

MANEJO INTEGRAL DE LOS PACIENTES PEDIÁTRICOS EN UNIDADES DE COVID-19 MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MONITOREO REMOTO DE VARIABLES FISIOLÓGICAS DEL DOLOR: I-CARE

Verónica Miriam Guzmán Sandoval

*Encantada por el grito desgarrador
que descuartizó la noche,
la niña asomó desde la ventana
su cara pálida y redonda.
Y el hombre lobo cayó traspasado
por un rayo de aquella inocente luna.*

Rita Mazzocco

RESUMEN

En todo el mundo, una significativa cantidad de niños que enfermaron de COVID-19 experimentaron dolor, principalmente de garganta, cabeza, abdominal y de pecho, así como malestar general, entre otros síntomas. La complicación de los cuadros clínicos de COVID-19 se asoció a comorbilidad, nutrición, respuesta inmunitaria, etnia y vulnerabilidad social. Además, factores circundantes, como estrés, ansiedad y depresión, exacerbaron el dolor e impactaron en la calidad de vida de los pacientes pediátricos.

La International Association for the Study of Pain (IASP, 2020) ha puesto el énfasis en el dolor que experimentan los niños y su manejo integral, porque es una experiencia sensorial y emocional desagradable relacionada con daño tisular real o potencial y que en muchas ocasiones está influenciada por factores biológicos, psicológicos y sociales. Una manera

para expresar dolor es mediante la verbalización; sin embargo, el que un ser humano no pueda comunicarse no niega la posibilidad de que experimente dolor, al contrario de lo que se pensaba en la población infantil.

Durante la pandemia, la tecnología en las unidades de COVID-19 permitió monitorear en tiempo real parámetros fisiológicos del dolor, realizar biorretroalimentación y elaborar registros del dolor de los niños para compartirlos con el personal de salud y que este pudiera brindarles mejor atención. La aplicación i-CARE es un sistema de monitoreo remoto e inocuo de variables fisiológicas del dolor, enfocada en pacientes de 7 a 12 años. Fue diseñada para ser amigable, eficaz y no invasiva, pero capaz de cumplir con la evaluación y manejo del dolor, disminuyendo costos y tiempos de intervención.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, una significativa cantidad de niños ha experimentado dolor a causa de los síntomas de la COVID-19. La International Association for the Study of Pain (IASP, 2020) señala que es fundamental estudiar el dolor en niños, al cual define como una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con un daño tisular real o potencial que pondera las siguientes consideraciones:

- a) El dolor es influenciado por factores biológicos, psicológicos y sociales.
- b) El dolor y la nocicepción son fenómenos diferentes.
- c) Las personas aprenden el concepto de dolor a través de las experiencias de vida.
- d) Si una persona manifiesta una experiencia dolorosa, esta debe ser respetada.
- e) Aunque el dolor cumple usualmente una función adaptativa, puede tener efectos adversos sobre la funcionalidad y el bienestar social y psicológico.
- f) Una de las maneras para expresar dolor es mediante la descripción verbal; la incapacidad para comunicarse no niega la posibilidad de que un ser humano experimente dolor.

Las estructuras del sistema nervioso central que procesan el dolor durante la niñez se encuentran inmaduras; es decir, están en proceso de especialización y diferenciación, lo que hace que un estímulo doloroso se viva con mayor intensidad. A esto se suma la necesidad de un cuidador primario con determinadas habilidades para proveerlos de seguridad y calidez, además de atenderlos durante su estancia hospitalaria.¹ Cabe señalar que, en 2021, 1.5 millones de niños, niñas y adolescentes en la región de América y el Caribe enfermaron de COVID-19,² por lo que la necesidad de la atención en salud es fundamental, así como una mayor cantidad de estudios que garanticen la atención oportuna e integral de la niñez mexicana.

EL DOLOR Y LOS SÍNTOMAS EN LA COVID-19

Por lo general, los niños con COVID-19 suelen presentar síntomas de leves a moderados y, en muchos casos, son asintomáticos;² sin embargo, pueden llegar a desarrollar una enfermedad grave. En el estudio de Mishra y colaboradores,³ los síntomas de dolor más reportados en los niños son mialgia (10-40%), dolor de garganta (5-30%), de cabeza (14-40%) y abdominal (10%). Además, existen factores circundantes que exacerban el dolor como el estrés, la ansiedad y la depresión, producto de la pandemia o el efecto postpandemia, como pueden ser el deterioro de la vida diaria y la actividad física.⁴

De acuerdo con Patel, los síntomas más comunes que ocurren en la población pediátrica incluyen: tos, fiebre, malestar general, dolor de garganta, de cabeza, de pecho y abdominal, diarrea, vómito, cansancio, congestión nasal, ojos rojos y faringitis,⁵ mientras que, según Pascarella y colaboradores, la gravedad del cuadro clínico dependerá de la etnia, la edad, las comorbilidades (disnea, diabetes, hipertensión, enfermedades cardiovasculares) y la vulnerabilidad⁶ (Figura 1).



Figura 1. Síntomas y variables moduladoras del impacto de la de la COVID-19. Fuente: tomada de Guzmán-Sandoval et al., 2022.⁷

EL DOLOR Y SU IMPACTO EN EL SISTEMA SIMPÁTICO Y VARIABLES FISIOLÓGICAS

La actividad del sistema nervioso simpático aumenta con el dolor y otros eventos fisiológicos, entre ellos la frecuencia cardíaca, la cual es un parámetro no invasivo de amplia utilidad

en el análisis del dolor, debido a la liberación de adrenalina y noradrenalina,⁸ aunque también pueden usarse otros parámetros como la saturación de oxígeno.

TRATAMIENTO DEL DOLOR

TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO

El tratamiento farmacológico de la COVID-19 en niños se centra en antivirales, antiinflamatorios e inmunomoduladores, terapia celular y antioxidantes, entre otros.⁹ Aunque el tratamiento farmacológico del dolor se basa en medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y opiáceos de primer nivel como el tramadol, resulta fundamental aplicar las escalas analgésicas del dolor establecidas por la Organización Mundial de la Salud. Al respecto, Stephenson (2020)¹⁰ menciona que los opioides deben ser regulados y prescritos de manera secundaria a la opción de un manejo integral oportuno del dolor. Incorporar estrategias multidisciplinarias, como la música, la pedagogía o la psicología permite atender el dolor desde diferentes perspectivas para contrarrestar la parte subjetiva y la respuesta emocional, ya que en muchas ocasiones un fármaco no alcanza a cubrir todas las necesidades de los niños.

TRATAMIENTO PSICOTERAPÉUTICO

Las estrategias psicoterapéuticas más eficientes para el manejo del dolor se centran en la terapia cognitivo-conductual como hipnosis (imagería), relajación, psicoeducación, respiración diafragmática y control del pensamiento, entre otras. Estas estrategias son fundamentales para el manejo del dolor y deben ser administradas en conjunto para que puedan desarrollarse habilidades en los niños. El *biofeedback* es una técnica que permite al paciente entrar en contacto con aspectos específicos de su funcionamiento orgánico y su objetivo es fomentar habilidades en la persona para modificar parámetros fisiológicos.¹¹

Por su parte, Andrasik y colaboradores¹² definen al *biofeedback* como un proceso en el que la persona aprende la influencia fisiológica de respuestas involuntarias y respuestas voluntarias del sistema autónomo (SA) que son fáciles de manejar, pero que fueron activadas por un trauma o desastre en la vida de la persona. Una sesión típica de *biofeedback* incluye los siguientes pasos:

- 1) Colocación del sensor o interfaz y un periodo de adaptación para comenzar el registro.
- 2) Revisión de los datos, adaptación del paciente al sensor y verificar que la colocación sea la adecuada.
- 3) Línea base.
- 4) Autocontrol durante el cual el paciente encuentra una forma personal de autorregulación.
- 5) *Feedback* por 20-40 minutos ininterrumpidos.

- 6) Registro final del autocontrol.
- 7) Revisión del registro y tareas.

TRATAMIENTO DEL DOLOR MEDIANTE TIC Y TELEMEDICINA

El acompañamiento preventivo del dolor es fundamental y puede otorgarse mediante la telemedicina, ya que remueve las barreras en la atención de la salud mental, incorpora de manera sistemática todas las técnicas sugeridas en la atención emocional y promueve la atención multidisciplinaria en tiempo real.¹³⁻¹⁵ Con la telemedicina y el paradigma del internet de las cosas aplicado a la medicina (IoT, por sus siglas en inglés) puede reducirse la brecha de atención en la salud mental.

El IoT alude a un conjunto de dispositivos conectados entre sí con el fin de sistematizar datos de variables fisiológicas o clínicas de un paciente que son emitidas en tiempo real,¹⁶ y representa una posibilidad de atención en salud integral para niños en diversos cuadros clínicos, así como en su salud mental. La incorporación del IoT requiere identificar prioridades para la inversión en tecnología e investigación en salud digital, así como fortalecer el sistema de salud, incorporar a las organizaciones civiles y privadas, así como a la comunidad con el fin de trabajar, en conjunto, las metas del sector salud en los tiempos de la COVID-19, además de incorporar dispositivos digitales de emergencia para la atención de la salud mental.¹⁷

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE MONITOREO REMOTO PARA VARIABLES FISIOLÓGICAS DEL DOLOR EN NIÑOS

Con el propósito de sistematizar la evaluación y el manejo del dolor en un dispositivo móvil, se desarrolló una aplicación llamada i-CARE, un sistema de monitoreo remoto e inocuo de variables fisiológicas del dolor y enfocado a la población pediátrica de 7 a 12 años, mediante el uso de tecnologías emergentes. La aplicación fue diseñada para ser amigable, eficaz y no invasiva. El sistema está programado para funcionar bajo el sistema operativo móvil Android, con una versión mínima 4.0.3. La arquitectura i-CARE se basa en el paradigma IoT, caracterizado por el uso de un conjunto de sensores corporales muy pequeños para uso exclusivo en el área clínica y que pueden estar dentro o fuera del organismo, y cuenta con tres capas:

- 1) Capa de percepción: está compuesta por un conjunto de sensores que ayuda a obtener la información de las variables fisiológicas ya mencionadas; su función es comunicar la información entre los sensores y el dispositivo móvil de manera amigable e inocua.
- 2) Capa de red: especifica las diferentes tecnologías y protocolos utilizados para la transmisión de toda la información capturada por la capa de percepción.

3) Capa de presentación: es la responsable del procesamiento y visualización de la información a través de las diferentes plataformas utilizadas en i-CARE (tableta y PC) (**Figura 2**).

PLANOS DE I-CARE

El sistema i-CARE considera una serie de planos para un funcionamiento adecuado:

1) Plano de usuario: está conformado por las aplicaciones móviles requeridas por los pacientes, así como el conjunto de sensores responsables de recolectar la información de las variables fisiológicas. En este plano también se define el mecanismo de comunicación para la transmisión de dicha información al plano de almacenamiento, desde el cual todos los actores involucrados pueden consultar la información de cada paciente. Cada niño cuenta con un perfil de usuario, lo que permite registrar su historial clínico electrónico.

2) Plano de almacenamiento: es el responsable de almacenar la información recolectada y procesada por el primer plano. Para fines de uso hospitalario se plantearon dos propuestas: la primera consistió en un plano de almacenamiento intranet, en el que se usa un servidor dentro del hospital que contiene las diferentes bases de datos que conforman i-CARE, y la segunda propuesta fue el almacenamiento centrado en el paradigma *cloud* o “nube” del internet como un mecanismo para tener siempre disponible la información y en caso de que uno de los pacientes sea trasladado a otro hospital, su expediente clínico pueda ser consultado.



Figura 2. Arquitectura de i-CARE.

Fuente: elaboración del autor.

3) Plano de consulta: está conformado por una serie de aplicaciones que facilitan la consulta de la información a los diferentes actores que participan activamente en i-CARE. Se definió una serie de módulos para cada actor con el objetivo de mostrar la información relevante, dependiendo del perfil (**Figura 3**).

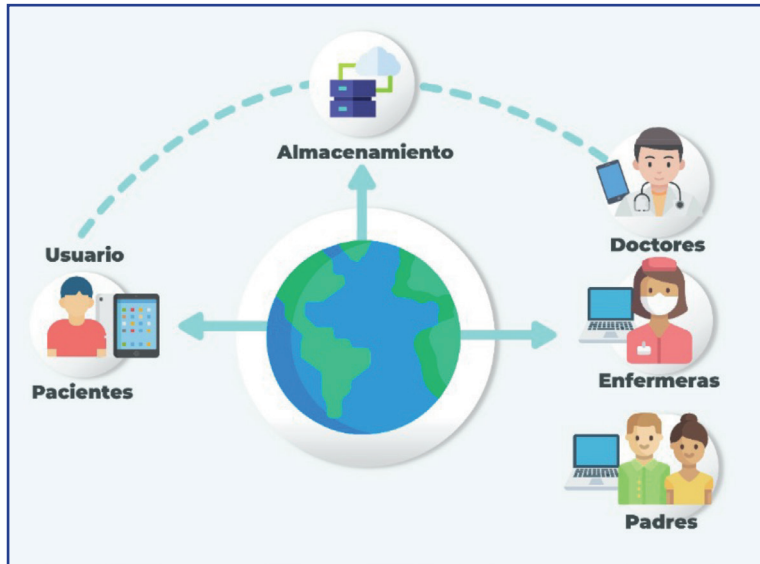


Figura 3. Planos de la aplicación de i-CARE.
Fuente: elaboración del autor.

FUNCIONAMIENTO DE I-CARE

El funcionamiento general de i-CARE comienza cuando se registra al usuario para monitorear sus diferentes variables fisiológicas. Dicha información se lee mediante los sensores instalados en el paciente y se grafican en tiempo real. Las variables fisiológicas que se monitorean en los niños son la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno. Estas variables fisiológicas son importantes, ya que mediante estas puede conocerse la capacidad de regulación del dolor que tiene el paciente, además de que permite definir una línea base y obtener correlaciones entre el dolor y la activación del sistema nervioso autónomo.

i-CARE es una aplicación pedagógica para entrenar a la población pediátrica en la regulación del dolor, porque emplea retroalimentación visual y auditiva en sus diferentes fases y aspectos lúdicos acordes a la edad de los niños. Cuando los niños se perciben capaces de cambiar los parámetros del dolor, aparece la autoeficacia, habilidad cognitiva-conductual

que promueve la búsqueda de soluciones y la adherencia terapéutica a tratamientos clínicos para afrontar la enfermedad. i-CARE tiene varias funciones para mejorar la intervención psicoterapéutica del dolor, el tiempo de evaluación y la sistematización de los datos:

Registro o búsqueda del paciente

El médico o enfermera accede al sistema i-CARE mediante un usuario y contraseña previamente establecidos. En la siguiente pantalla se le muestra al usuario las opciones para agregar un nuevo paciente o elegir uno previamente registrado. También se visualiza un botón de sincronización para la transferencia de datos. Para agregar un paciente, se le pide al usuario capturar los datos clínicos (número de expediente, nombre, edad, peso, diagnóstico) y anexar la posología del paciente (terapia farmacológica); posteriormente se realiza el registro de datos sociodemográficos en una pantalla alterna. Si el paciente estaba registrado previamente, aparece una lista para buscarlo por número de registro o nombre.

Fases de la aplicación

Fase 1. Línea base

Terminado el registro del usuario, aparece una lista con los dispositivos Bluetooth disponibles que fueron buscados automáticamente al iniciar la aplicación i-CARE. El usuario sólo debe seleccionar el oxímetro para establecer la conexión. Después aparece la Escala Visual Análoga del dolor (EVA), en la cual el paciente elige un elemento numérico del 0 al 10 para graduar su dolor y, luego, se inicia la transferencia de datos de frecuencia cardiaca y saturación de oxígeno, los cuales se visualizan en la pantalla de manera gráfica. El dato de la saturación de oxígeno aparece al lado de una imagen animada de un pulmón y el de la frecuencia cardiaca al lado de un corazón animado. De forma paralela, en la parte inferior de la pantalla se grafica cada uno de los datos obtenidos. Esta fase dura tres minutos y se detiene automáticamente.

Fase 2. Entrenamiento en relajación y biofeedback

Así como en la primera fase, en esta se muestran los datos obtenidos del oxímetro y los grafica en tiempo real; la diferencia radica en que esta fase tiene una duración de 10 minutos, con opción de detener la lectura en caso necesario. En esta fase, el terapeuta entrena al paciente en respiración diafragmática y emplea los parámetros fisiológicos para el *biofeedback*.

Fase 3. Entrenamiento en regulación del dolor

En esta fase se emplea una pantalla con imagen y sonido para realizar fantasía guiada por 10 minutos, con opción de detener la lectura en caso de que así se requiera.

Fase 4. Actividad lúdica

En esta fase aparecen dos pantallas con imágenes de una doctora y un doctor, de las que el niño puede elegir el personaje para jugar. Esta fase tiene la finalidad de crear un espacio

lúdico virtual y promover habilidades de atención, clasificación y autoeficacia en la población pediátrica. La actividad dura cinco minutos con opción de saltar entre actividades. Al finalizar se realiza un registro de la EVA y se evalúan los parámetros fisiológicos, pero sin aparecer en la pantalla para no interrumpir el juego.

Fase 5. Evaluación de variables

En esta fase se obtiene un resumen de los promedios de saturación de oxígeno, frecuencia cardiaca y EVA a lo largo de las actividades 1 a 4 y se realiza comparativo pretest y postest. También se contrasta la eficacia en la regulación del dolor entre la actividad de relajación y la lúdica (**Figura 4**).

Almacenamiento de datos

Los datos se guardan en tres archivos diferentes en formato Excel (.xls), uno de estos archivos contiene los datos del paciente, otro el identificador único del paciente y las lecturas del oxímetro en las cuatro fases, y el tercer archivo contiene los promedios de las lecturas en las fases 1 a 4. Se emplea un servidor FTP (*file transfer protocol*) para trasladarlos a la nube. Los datos son encriptados y enviados con una clave. La aplicación usa un sistema protegido de almacenamiento a una nube o una intranet, en caso de que el hospital cuente con una. Los datos se guardan en el dispositivo y, posteriormente, cuando se cuente con acceso a internet se envían a través a un servidor por medio de un botón que está en la pantalla de buscar o agregar un paciente con la leyenda “sincronizar”.



Figura 4. Entrenamiento en biofeedback.

Fuente: tomada de Jaramillo-Quintanar et al., 2020.¹⁸

CONCLUSIONES

Es urgente redefinir el concepto de salud mental y considerar que todos hemos sentido dolor en algún momento de nuestras vidas, ya sea físico, social o emocional y se requieren acciones multidisciplinarias que garanticen la calidad de vida de los más vulnerables, como son los niños de los centros hospitalarios, pues sus estructuras en el sistema nervioso central aún no han alcanzado la madurez y se encuentran en proceso de especialización y diferenciación; además, requieren de un cuidador y de su habilidad, ya que el dolor mal manejado prolonga los días de estancia, el sufrimiento y la complicación de un cuadro clínico, lo cual se traduce en costos al sector salud.

Durante la pandemia, el uso de la tecnología permitió proporcionar soporte emocional y continuar con las acciones de atención psicoterapéutica y del manejo del dolor mediante diversos dispositivos y metodologías como la telemedicina y el IoTM, que atenuaron las barreras de salud. Las aplicaciones hechas a la medida de las necesidades de los niños ayudan a lograr un manejo eficiente del dolor, a trabajar de manera multidisciplinaria y a acceder a una vida sin dolor desde una perspectiva integral.

AGRADECIMIENTOS

Esta aplicación fue creada con financiamiento de Estancias Nacionales Posdoctorales del Conacyt 2014-2016 y mejorada con el Fondo Federal PRODEP con clave UCOL-PTC-263 “Efecto del manejo psicológico del dolor a través de nuevas tecnologías y su correlato fisiológico. Estudio piloto” 2017-2019.

FUENTES CONSULTADAS

1. Guzmán-Sandoval VM, González-Pérez O. Dolor en el paciente pediátrico. En Guzmán-Sandoval VM (ed.), *Manejo integral del dolor. El alivio del dolor como un derecho humano*. Aguascalientes/San Luis Potosí: CE-NEJUS-UALSP, 2020:29-48.
2. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Los niños, niñas y adolescentes están profundamente afectados por la pandemia de COVID-19, afirma la directora de la OPS, 2021. Obtenido de <<https://www.paho.org/es/noticias/15-9-2021-ninos-ninas-adolescentes-estan-profundamente-afectados-por-pandemia-covid-19#:~:text=La%20doctora%20Etienne%20dijo%20que,m%C3%A1s%20de%201%2C9%20millones>>, consultado el 1 de diciembre de 2022.
3. Mishra P, Tomar A, Kumar A et al. Pain management in COVID-19 pediatric patients -an evidence-based review. *Saud J Anaesth*. 2021;15(1):33-39.
4. Richardson PA, Kundu A. Pain management in children during the COVID-19 pandemic. *Curr Anesthesiol Rep*. 2021;11(3):214-222.
5. Patel NA. Pediatric COVID-19: systematic review of the literature. *Am J Otolaryngol*. 2020;41(5):102573.
6. Pascarella G, Strumia A, Piliago C et al. COVID-19 diagnosis and management: a comprehensive review. *J Intern Med*. 2020;288(2):192-206.
7. Guzmán-Sandoval VM, Márquez-Cabellos NG. *Niñez confinada. Una mirada desde la salud y la educación*. Sonora: Qartuppi, 2022.
8. Porges SW. El tono vagal: un indicador fisiológico de la vulnerabilidad al estrés. *Pediatrics*. 1992;90(3):498-504.
9. Zhang T, He y, Xu W et al. Clinical trials for the treatment of coronavirus disease 2019 (COVID-19): a rapid response to urgent need. *Sci China Life Sci*. 2020;63(5):774-776.
10. Stephenson J. Drug overdose deaths head toward record number in 2020, CDC warns. *JAMA Health Forum*. 2020;1(10):e201318.

- 11.** Domínguez Trejo B, Olvera López Y, Cruz Martínez A, Cortés Sostre JF. Monitoreo no invasivo de la temperatura periférica bilateral en la evaluación y tratamiento psicológico. *Psicología y salud*. 2001;11(2):61-71.
- 12.** Andrasik F, Flor H. Biofeedback. En Breivik H, Campbell WI, Nicholas MK (eds.). *Clinical pain management. Practices and procedures*. 2a edición, Londres: Hodder Arnold, 2008:153-166.
- 13.** Tauben DJ, Langford DJ, Sturgeon JA et al. Optimizing telehealth pain care after COVID-19. *Pain*. 2020;161(11):2437-2445.
- 14.** Chen JA, Chung WJ, Young SK et al. COVID-19 and telepsychiatry: early outpatient experiences and implications for the future. *Gen Hosp Psychiatry*. 2020;66:89-95.
- 15.** Sharma A, Sasser T, Schoenfelder Gonzalez E et al. Implementation of home-based telemental health in a large child psychiatry department during the COVID-19 crisis. *J Child Adolesc Psychopharmacol*. 2020;30(7):404-413.
- 16.** García Michel E, Santana-Mancilla PC, Fajardo-Flores SB et al. An IoMT system for health monitoring in athletes. *Avances en Interacción Humano-Computadora*. 2020;5(1):62-67.
- 17.** Tullio V, Perrone G, Bilotta C et al. Psychological support and psychotherapy via digital devices in COVID-19 emergency time: some critical issues. *Med Leg J*. 2020;88(2):73-76.
- 18.** Jaramillo-Quintanar D, Cruz-Albarrán IA, Guzmán-Sandoval VM, Morales-Hernández LA. Smart sensor based on biofeedback to measure child relaxation in out-of-home care. *Sensors (Basel)*. 2020;20(15):4194.