

Medición de longitud neonatal: dispositivos actuales, tecnologías emergentes y perspectivas futuras

Neonatal length measurement: current devices, emerging technologies, and future prospects

Begoña Juliá-Nehme^{a,b}, Valeria De Toro^c

^aEscuela de Diseño, Facultad de Arquitectura Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

^bDILAB, Escuela de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

^cDepartamento de Gastroenterología y Nutrición Pediátrica, División de Pediatría, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Recibido: 29 de octubre de 2024; Aceptado: 10 de enero de 2025

¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

La medición de longitud es un indicador antropométrico de bienestar para neonatos en cuidados intensivos. Su medición precisa y seriada es clave para optimizar el diagnóstico e indicaciones nutricionales. Sin embargo, es un desafío en términos de precisión y confiabilidad.

¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

Se realiza una revisión crítica del estado del arte de los sistemas de medición disponibles en el mercado para ser utilizadas en unidades de neonatología. Desde una perspectiva interdisciplinaria, se identifican ventajas y limitaciones para su uso efectivo, así como oportunidades y consideraciones para la innovación tecnológica en esta área.

Resumen

La prevalencia de malnutrición por déficit a nivel hospitalario puede alcanzar el 50%, afectando especialmente a menores de un año de edad, lo que puede tener efectos adversos como retraso en el desarrollo, aumento de la estadía hospitalaria y mortalidad. En este escenario, la medición antropométrica seriada y precisa es clave para optimizar la nutrición, ya que una pequeña variación en las mediciones puede clasificar al neonato en un carril de crecimiento equivocado, afectando las indicaciones nutricionales. La medición de longitud es uno de los mejores indicadores antropométricos de bienestar para neonatos en cuidados intensivos, sin embargo, es un desafío en términos de precisión y confiabilidad. El objetivo de este estudio es revisar la relevancia y particularidades de la medición de longitud en unidades de neonatología, y realizar una revisión crítica del estado del arte de los sistemas de medición disponibles en el mercado, identificando ventajas y limitaciones para su uso efectivo, así como oportunidades y consideraciones para la innovación tecnológica en esta área. Los resultados del estudio identifican cuatro líneas de productos para la medición, estadímetro tradicional, estadímetro

Palabras clave:

Malnutrición;
Antropometría;
Dispositivos Médicos;
Innovación;
Interdisciplina;
Enfermería

tipo diámetro óseo, dispositivos basados en imágenes, y dispositivos basados en ondas. En complemento, el mercado ofrece plataformas digitales para apoyar el análisis de los datos. La investigación sugiere que los dispositivos disponibles presentan limitaciones para su uso en unidades de neonatología, lo que abre la oportunidad de innovar en este ámbito mediante el trabajo interdisciplinario entre profesionales de salud y el diseño centrado en las personas.

Abstract

The prevalence of undernutrition in hospitals can reach up to 50%, particularly impacting infants under one year of age. This can lead to serious consequences, such as developmental delays, prolonged hospital stays, and increased mortality. In this context, accurate and frequent anthropometric measurements are crucial for optimizing nutrition, as a slight variation in measurements can place a newborn on the wrong growth track, influencing nutritional evaluation. Length measurement is one of the best anthropometric indicators of neonatal well-being in intensive care units. However, achieving accuracy and reliability in these measurements remains a challenge. The objective of this study is to explore the importance and specific challenges of length measurement in neonatal units, while critically reviewing the current measurement systems available on the market and identifying the strengths and limitations for their effective use, as well as opportunities and considerations for technological innovation in this area. The results of this study identified four types of devices, traditional stadiometers, bone diameter calipers, image-based devices, and wave-based devices. Additionally, digital platforms are available to assist in data analysis. The research highlights the current device limitations in neonatal units, thus providing an opportunity for innovation through interdisciplinary collaboration between healthcare professionals and user-centered design.

Keywords:

Undernutrition;
Anthropometry;
Medical Devices;
Innovation;
Interdisciplinary;
Nursing

Introducción

La antropometría pediátrica se define como mediciones cuantitativas no invasivas del cuerpo que proporcionan una evaluación del estado nutricional en todo el ciclo vital¹. Sus componentes fundamentales son peso, longitud/talla y circunferencia craneana^{2,3}. Como práctica común, el equipo de salud registra y analiza estos datos para evaluar el estado general de salud, adecuación nutricional y el patrón de crecimiento⁴. La medición precisa, temprana y seriada de estos parámetros es una práctica de salud pública esencial que permite identificar alteraciones médicas y nutricionales subyacentes, ya que pesquisan en forma objetiva la desnutrición, obesidad y el retraso del crecimiento^{4,5}. A largo plazo, las condiciones de malnutrición tanto por déficit como por exceso, pueden tener consecuencias físicas, educacionales y económicas afectando a los propios niños, sus familias y comunidades^{6,7}.

Antes de la década de 1960, Chile presentaba un alto índice de mortalidad infantil. Entre 1960 y 2002, esta tasa se redujo de 120 a 9,5 por mil, un logro atribuido principalmente a la disminución de la desnutrición infantil de 37 a 2,9%⁸. Si bien actualmente la desnutrición en la población pediátrica nacional alcanza solo el 1,5%⁹, la prevalencia de malnutrición por déficit (riesgo de desnutrición y desnutrición) aumenta significativamente a nivel hospitalario. Según literatura nacional e internacional, la malnutrición alcanza pre-

valencias de 11-28% y de 6-51% respectivamente¹⁰⁻¹². Por su parte, el compromiso de longitud/talla también aumenta de un 2,6% a nivel nacional, a 12,9-21,7% a nivel hospitalario^{10,11}. Para ambos parámetros, la población de menores de un año es especialmente vulnerable.

En las unidades de neonatología ingresan recién nacidos de término (37-41 semanas de edad gestacional) y de pretérmino (23-36 semanas de edad gestacional) con patologías médicas y/o quirúrgicas, cumpliendo estadias hospitalarias que pueden extenderse hasta 4 meses o más. La malnutrición por déficit en este escenario puede tener diversos efectos adversos como retraso en el desarrollo, déficit intelectual, mayor riesgo de contraer infecciones, mayor tiempo en ventilación mecánica, prolongación de la estadia hospitalaria en cuidados intensivos asociado a aumento de los costos en salud y finalmente aumento de la mortalidad¹³⁻¹⁵. En el caso de pacientes con malformaciones mayores o prematuridad, se requiere de una nutrición personalizada que debe ser objetivada a través de los parámetros antropométricos^{2,16}. La medición antropométrica precisa y seriada, al momento de la admisión y luego semanalmente es clave para optimizar las indicaciones de tratamiento y los resultados nutricionales para todos los casos^{17,18}.

Para apoyar y optimizar este proceso, se requiere de la innovación y mejora continua de los instrumentos de medición. En la actualidad, se ha avanzado introdu-

ciendo tecnología para favorecer la medición eficiente y precisa del peso, por ejemplo, a través de balanzas digitales. Sin embargo, este avance no ha sido el mismo para la medición de longitud neonatal, la cual continúa realizándose mayormente con instrumentos análogos. Neale et al. revisaron instrumentos portables para la medición de crecimiento disponibles en el mercado, identificando solo 16 instrumentos, mayormente de tipo estadímetro y diámetro óseo¹⁹. Los autores concluyen que existe un vacío, y que los instrumentos disponibles carecen de un diseño amigable y de funciones para el registro automatizado de datos y su transferencia a una base de datos central. Adicionalmente, en unidades de neonatología se suma el tiempo escaso para la realización de la medición, y la falta de un segundo operador disponible para el procedimiento. Estas condiciones afectan la precisión y confiabilidad de la medición, por lo que con frecuencia suele ignorarse^{18,20-22}, dificultando el análisis nutricional, especialmente para neonatos en estado crítico.

El objetivo del artículo es revisar antecedentes sobre la relevancia y particularidades de la medición de longitud en unidades de neonatología, y realizar una revisión crítica del estado del arte de los sistemas de medición disponibles actualmente en el mercado, identificando ventajas y limitaciones para su uso efectivo en unidades de neonatología, así como oportunidades y consideraciones para la innovación tecnológica en esta área.

Medición de longitud neonatal

La medición de longitud (posición decúbito supino) se determina desde el nacimiento hasta los 2 años de edad y posterior a esta se utiliza la talla (posición bipedestación). Es una de las medidas que mejor expresa el bienestar de los neonatos en cuidados intensivos²¹. Este parámetro es relevante al nacer para establecer una línea base de crecimiento posnatal y posteriormente para evaluar si el aumento de peso favorece el

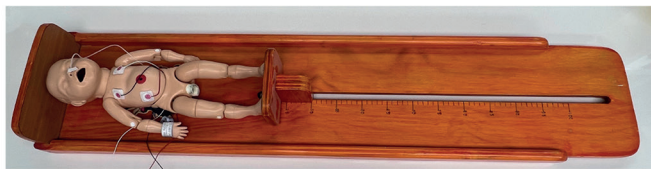
aumento en longitud^{21,23}. Una pequeña variación en las mediciones puede afectar el curso de los tratamientos, al ubicar al neonato en un carril de crecimiento equivocado y determinar un diagnóstico nutricional incorrecto^{24,25}.

El proceso asociado a la medición antropométrica consta de tres etapas principales: medición, registro, y análisis de los datos. Para la medición de longitud en neonatos, el instrumento *gold standard* utilizado se denomina *estadímetro*, *infantómetro*, *tallímetro*, o *podómetro*, los cuales pueden encontrarse mayormente en modelo tradicional (figura 1a) o en el modelo tipo “diámetro óseo” (figura 1b). Estos instrumentos son los más utilizados en unidades de neonatología, pese a ser generalmente pesados y difíciles de transportar, y que no se pueden introducir en incubadoras/cunas neonatales, limitando su uso para pacientes críticos.

El uso del instrumento de medición se complementa con la técnica para posicionar al neonato. De acuerdo a las normas Minsal, para la medición de longitud es necesario mantener al paciente “en posición decúbito supino (acostado) con el cuerpo alineado y quedar totalmente paralelo al infantómetro, con el vértice de su cabeza tocando el extremo fijo, las extremidades extendidas y ambos pies tocando el extremo móvil del infantómetro, el cual debe formar un ángulo de 90°”²⁶. Al respecto, algunos autores han propuesto aplicar la técnica de medición con extensión de una sola extremidad, de forma de disminuir el discomfort del neonato sin afectar la precisión de la medición^{27,28}.

Tanto el instrumento como la técnica de medición son relevantes para una medición precisa. Para ejemplificar, considerando una calificación nutricional basada sólo en el índice antropométrico peso para la longitud (P/L), una paciente de 1 mes de edad con un peso de 4 kg y 54 cm de longitud, y un índice P/L de -0,8 desviaciones estándar, se clasifica en eutrofia. Si se midiera erróneamente con 55 cm, esto cambia a riesgo de desnutrición por un P/L de -1,45 DE; y con 56 cm a desnutrición P/L de -2,1 DE, lo cual requeriría una estrategia nutricional diferente (figura 2).

1a. Estadímetro Tradicional



1b. Estadímetro Diámetro Óseo



Figura 1. Instrumento *gold standard* denominado *estadímetro*, *infantómetro*, *tallímetro*, o *podómetro*, los cuales pueden encontrarse mayormente en modelo tradicional (1a) o en el modelo tipo “diámetro óseo” (1b).

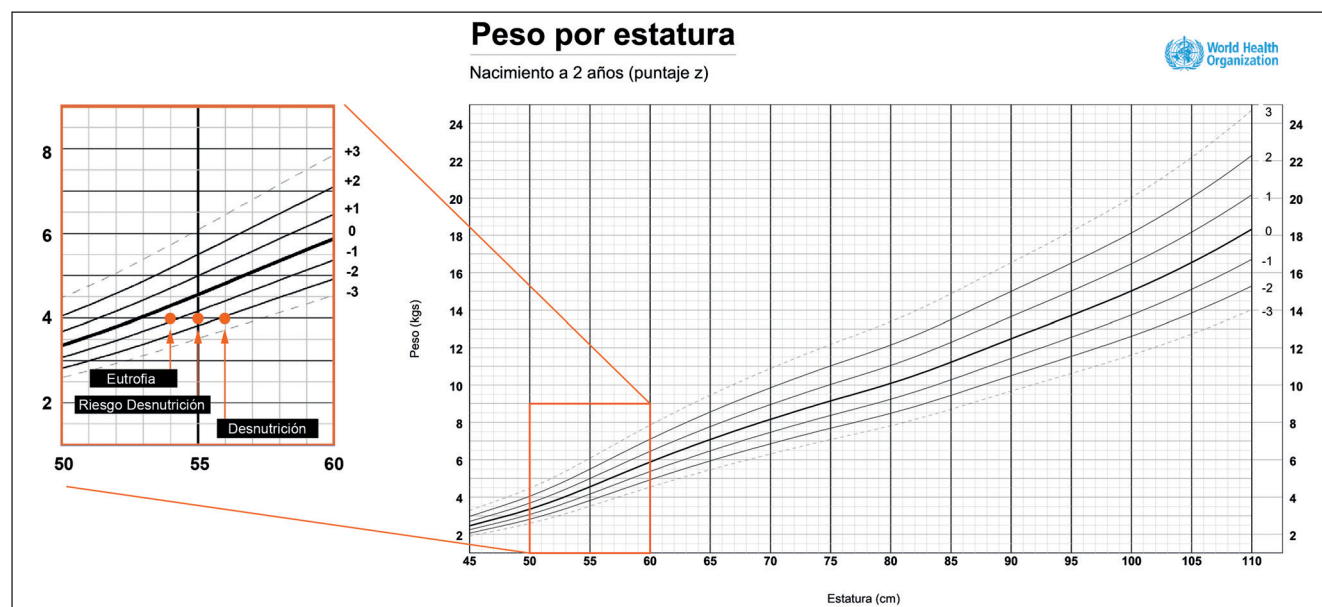


Figura 2. Simulación de la clasificación nutricional al modificar la medición de la longitud en el índice peso para la talla.

En cuanto al registro y análisis de los datos, en la realidad nacional, las autoras han observado que se realiza mayormente de forma manual. El personal de salud que realiza la medición se encarga de registrar los datos a través de un proceso engorroso; primero en papel y luego se transcribe a las fichas clínicas físicas o en algunos casos electrónicas. Posteriormente, el equipo médico tratante revisa y analiza los datos, se obtienen puntajes z y percentiles, los cuales se contrastan con las curvas de crecimiento más utilizadas (p.ej., OMS 2006⁴, Intergrowth²⁹ y Fenton³⁰). En algunos casos, se ha visto que el equipo profesional tratante desarrolla planillas Excel donde pueden ingresarse los datos del paciente para calcular los datos relevantes.

Desafíos de la medición de longitud neonatal

Aun considerando disponibilidad de los instrumentos *gold standard* y una técnica de medición estandarizada, en la práctica clínica, las mediciones de longitud neonatal con frecuencia son imprecisas^{18,20-22}. Se ha identificado que las fuentes de error pueden ser diversas, incluyendo la falta de comprensión de la importancia de esta medición, la percepción de dificultad de la medición, el diseño del instrumento utilizado, la técnica aplicada, el movimiento de los infantes, el posicionar de forma imprecisa su cuerpo contra el dispositivo, la lectura incorrecta de la cifra por la visualización en ángulo, la dificultad de leer las medidas en condiciones adversas, el registro manual de los datos que aumenta la posibilidad de cometer errores de

transcripción, entre otros^{5,18,22,25,31,32}. A esto se suman condiciones específicas de las unidades de neonatología, donde existe escaso tiempo para realizar las mediciones dada la gravedad de los pacientes, la falta de un segundo operador disponible para el procedimiento, la labilidad clínica de los pacientes y las conexiones a dispositivos de ventilación, oxígeno o monitorización cardiorrespiratoria. Además, para pacientes en cuidados intensivos con frecuencia se requiere realizar la medición dentro de la incubadora, en la que gran parte de los instrumentos de medición de tipo estadímetro no pueden introducirse debido a su tamaño, por lo que con frecuencia se utiliza instrumentos que no están diseñados para tomar la medición de longitud en neonatos (p.ej., cintas métricas o segmómetros, figura 3).

Por otro lado, investigadores han explorado el impacto de la medición en el confort y niveles de estrés de los neonatos. Pereira da Silva et al. estudiaron el desconfort que causa la medición a los neonatos, con una y con ambas extremidades inferiores extendidas, analizando el Sistema de Código Facial Neonatal, identificando que la medición en términos generales ocasiona estrés, y que el desconfort es significativamente mayor al realizar el procedimiento con ambas extremidades inferiores extendidas²⁷. En esta línea, Van Gils et al. realizaron una revisión de literatura sobre técnicas de medición libres de estrés, es decir, que requieren el mínimo contacto entre paciente e instrumento¹⁶. De 26 estudios utilizando soluciones de captura de imagen y modelos 3D, encontraron solo tres para medición de longitud neonatal, demostrando la escasa diversidad de soluciones¹⁶.

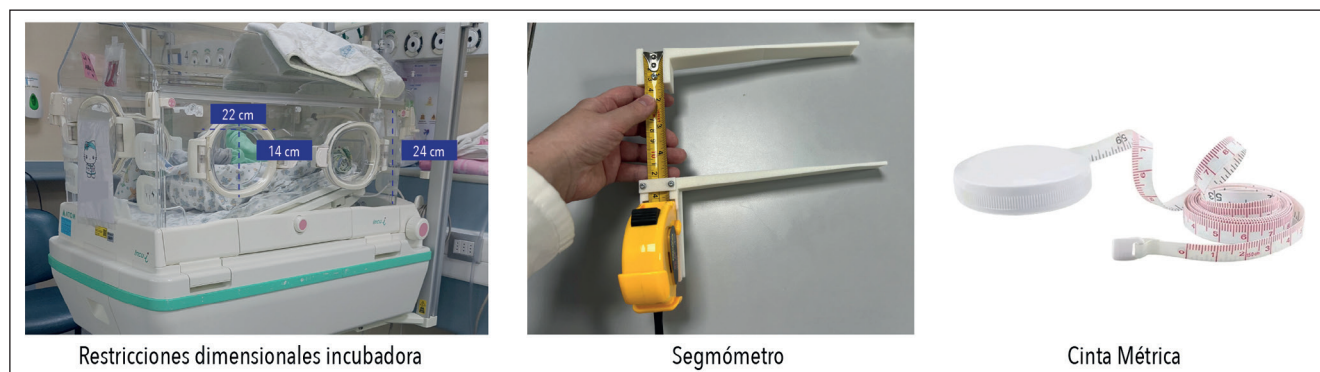


Figura 3. Instrumentos de medición utilizados dentro de las incubadoras.

Perfil de producto UNICEF

Dadas las limitaciones de los instrumentos de medición para su uso en escenarios reales, el año 2017, la UNICEF entregó una definición de perfil de producto detallado para orientar el desarrollo de dispositivos de medición de longitud/talla pediátrica³³. Este perfil de producto considera una serie de requerimientos, incluyendo criterios de desempeño, interacción, y comercialización, indicando condiciones mínimas e ideales para cada uno. Entre estos requerimientos destaca la definición de una precisión mínima del instrumento de ± 3 milímetros, e ideal de ± 1 milímetro, la necesidad de incorporar un pantalla digital para la visualización de datos, capacidad para almacenar y transferir datos, y el requerimiento ideal de realizar la medición por un solo operador.

En base a este perfil, los investigadores Soller et al. realizaron una revisión de instrumentos disponibles en el mercado³². Identificaron 12 dispositivos que lograban cumplir en promedio solo con 10 de los 34 criterios UNICEF, concluyendo que hasta la fecha no se cuenta con un dispositivo capaz de satisfacer los requerimientos de precisión y confiabilidad definidos, así como requerimientos funcionales y de interacción incluyendo que sea lavable, desmontable, digital, y fácil de usar.

Estado del arte en instrumentos de medición de longitud neonatal

En el mercado es posible encontrar 4 tipos de instrumento para medición de longitud neonatal: estadímetro tradicional, estadímetro tipo diámetro óseo, instrumentos de medición en base a imágenes, e instrumentos de medición basados en ondas (láser y ultrasonido). De forma complementaria a la toma de la medición, existen plataformas digitales para apoyar el análisis de los datos antropométricos, lo cual es un

proceso esencial para determinar el estado nutricional y el tratamiento de los pacientes en unidades de neonatología. A continuación se detallan las ventajas y limitaciones de estos instrumentos para su uso en unidades de neonatología (figura 4).

a) Estadímetro Tradicional

Los estadímetros tradicionales poseen una base y dos piezas perpendiculares, una fija y una móvil, las cuales funcionan como planos de referencia para la medición (figura 4a). Este modelo tiene la ventaja de ser ampliamente utilizado y considerarse el instrumento *gold standard* para mediciones de longitud. Existen diversos modelos en el mercado que han incorporado algunas funciones para facilitar su uso, como por ejemplo, el *ShorrBoard*, construido en madera, posee autobloqueo para la pieza deslizante; el *ADE MZ10040*, es transportable, posee una regla de medición grabada en láser, es agradable al tacto y de fácil limpieza; *Seca 417*, es plegable para facilitar el transporte; *Seca 210*, reemplaza la plataforma rígida por una lámina enrollable, liviana, suave, y lavable. El modelo *Senssun*, que incluye balanza y tallímetro, avanza los modelos anteriores introduciendo componentes tecnológicos como pantalla digital LCD, funciones “Hold” y “Tara”, traspaso de datos vía bluetooth a una aplicación móvil con capacidad de almacenamiento de 8 perfiles. Para unidades de neonatología, el estadímetro tradicional posee limitaciones fundamentales por su tamaño, el cual impide su uso en pacientes en incubadora; por la necesidad de trasladar al paciente desde su cuna al instrumento, lo que puede resultar un procedimiento delicado con pacientes clínicamente lábiles, con conexión a ventilación mecánica o monitorización cardiopulmonar; por la dificultad de manipular el dispositivo por una persona mientras se posiciona al paciente; y la frecuente falta de monitor digital para indicar la medición, junto con la carencia de un sistema de registro automático de los datos, evitando posibles errores de transcripción.

(a) Estadímetro Tradicional	(b) Estadímetro diámetro óseo	(c) Dispositivos en base a Imágenes	(d) Dispositivos en base a ondas
 <p>ShorrBoard</p>  <p>ADE MZ10040</p>  <p>Seca 416</p>  <p>Seca 210</p>  <p>Senssun balanza+tallímetro</p>	 <p>Seca 207</p>  <p>Kern MSB80</p>  <p>Charder HM80M</p>  <p>Avanutri</p>  <p>Seca 232n</p>  <p>Seca 333i</p>	 <p>Babymeter</p>  <p>Scanify - FUEL 3D</p>  <p>AutoAnthro</p>  <p>PePa</p>	 <p>Leica Disto DS2</p>  <p>One Grows</p>  <p>Tallímetro Camry</p>  <p>Tallímetro Avanutri</p>

Figura 4. Estado del arte en instrumentos de medición de longitud neonatal.

b) Estadímetro tipo diámetro óseo

Este modelo, consta de un eje milimetrado, y dos piezas de referencia, una fija y una móvil para ajustar la medición (figura 4b). Tal como en el caso anterior, existen diversas versiones en el mercado, por ejemplo, el modelo *Seca 207*, el *Kern (MSB 80, MSC100, MLM)*, y el *Charder (HM80M)*. El modelo portátil *Avanutri* avanza las versiones anteriores al ser desmontable para facilitar guardado y transporte, integrando planos de referencia de mayor tamaño, y al presentar un diseño visual más amigable para los niños. Además, el mercado ofrece modelos que incluyen una pantalla digital para la visualización de los datos, como los modelos

Detecto DLM, *Davi & Cia AC2080M*, *Soehnle 5005*, y *Charder HM80D*, los cuales permiten una medición mínima de 35 cm. Finalmente, algunos modelos de estadímetro tipo diámetro óseo se integran a una balanza, como es el caso del modelo *Seca 232n* (análogo) y *Seca 234* (digital). En estos casos tampoco es posible su uso en incubadoras, el modelo con pantalla digital no permite medir prematuros de longitud menor a 35 cm, y, tal como ocurre con el estadímetro tradicional, su manipulación, mientras se intenta posicionar al paciente simultáneamente, resulta complicada y puede afectar la precisión de la medición. El modelo *Seca 333i* posee la misma configuración y limitaciones mencio-

nadas previamente, además de un alto costo y escasa disponibilidad en nuestro país. Sin embargo, posee la ventaja de integrar un dispositivo de lectura de código de barras para identificar al paciente, y permitir transferir los datos a sistemas de expediente médico electrónicos.

c) Tecnología de medición basada en imágenes

En este grupo se incluyen sistemas basados en visión estereoscópica y scanner 3d (figura 4c). Como ejemplos, *Babymeter* es una app gratuita para medir la longitud de neonatos en incubadoras basada en el uso de dos cámaras instaladas en la incubadora y visión estereoscópica, como fue propuesto y validado en el estudio de Sokolover et al.³⁴. *Scanify* de *Fuel3D* es un escáner portátil, también basado en fotografías estereoscópicas, comúnmente utilizado para escanear distintos elementos, como objetos y rostros humanos. Este dispositivo presenta posibles limitaciones para su uso en unidades de neonatología debido al movimiento del neonato que podría afectar la medición, y que la distancia mínima para la toma de imágenes de 35 cm, la cual podría dificultar su uso en incubadoras. Andrews et al. utilizaron el dispositivo para la medición de longitud y circunferencia craneana en neonatos de pretérmino, identificando que existe una correlación alta entre la medición *gold standard* y el escáner, pero que aún necesita mejorar su precisión para uso clínico³⁵. *AutoAnthro* es un sistema móvil para el registro de imágenes 3D de cuerpo completo. Conkle et al. realizaron un estudio aplicando esta tecnología para la medición de estatura en niños, en el cual especialistas en antropometría consideraron que el instrumento fue difícil de aplicar en niños que no cooperan, debido a que su movimiento puede afectar el registro³⁶. Finalmente, *PePA - Pediatric Platform for Anthropometry*, funciona a partir de imágenes de profundidad, rayos infrarrojos y modelamiento 3D. Posee un gran tamaño y requiere trasladar al neonato al equipo, al igual que el caso del estadímetro tradicional, lo que podría dificultar su utilización para la medición de pacientes en estado crítico. Si bien estas tecnologías tienen el potencial de disminuir el contacto con el neonato y por lo tanto su discomfort durante el proceso, estudios previos sugieren que la tecnología aún no está lista para uso clínico³⁵⁻³⁸, y que con frecuencia se requiere de una etapa de post-procesamiento de imágenes para determinar los puntos de referencia necesarios para la medición, lo que puede tomar tiempo y ser inviable para un escenario hospitalario¹⁶.

d) Instrumentos basados en ondas

En este grupo se encuentran dispositivos que actualmente miden distancia en escenarios diferentes, y que presentan potencial para su aplicación en la me-

dición de longitud neonatal (figura 4d). Entre ellos se encuentran los dispositivos de medición de distancia con tecnología láser, los cuales han sido utilizados en estudios para la medición de estatura. Por ejemplo, Mayol-Kreiser et al. y Bauman et al. utilizaron prototipos con distanciómetros láser disponibles en el mercado (*Bosch GLM40* y *Leica Disto D2* respectivamente) adosados a planos de referencia para posicionar sobre la cabeza y medir estatura^{39,40}. Si bien estos dispositivos han sido diseñados para dimensionar distancia en espacios y objetos, con los ajustes mencionados entregaron resultados positivos de precisión para la medición de estatura. Por otro lado, en el mercado se encuentran tallímetros para estatura basados en ondas ultrasonido. Como ejemplos, *One Grows* posee visualización digital de la medición y se conecta vía bluetooth a una aplicación móvil (*Tracking Growth Matters*). Huang et al. estudiaron su precisión en la medición de estatura de niños entre 2 y 5 años, con resultados positivos⁴¹. El modelo *Camry* es un dispositivo similar al anterior, pero no considera conexión con una aplicación móvil. Por su parte, el dispositivo *Avanutri* posee pantalla digital y mide estatura en un rango de medición entre 50 y 215 cm. Estos dispositivos poseen la ventaja de ser portables, ofrecer precisión, e integrar un monitor digital para la visualización de los datos. También resulta positiva la conexión bluetooth con una aplicación móvil de apoyo para la gestión del registro de datos, sin embargo, poseen capacidad de almacenamiento reducida, lo que genera una limitación importante para escenarios hospitalarios que atienden múltiples pacientes.

e) Plataformas de análisis de datos antropométricos

Una vez registrados los datos antropométricos del paciente, el equipo de salud necesita analizar esta información, usualmente contrastando con curvas de referencia. Con frecuencia, este proceso se realiza manualmente por el equipo tratante, sin embargo, en el mercado es posible encontrar plataformas digitales que calculan percentiles y puntajes z. Entre ellas se encuentra, *WHO Anthro Software 2006*⁴, la cual permite acceder a varias herramientas de análisis antropométrico en niños menores de 5 años (p. ej., *R "anthro"* y macro *STATA*). Esta plataforma solo incluye neonatos de término, excluyendo prematuros. *INTERGROWTH-21st*²⁹, permite evaluar el crecimiento postnatal de prematuros, a partir de la carga de bases de datos. No posee almacenamiento para el mismo paciente. *Fenton Preterm Growth Chart 2013*³⁰, es diseñada para realizar seguimiento del crecimiento solo de prematuros. *PediTools*, es una plataforma online gratuita utilizada en más de 20 países, la cual incluye las tablas de crecimiento de Fenton y WHO entre otras, pero no permite el almacenamiento de datos para lograr el segui-

to. *My Growth Charts* es una plataforma digital *web* y móvil que ofrece gráficos de crecimiento infantiles detallados, incluyendo para neonatos prematuros. Permite la integración de registros médicos electrónicos y portales de pacientes. Su limitación es el registro manual a través de un dispositivo móvil. Finalmente, *GrowthXP* es un software de análisis del crecimiento que se integra a distintos tipos de registro de salud para analizar los datos y realizar seguimiento. Posee una colección de cartas de crecimiento, incluye bases de datos de más de 60 países y considera aspectos de seguridad y privacidad de los datos. Las ventajas que presentan estas plataformas para su uso en unidades de neonatología son el análisis de datos neonatales de término y pretérmino (percentiles y puntajes *z*), y en algunos casos la interoperabilidad para conectarse con registros médicos electrónicos de los centros de salud. Por otro lado, es necesario considerar la selección de plataformas que permitan analizar datos de neonatos prematuros, y que ofrezcan distintas bases de referencia (p. ej., OMS 2006⁴, Intergrowth²⁹ y Fenton³⁰). En términos generales, la limitación de estas plataformas para el escenario hospitalario es la necesidad de cargar los datos manualmente, y la carencia de un sistema de almacenamiento que permita hacer seguimiento a los pacientes, idealmente de forma integrada a las fichas médicas electrónicas.

En resumen, los dispositivos disponibles en el mercado presentan limitaciones y dificultades para la medición de longitud precisa y sin errores en unidades de neonatología, afectando su confiabilidad. Por otro lado, las plataformas digitales disponibles para el análisis de la información mayormente no permiten el almacenamiento de los datos para el seguimiento de los pacientes, sin embargo, ofrecen funcionalidades de utilidad, como el cálculo de los puntajes *z* y percentiles. La situación actual del mercado abre la oportunidad de innovar en esta área avanzando la tecnología de estos dispositivos, lo cual ha sido identificado por UNICEF a través de su perfil de producto³³.

Innovación e interdisciplina para el desarrollo de dispositivos médicos

Dada la complejidad asociada al diseño de dispositivos médicos, un abordaje interdisciplinario al problema resulta esencial. La interdisciplina se define como la integración de diversas disciplinas para el desarrollo de una actividad⁴². En este caso, para un resultado exitoso se requiere integrar la experiencia del personal de salud en unidades de neonatología, con los procesos metodológicos y conocimiento específico de disciplinas como Diseño, Ergonomía/Factores Humanos e Ingeniería.

En particular, metodologías del Diseño Centrado en las Personas como “Design Thinking”, permiten integrar la voz de los usuarios en el desarrollo proyectual, a través de ciclos iterativos de cinco etapas: “empatía, definición, ideación, prototipado, evaluación”^{43,44}. Esta metodología ha sido reconocida y ampliamente utilizada en proyectos de innovación en Salud^{45,46}. Por otro lado, la Ergonomía/Factores Humanos, entrega conocimiento científico sobre las capacidades y limitaciones humanas asociadas al diseño de sistemas⁴⁷⁻⁴⁹. Saidi et al. identificaron que las aproximaciones de Design Thinking y la Ergonomía/Factores Humanos, son complementarias y necesarias para mejorar la usabilidad de dispositivos médicos, lo cual es relevante para la facilidad de uso y seguridad de su diseño de acuerdo a estándares internacionales⁵⁰.

Considerando esta aproximación metodológica, un primer paso hacia el desarrollo de una solución que facilite la medición precisa y eficiente de la longitud neonatal, incluye el levantamiento de apreciaciones del personal de salud involucrado, tanto sobre la medición de neonatos como el uso posterior de los datos. Asimismo, la observación del procedimiento en terreno es clave para identificar problemáticas y aspectos positivos durante la medición con dispositivos disponibles. Este acercamiento permitiría definir requerimientos específicos, complementarios a aquellos establecidos por UNICEF³³, para sentar las bases de un nuevo sistema de medición capaz de responder a las necesidades de sus usuarios, incluyendo personal de salud y neonatos, y del contexto.

De forma complementaria, la revisión y cumplimiento de estándares internacionales son necesarios para la potencial transferencia y escalamiento de estos productos en el mercado. En el caso de dispositivos médicos, algunos estándares relevantes son la norma ISO 13485 “Medical devices-Quality management systems-Requirements for regulatory purposes”, la cual aborda aspectos de diseño, producción, instalación y servicio asociado a dispositivos médicos. La norma IEC 60601-1 “Basic Performance and Safety Requirements”, se enfoca en la operación segura de dispositivos eléctricos, incluyendo aspectos de seguridad y usabilidad en el apartado 60601-1-6. Este tema también es considerado en IEC/TR 62366-2:2016 “Medical devices. Part 2: Guidance on the application of usability engineering to medical devices”. En complemento, la norma ANSI/AAMI HE74:2001 “Human Factors Design Process for Medical Devices” y ANSI/AAMI HE75:2009 “Human Factors Engineering - Design of Medical Devices” proveen orientación sobre la aplicación de principios de la ergonomía y factores humanos en el diseño del dispositivo para alcanzar niveles óptimos de seguridad, desempeño del sistema, y eficiencia del operador.

El cumplimiento de estos estándares es fundamen-

tal para la comercialización y escalamiento en distintos mercados, al facilitar la aprobación por parte de estamentos regulatorios, como por ejemplo, el Instituto de Salud Pública en Chile, GMPALS en Australia, Device License para Canadá y Japón, el CE Class en la Unión Europea, y el FDA en Estados Unidos³³.

Así, la innovación en Salud requiere de un interés profundo en mejorar los servicios, tanto para los propios funcionarios como para los pacientes, a través del compromiso de colaboración entre profesionales de distintas disciplinas para introducir tecnologías que permitan alcanzar la eficiencia de los procesos, la calidad de la información, y los tratamientos adecuados para la pronta recuperación de los pacientes.

Conclusión

El trabajo interdisciplinario y la introducción de tecnologías son clave para el desarrollo de herramientas de apoyo a los servicios de salud. Para ello, el Diseño Centrado en las Personas es una aproximación valiosa, identificando necesidades y problemáticas de los usuarios

en su contexto, e integrando al proceso de desarrollo tanto usuarios finales como profesionales de distintas áreas. Para el desarrollo de un nuevo sistema de medición de longitud neonatal, esta aproximación permitiría levantar información crítica para definir requerimientos de diseño centrados en las personas, complementarios al perfil de producto UNICEF (2017). Estas metodologías pueden incluso ser integradas a la formación de los profesionales de salud, promoviendo el trabajo interdisciplinario y una visión crítica sobre los servicios provistos por los centros de salud, con el objetivo de facilitar la identificación de problemas y posibles oportunidades para innovar en el área.

Conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener conflicto de intereses.

Uso inteligencia artificial

Las autoras declaran haber utilizado ChatGPT 3.5 para traducción de abstract.

Referencias

- Casadei K, Kiel J. Anthropometric Measurement Contraindications. Statpearls Publishing. 2022;1-4. Disponible en <https://www.statpearls.com/point-of-care/17666>.
- Andrews ET, Ashton JJ, Pearson F, et al. Early postnatal growth failure in preterm infants is not inevitable. Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed. 2019;104(3):F235-41. doi: 10.1136/archdischild-2018-315082.
- Mehta NM, Skillman HE, Irving SY, et al. Guidelines for the Provision and Assessment of Nutrition Support Therapy in the Pediatric Critically Ill Patient: Society of Critical Care Medicine and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. J Parenter Enter Nutr. 2017;41(5):706-42. doi: 10.1177/0148607117711387.
- World Health Organization. WHO Child Growth Standards: Methods and development: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. 2006. Disponible en <https://www.who.int/publications/i/item/924154693X>
- UNICEF. Height/Length Measurement Devices Project. 2019;(November):44. Disponible en <https://www.unicef.org/supply/reports/heightlength-measurement-devices-project>
- WHO/UNICEF/WFP. Global nutrition targets 2025: wasting policy brief (WHO/NMH/NHD/14.8). Geneva World Heal Organ. 2014. Disponible en <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-NMH-NHD-14.8>
- WHO. Reducing stunting in children: equity considerations for achieving the Global Nutrition Targets 2025. Geneva World Heal Organ. 2018. Disponible en <https://www.who.int/publications/i/item/9789241513647>
- Mönckeberg BF. Prevención De La Desnutrición En Chile Experiencia Vivida Por Un Actor Y Espectador. Rev Chil Nutr. 2003;30:160-76. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182003000200010
- Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas. Mapa Nutricional: Informe Ejecutivo 2023. Disponible en <https://www.junaeb.cl/wp-content/uploads/2023/03/Mapa-Nutricional-Informe-Ejecutivo-2023.pdf>
- Velandia S, Hodgson MI, Le Roy C. Evaluación nutricional en niños hospitalizados en un Servicio de Pediatría. Rev Chil Pediatría 2016;87(5):359-65. doi: 10.1016/j.rchipe.2016.05.001.
- Oyarzún I, Clavería C, Larios G, et al. Recuperación nutricional post cirugía cardiaca en niños con cardiopatía congénita. Rev Chil Pediatría. 2018;89(1):24-31. doi: 10.4067/S0370-41062018000100024.
- Mehta NM, Corkins MR, Lyman B, et al. Defining Pediatric Malnutrition. J Parenter Enter Nutr. 2013;37(4):460-81. doi: 10.1177/0148607113479972.
- Bechard LJ, Duggan C, Touger-Decker R, et al. Nutritional Status Based on Body Mass Index Is Associated With Morbidity and Mortality in Mechanically Ventilated Critically Ill Children in the PICU. Crit Care Med. 2016;44(8):1530-7. doi: 10.1097/CCM.0000000000001713.
- de Souza Menezes F, Leite HP, Koch Nogueira PC. Malnutrition as an independent predictor of clinical outcome in critically ill children. Nutrition. 2012;28(3):267-70. doi: 10.1016/j.nut.2011.05.015.
- Hecht C, Weber M, Grote V, et al. Disease associated malnutrition correlates with length of hospital stay in children. Clin Nutr. 2015;34(1):53-9. doi: 10.1016/j.clnu.2014.01.003.
- van Gils RHJ, Wauben LSGL, Helder OK. Body size measuring techniques enabling stress-free growth monitoring of extreme preterm infants inside incubators: A systematic review. Bhattacharjee D, editor. PLoS One. 2022;17(4):e0267285. doi: 10.1371/journal.pone.0267285.
- Pace A, Zobel A, Gearman L, et al. Improving the rate of anthropometric measurements in the pediatric intensive care unit. Nutr Clin Pract. 2021;36(6):1276-83. doi: 10.1002/ncp.10659.
- Wood AJ, Raynes-Greenow CH, Carberry AE, et al. Neonatal length inaccuracies in clinical practice and related percentile discrepancies detected by a simple length-board. J Paediatr Child Health.

- 2013;49(3):199-203. doi: 10.1111/jpc.12119.
19. Neale G, Gaihre S, O'Gorman P, et al. Review of recent innovations in portable child growth measurement devices for use in low- and middle-income countries. *J Med Eng Technol.* 2021;45(8):642-55. doi: 10.1080/03091902.2021.1946181
20. Corkins MR, Lewis P, Cruse W, et al. Accuracy of Infant Admission Lengths. *Pediatrics.* 2002;109(6):1108-11. doi: 10.1542/peds.109.6.1108.
21. Gibson AT, Carney S, Wright NP, et al. Measurement and the Newborn Infant. *Horm Res Paediatr.* 2003;59(Suppl. 1):119-28. doi: 10.1159/000067838.
22. Johnson TS, Engstrom JL, Warda JA, et al. Reliability of Length Measurements in Full-Term Neonates. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs.* 1998;27(3):270-6. doi: 10.1111/j.1552-6909.1998.tb02649.x.
23. Laron Z. The diagnostic and prognostic importance of neonatal length measurements. *Isr Med Assoc J.* 2000;2(2):84-5. Disponible en <https://www.ima.org.il/Medicine/IMA/viewarticle.aspx?year=2000&month=02&page=84>
24. Pavageau L, Rosenfeld CR, Heyne R, et al. Valid serial length measurements in preterm infants permit characterization of growth patterns. *J Perinatol.* 2018;38(12):1694-701. doi: 10.1038/s41372-018-0242-4.
25. Virlee AH. Assessment of Preterm Infant Length Board Measurements in the Neonatal Intensive Care Unit. 2015;1-19. Disponible en <https://www.proquest.com/openview/f56000b7c253506411b534736508dcb7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
26. Santander Rigollet S, Leyton Cárdenas B, Romero Sepúlveda MI, et al. Capítulo 2: Componentes transversales y específicos de la supervisión de salud integral infantil. Norma Técnica para la Supervisión de Salud Integral de Niños y Niñas de 0 a 9 años en la APS. Ministerio de Salud. Segunda Edición. Actualización 2021;1-264. Disponible en <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2021/12/Capítulo-2-Web.pdf>
27. Pereira-Da-Silva L, Bergmans KIM, Van Kerkhoven LAS, et al. Reducing discomfort while measuring crown-heel length in neonates. *Acta Paediatr.* 2006;95(6):742-6. doi: 10.1111/j.1651-2227.2006.tb02325.x.
28. Prins I. Anthropometry in the newborn: a clinical review. *Pediatr Rev Commun.* 1995;8:15770.
29. Villar J, Giuliani F, Bhutta ZA, et al. Postnatal growth standards for preterm infants: the Preterm Postnatal Follow-up Study of the INTERGROWTH-21 st Project. *Lancet Glob Heal.* 2015;3(11):e681-91. doi: 10.1016/S2214-109X(15)00163-1.
30. Fenton TR, Kim JH. A systematic review and meta-analysis to revise the Fenton growth chart for preterm infants. *BMC Pediatr.* 2013;13(1):59. doi: 10.1186/1471-2431-13-59.
31. Lipman TH, Hench K, Benyi T, et al. A multicentre randomised controlled trial of an intervention to improve the accuracy of linear growth measurement. *Arch Dis Child.* 2004;89(4):342-6. doi: 10.1136/ad.2003.030072.
32. Soller T, Huang S, Horiuchi S, et al. Portable digital devices for paediatric height and length measurement: A scoping review and target product profile matching analysis. *Perumal N, editor. PLoS One.* 2023;18(7):e0288995. doi: 10.1371/journal.pone.0288995
33. UNICEF. UNICEF Target Product Profile Height /length Measurement Device(s). 2017;(October):1-7. Available from: https://www.unicef.org/supply/files/HMD_TPP_V2.0.pdf
34. Sokolover N, Phillip M, Sirota L, et al. A novel technique for infant length measurement based on stereoscopic vision. *Arch Dis Child.* 2014;99(7):625-8. doi: 10.1136/archdischild-2013-304291.
35. Andrews ET, Ashton JJ, Pearson F, et al. Handheld 3D scanning as a minimally invasive measuring technique for neonatal anthropometry. *Clin Nutr ESPEN.* 2019;33:279-82. doi: 10.1016/j.clnesp.2019.06.012.
36. Conkle J, Keirse K, Hughes A, et al. A collaborative, mixed-methods evaluation of a low-cost, handheld 3D imaging system for child anthropometry. *Matern Child Nutr.* 2019;15(2):e12686. doi: 10.1111/mcn.12686
37. Jefferds MED, Mei Z, Palmieri M, et al. Acceptability and Experiences with the Use of 3D Scans to Measure Anthropometry of Young Children in Surveys and Surveillance Systems from the Perspective of Field Teams and Caregivers. *Curr Dev Nutr.* 2022;6(6):nzac085. doi: 10.1093/cdn/nzac085.
38. Leidman E, Jatoi MA, Bollemeijer I, et al. Accuracy of Fully Automated 3D Imaging System for Child Anthropometry in a Low-Resource Setting: Effectiveness Evaluation in Malakal, South Sudan. *JMIR Biomed Eng.* 2022;7(2):e40066. doi: 10.2196/40066.
39. Mayol-Kreiser SN, Garcia-Turner VM, Johnston CS. Examining the utility of a laser device for measuring height in free-living adults and children. *Nutr J.* 2015;14(1):93. doi: 10.1186/s12937-015-0082-4
40. Bauman A, Ernst K, Hayden M, et al. Assessing Community Health: An Innovative Tool for Measuring Height and Length. *J Trop Pediatr.* 2018;64(2):146-50. doi: 10.1093/tropej/fmx046.
41. Huang S, Conkle J, Homer CSE, et al. Comparing the accuracy of an ultrasound height measurement device with a wooden measurement board among children aged 2-5 years in rural Lao People's Democratic Republic: A methods-comparison study. *Rahman S, editor. PLoS One [Internet].* 2023;18(11):e0289514. doi: 10.1371/journal.pone.0289514
42. Nissani M. Fruits, Salads, and Smoothies: A Working Definition of Interdisciplinarity on JSTOR. *J Educ Thought / Rev la Pensée Éducative [Internet].* 1995;29(2):121-8. Available from: https://www.jstor.org/stable/23767672?searchText=nissani&searchUri=%2Faction%2FdoBasicSearch%3FQuery%3Dnissani%26so%3Drel&ab_segments=0%2Fbasic_search_gsv%2%2Fcontrol&refreqid=fastly-default%3A60c96dd954f89bc64291fdde6240c8d4
43. Plattner H. Guía del proceso creativo. Mini guía: una introducción al DesignThinking+ Bootcamp bootleg. Universidad de Stanford. Inst Des Stanford. 2018; Available from: <http://dschool.stanford.edu/>
44. Pressman A. Design thinking: A guide to creative problem solving for everyone. New York: Routledge. 2018.
45. Ku B, Lupton E. Health design thinking: creating products and services for better health. Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum;2022.
46. Oliveira M, Zancul E, Fleury AL. Design thinking as an approach for innovation in healthcare: systematic review and research avenues. *BMJ Innov.* 2021;7(2):491-8. doi: 10.1136/bmjinnov-2020-000428.
47. Branaghan RJ. Human Factors in Medical Device Design. *Crit Care Nurs Clin North Am.* 2018;30(2):225-36. doi: 10.1016/j.cnc.2018.02.005.
48. Lee J, Wickens CD., Liu Y, et al. Designing for People: An introduction to human factors engineering. 3er ed. Scotts Valley: CreateSpace Independent Publishing Platform; 2017.
49. Weinger MB, Wiklund ME, Gardner-Bonneau DJ. Handbook of Human Factors in Medical Device Design. Boca Raton: CRC Press; 2010.
50. Saidi T, Mutswangwa CT, Douglas TS. Design Thinking as a Complement to Human Factors Engineering for Enhancing Medical Device Usability. *Eng Stud.* 2019;11(1):34-50. doi: 10.1080/19378629.2019.1567521