn size and burn depth between referring hospitals and burn centres: A systematic review. *Burns*. 2023 May;49(3):493–515. DOI: 10.1016/j.burns.2022.05.007. ISSN: 03054179
42. Chong HP, Quinn L, Jeeves A, Cooksey R, Lodge M, Carney B, et al. A comparison study of methods for estimation of a burn surface area: Lund and Browder, e-burn and Mersey Burns. *Burns*. 2020 Mar;46(2):483–9. DOI: 10.1016/j.burns.2019.08.014. ISSN: 03054179
43. Rangel-Olvera B, Rosas-Romero R. Detection and classification of burnt skin via sparse representation of signals by over-redundant dictionaries. *Comput Biol Med* [Internet]. 2021 May 1;132:104310. DOI: 10.1016/j.compbiomed.2021.104310. ISSN: 00104825
44. E Moura FS, Amin K, Ekwobi C. Artificial intelligence in the management and treatment of burns: a systematic review. *Burns Trauma* [Internet]. 2021 Jan 1;9. DOI: 10.1093/burnst/tkab022. ISSN: 2321-3876
45. Alemayehu S, Afera B, Kidanu K, Belete T. Management Outcome of Burn Injury and Associated Factors among Hospitalized Children at Ayder Referral Hospital, Tigray, Ethiopia. *Int J Pediatr*. 2020 Feb 19;2020:1-9. DOI: 10.1155/2020/9136256. ISSN: 1687-9740
46. Soussi S, Taccori M, De Tymowski C, Depret F, Chaussard M, Fratani A, et al. Risk Factors for Acute Mesenteric Ischemia in Critically Ill Burns Patients—A Matched Case–Control

- Study. *Shock* [Internet]. 2019 Feb;51(2):153–60. DOI: 10.1097/SHK.0000000000001140. ISSN: 1073-2322
47. Hughes A, Almeland SK, Leclerc T, Ogura T, Hayashi M, Mills JA, et al. Recommendations for burns care in mass casualty incidents: WHO Emergency Medical Teams Technical Working Group on Burns (WHO TWGB) 2017-2020. *Burns*. 2021 Mar;47(2):349–70. DOI: 10.1016/j.burns.2020.07.001. ISSN: 03054179
 48. Legrand M, Barraud D, Constant I, Devauchelle P, Donat N, Fontaine M, et al. Management of severe thermal burns in the acute phase in adults and children. *Anaesth Crit Care Pain Med* [Internet]. 2020 Apr 1;39(2):253–67. DOI: 10.1016/j.accpm.2020.03.006. ISSN: 23525568
 49. Zachaj J, Jabłoński Ł. Distinctiveness in fluid therapy for burns in children in the prehospital settings and Hospital Emergency Department. *Lek Wojsk*. 2023 Mar 31;101(1):13–8. DOI: 10.53301/lw/152664. ISSN: 0024-0745
 50. Boehm D, Menke H. A History of Fluid Management-From “One Size Fits All” to an Individualized Fluid Therapy in Burn Resuscitation. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Feb 23;57(2):1–10. DOI: 10.3390/medicina57020187. ISSN: 1648-9144
 51. García-Díaz A, Gacto-Sánchez P, Durán-Romero AJ, Carrasco-García S, Ruiz-Moya A, Molina-Morales J, et al. Pediatric major burns: a monocentric retrospective review of etiology and outcomes (2008–2020). *Eur J Plast Surg*. 2022 Apr 26;45(6):967–75. DOI: 10.1007/s00238-022-01957-y. ISSN: 1435-0130
 52. Pruitt Basil A., Jr. MD FACS editor. Protection from Excessive Resuscitation: “Pushing the Pendulum Back.” *he Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2000 Sep;49(3):567-8.
 53. Komarcevic A, Jokic R, Pajic M, Jovanovic M, Milenkovic M. Analgesic protocol for procedural pain treatment of second-degree burns in children. *Vojnosanit Pregl*. 2023;80(2):115-20. DOI: 10.2298/VSP220305043K. ISSN: 0042-8450
 54. Stapelberg F. Challenges in anaesthesia and pain management for burn injuries. *Anaesth Intensive Care*. 2020 Mar 5;48(2):101-13. DOI: 10.1177/0310057X20914908. ISSN: 0310-057X
 55. Paredes Lascano PL, Villegas Ipiates SA, Aguayo Escobar AA, Bravo Paredes LA. Analgesia en pediatría; artículo de revisión. *Medicinas UTA*. 2023 Jul 12;7(3):11–22. DOI: 10.31243/mdc.uta.v7i3.2070.2023. ISSN: 2602-814X
 56. Kotecha VR, Opat NE, Nangole F. Assessment and Management of Pain in Patients Sustaining Burns at Emergency Department Kenyatta National Hospital, Kenya: A Descriptive Study. *Trauma Care* [Internet]. 2022 Mar 1;2(1):79–86. DOI: 10.3390/traumacare2010007. ISSN: 2673-866X
 57. Delgado-Miguel C, Miguel-Ferrero M, Ezquerro A, Díaz M, De Ceano-Vivas M, López-Gutiérrez JC. Sedoanalgesia in the Debridement of Pediatric Burns in the Emergency Department: Is It Effective and Safe? *Children*. 2023 Jun 30;10(7):1137. DOI: 10.3390/children10071137. ISSN: 2227-9067
 58. Shiferaw A, Mola S, Gashaw A, Sintayehu A. Evidence-based practical guideline for procedural pain management and sedation for burn pediatrics patients undergoing wound care procedures. *Annals of Medicine & Surgery* [Internet]. 2022 Nov 1;83. DOI: 10.1016/j.amsu.2022.104756. ISSN: 2049-0801
 59. Tas FQ, van Eijk CAM, Staals LM, Legerstee JS, Dierckx B. Virtual reality in pediatrics, effects on pain and anxiety: A systematic review and meta-analysis update. *Pediatric Anesthesia*. 2022 Dec;32(12):1292–304. . DOI: 10.1111/pan.14546. ISSN: 1155-5645
 60. Viderman D, Tapinova K, Dosssov M, Seitenov S, Abdildin YG. Virtual reality for pain management: an umbrella review. *Front Med (Lausanne)*. 2023 Jul 14;10. DOI: 10.3389/fmed.2023.1203670. ISSN: 2296-858X
 61. Armstrong M, Lun J, Groner JI, Thakkar RK, Fabia R, Noffsinger D, et al. Mobile phone virtual reality game for pediatric home burn dressing pain management: a randomized feasibility clinical trial. *Pilot Feasibility Stud* [Internet]. 2022 Aug 18;8(1):186. DOI: 10.1186/s40814-022-01150-9. ISSN: 2055-5784
 62. Huff ML, Blome-Eberwein S. Providencia rettgeri Infection Compromising Post-Burn Recovery: A Lesson in the Importance of Follow-Up Care. *Cureus*. 2022 May 29. DOI: 10.7759/cureus.25450. ISSN: 2168-8184
 63. Souto EB, Ribeiro AF, Ferreira MI, Teixeira MC, Shimojo AAM, Soriano JL, et al. New Nanotechnologies for the Treatment and Repair of Skin Burns Infections. *Int J Mol Sci*. 2020 Jan 8;21(2):393. DOI: 10.3390/ijms21020393. ISSN: 1422-0067
 64. Huang R, Hu J, Qian W, Chen L, Zhang D. Recent advances in nanotherapeutics for the treatment of burn wounds. *Burns Trauma*. 2021 Jan 1;9. DOI: 10.1093/burnst/tkab026. ISSN: 2321-3876
 65. Nilsen ER, Stendal K, Gullislett MK. Implementation of eHealth Technology in Community Health Care: the complexity of stakeholder involvement. *BMC Health Serv Res*. 2020 Dec 11;20(1):395. DOI: 10.1186/s12913-020-05287-2. ISSN: 1472-6963
 66. Havers FP, Moro PL, Hunter P, Hariri S, Bernstein H. Use of Tetanus Toxoid, Reduced Diphtheria Toxoid, and Acellular Pertussis Vaccines: Updated Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices — United States, 2019. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020 Jan 24;69(3):77–83. DOI: 10.15585/mmwr.mm6903a5. ISSN: 0149-2195
 67. Markiewicz-Gospodarek A, Koziol M, Tobiasz M, Baj J, Radzikowska-Büchner E, Przekora A. Burn Wound Healing: Clinical Complications, Medical Care, Treatment, and Dressing Types: The Current State of Knowledge for Clinical Practice. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 Jan 25;19(3). DOI: 10.3390/ijerph19031338. ISSN: 1660-4601
 68. David N Herndon, Juan P Barret. Avances y tendencias en el tratamiento de niños con quemaduras. *Acta Pediátrica de México* [Internet]. 1999. Accesado: 2023 Nov 15;20:34–40. Available from: <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=11853>

69. Shi C, Wang C, Liu H, Li Q, Li R, Zhang Y, et al. Selection of Appropriate Wound Dressing for Various Wounds. *Front Bioeng Biotechnol* [Internet]. 2020 Mar 19;8. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00182. ISSN: 2296-4185
70. hu W, Wang Y, Zhang X, Li C, Le H, Chang F. Functional Hydrogel Dressings for Treatment of Burn Wounds. *Front Bioeng Biotechnol* [Internet]. 2021;9:788461. DOI: 10.3389/fbioe.2021.788461. ISSN: 2296-4185
71. Vivcharenko V, Przekora A. Modifications of Wound Dressings with Bioactive Agents to Achieve Improved Pro-Healing Properties. *Applied Sciences* [Internet]. 2021 Apr 30;11(9):4114. DOI: 10.3390/app11094114. ISSN: 2076-3417
72. Luca-Pozner V, Nischwitz SP, Conti E, Lipa G, Ghezal S, Luze H, et al. The use of a novel burn dressing out of bacterial nanocellulose compared to the French standard of care in paediatric 2nd degree burns – A retrospective analysis. *Burns*. 2022 Sep;48(6):1472-80. DOI: 10.1016/j.burns.2021.11.019. ISSN: 03054179
73. Gibson ALF, Holmes JH, Shupp JW, Smith D, Joe V, Carson J, et al. A phase 3, open-label, controlled, randomized, multicenter trial evaluating the efficacy and safety of StrataGraft® construct in patients with deep partial-thickness thermal burns. *Burns* [Internet]. 2021 Aug;47(5):1024-37. DOI: 10.1016/j.burns.2021.04.021. ISSN: 03054179
74. Holmes IV JH, Cancio LC, Carter JE, Faucher LD, Foster K, Hahn HD, et al. Pooled safety analysis of STRATA2011 and STRATA2016 clinical trials evaluating the use of StrataGraft® in patients with deep partial-thickness thermal burns. *Burns*. 2022 Dec;48(8):1816-24. DOI: 10.1016/j.burns.2022.07.013. ISSN: 03054179
75. Carson JS, Carter JE, Hickerson WL, Rae L, Saquib SF, Wibenmeyer LA, et al. Analysis of real-world length of stay data and costs associated with use of autologous skin cell suspension for the treatment of small burns in U.S. centers. *Burns*. 2023 May;49(3):607-14. DOI: 10.1016/j.burns.2022.11.007. ISSN: 03054179
76. Begum S, Lodge S, Hall D, Johnson BZ, Bong SH, Whiley L, et al. Cardiometabolic disease risk markers are increased following burn injury in children. *Front Public Health*. 2023 Jun 2;11. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1105163. ISSN: 2296-2565
77. Osborne T, Wall B, Edgar DW, Fairchild T, Wood F. Current understanding of the chronic stress response to burn injury from human studies. *Burns Trauma*. 2023 Jan 1;11. DOI: 10.1093/burnst/tkad007. ISSN: 2321-3876
78. Zong TX, Silveira AP, Morais JAV, Sampaio MC, Muehlmann LA, Zhang J, et al. Recent Advances in Antimicrobial Nano-Drug Delivery Systems. *Nanomaterials*. 2022 May 29;12(11):1855. DOI: 10.3390/nano12111855. ISSN: 2079-4991
79. Garnica Escamilla MA, Hernández Peña R, Sánchez Zúñiga M de J, Tamez Coyotzin EA, Vázquez Guerra LI, Garza Carrión JA, et al. La vitamina C, implicaciones terapéuticas en el paciente con quemaduras graves. *Medicina Crítica*. 2023;37(2):134-40. DOI: 10.35366/110449. ISSN: 2448-8909
80. Wang Y, Lin H, Lin B wen, Lin J dong. Effects of different ascorbic acid doses on the mortality of critically ill patients: a meta-analysis. *Ann Intensive Care*. 2019 Dec 20;9(1):58. DOI: 10.1186/s13613-019-0532-9. ISSN: 2110-5820
81. Miquet Romero LM, Rodríguez Garcell R, Chávez Mondragón MA, Orozco Jaramillo MA, Delgado Roche L. Niveles de ascorbato en pacientes quemados durante la fase aguda. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana*. 2021 Jun;47(2):227-34. DOI: 10.4321/S0376-78922021000200014. ISSN: 0376-7892
82. Tanaka H. Reduction of Resuscitation Fluid Volumes in Severely Burned Patients Using Ascorbic Acid Administration. *Archives of Surgery*. 2000 Mar 1;135(3):326. DOI: 10.1001/archsurg.135.3.326. ISSN: 0004-0010
83. Malkoc A, Jong S, Fine K, Wong DT. High dose intravenous versus low dose oral vitamin c in burn care: potential protective effects in the severely burned: a retrospective cohort study. *Annals of Medicine & Surgery*. 2023 May 12. DOI: 10.1097/MS9.0000000000000615. ISSN: 2049-0801