

i-CARE: Sistema Basado en Tecnologías Emergentes para el Monitoreo Remoto de Variables Fisiológicas del Dolor en Oncología Pediátrica: Estudio Piloto

Antonio Guerrero-Ibáñez¹, Verónica Guzmán-Sandoval², Carlos Flores-Cortés¹, Benjamín Domínguez Trejo³, Rosa Martha Meda Lara⁴, Jorge Torres-Hernández²,

¹ Facultad de Telemática / Universidad de Colima, Av. Universidad #333, Colima, México.

² Facultad de Psicología / Universidad de Colima, Av. Universidad #333, Colima, México.

³ Facultad de Psicología / Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad #3000, D.F., México.

⁴ Departamento de Psicología básica / Universidad de Guadalajara, Sierra Nevada # 950, Guadalajara, México.

RESUMEN

Las enfermedades crónico degenerativas en la población pediátrica comprometen la salud física y emocional. Es necesario el uso de mecanismos no invasivos que permitan la recolección de variables fisiológicas en tiempo real sin ocasionar daños colaterales en los menores. Gran parte de estos procedimientos se realizan de forma manual lo que conlleva una gran inversión de tiempo. En este trabajo presentamos *i-CARE* un sistema basado en tecnologías emergentes para el monitoreo remoto de variables fisiológicas del dolor en oncología pediátrica.

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónico degenerativas, en especial el cáncer, comprometen la salud física y emocional de los infantes que las padecen. Una de las problemáticas frecuentes es el manejo del dolor crónico que genera dicha enfermedad.

Para la Psicología de la Salud, y particularmente para la Psicooncología, es relevante desarrollar investigaciones multidisciplinarias que propongan intervenciones alternativas para la atención de infantes y de esta forma aplicar estrategias clínicas que contribuyan a contrarrestar los efectos de la enfermedad. Desde hace tiempo se han implementado diversas estrategias psicológicas para

atenuar el impacto de la enfermedad; una de ellas es la psicopedagogía hospitalaria, que por años se ha usado en algunos países europeos con buenos resultados en la regulación de variables fisiológicas en los pacientes pediátricos [1].

Por lo general, dentro del ámbito hospitalario mexicano los procedimientos para la recolección de información de las variables fisiológicas relacionadas con el dolor suelen ser subjetivos e implican una inversión considerable de tiempo. Es necesario generar mecanismo que permitan solventar los problemas mencionados previamente.

Una alternativa de solución es la aplicación de las TICs para tratar de abatir los costos e incrementar la eficiencia del procedimiento clínico y ser lo menos invasivo posible. De esta forma proponemos *i-CARE*, un sistema basado en tecnologías emergentes para el monitoreo remoto de variables fisiológicas del dolor en pacientes de oncología pediátrica. El objetivo es hacer que el tiempo de registro y de aplicación, así como los problemas en la sistematización de la información clínica recabada pueda mejorar a través de la incorporación de las nuevas tecnologías [2].

Dicha propuesta tecnológica, puede permitir la enseñanza de la autorregulación

de variables fisiológicas, tales como temperatura periférica, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria de manera interactiva a los pacientes, además de crear, como proyecto complementario, espacios lúdicos y virtuales que permitan mejorar la calidad de vida de los pacientes. *i-CARE* es un sistema que puede ser sencillo, amigable y novedoso para la población pediátrica en México.

El resto del artículo está organizado de la siguientes manera. En la sección 2 se describe en forma general una serie de trabajos realizados en el área de la psicología que proponen soluciones a los problemas mencionados en el monitoreo del dolor. *i-CARE* es descrito en forma detallada en la sección 3. Finalmente, se da cierre al artículo con las conclusiones del trabajo.

2. ANTECEDENTES

Aunque existe una gran diversidad de estrategias psicológicas para el trabajo con niños hospitalizados (orientación, adecuación de los servicios de salud y psicología de enlace), como las presentadas en [3-4], existen también dificultades para sistematizar las estrategias más eficaces en la intervención de pacientes con enfermedades crónico-degenerativas; además de que algunos programas de atención psicoeducativa en el hospital son promovidos de manera aislada o derivan de la dedicación y preocupación de personas específicas [5].

A. Dolor en el paciente pediátrico

Aunque existen avances en el estudio del dolor en pacientes pediátricos, hoy en día es un tema complicado y poco conocido debido a que el abordaje terapéutico es más complejo en esta población que en la población adulta, lo cual conlleva un manejo inadecuado. El dolor es definido como la experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada al daño real o potencial de un tejido que se describe en términos de daño, y puede medirse a través de variables fisiológicas como frecuencia cardíaca y respiratoria, así como temperatura periférica [6]. En la población pediátrica hay múltiples factores que pueden influenciar la percepción del dolor, los más importantes son: la atención del personal, la infraestructura hospitalaria y los procedimientos médicos invasivos, entre

otros. Estas razones hacen que la tecnología médica sea una área importante para mitigar el dolor.

B. Uso de la retroalimentación biológica en el dolor crónico

La Retroalimentación Biológica (RAB) es una técnica que permite al paciente observar los cambios autonómicos, es decir las respuestas fisiológicas del dolor a través de la tecnología. El uso de la RAB emplea los principios del condicionamiento operante para enseñar al paciente a controlar las respuestas autonómicas del dolor, promover la autoeficacia y el afrontamiento de la enfermedad, así como la adherencia terapéutica [1]. De tal forma que la RAB se puede circunscribir en el ámbito del cómputo persuasivo.

C. Tecnologías emergentes

El uso de las tecnologías emergentes en la vida diaria es cada vez más común, inclusive para el ámbito hospitalario. En [7] expone las múltiples formas en que muchos aparatos pueden intervenir de manera positiva en la relación Médico-Paciente, y genera investigaciones que ofrecen la oportunidad de monitorear al paciente desde la comodidad de su cama, o de su propio hogar.

Las tecnologías emergentes han sido utilizadas para solventar problemas relacionados con la salud en diferentes países. En [8] se presenta *SapoFitness*, una aplicación móvil para la evaluación dietética de un paciente en la cual se registra la ingesta de comida y la actividad física del paciente. Los especialistas monitorean remotamente los hábitos alimenticios, y notifican los avances y nuevos hábitos a los pacientes.

En la referencia [9] los autores presentan una red de sensores que obtiene información de variables fisiológicas para control de diabetes. En [10] se presenta un dispositivo portátil para monitoreo de variables fisiológicas de pacientes con diabetes que proporciona conocimiento sobre los niveles nutricionales de la comida consumida.

Por otro lado, en [11] implementan una red de sensores y dispositivos móviles para detectar arritmias en niños mediante el monitoreo de señales ECG, temperatura, sonido y otros parámetros.

i-CARE tiene como base dos paradigmas tecnológicos emergentes. El primero es el paradigma Internet de las cosas (IoT – por sus siglas en inglés *Internet of Things*) el cual se refiere a una red de objetos cotidianos interconectados. Se puede decir que es un concepto computacional novedoso que describe la interconexión de los objetos físicos del día a través del Internet, de tal forma que serán capaces de identificarse entre ellos. *i-CARE* hace uso de la tecnología de WSN (*Wireless Sensor Networks*) que estará conformada por una serie de sensores interconectados como base de obtención de parámetros de las variables fisiológicas. El segundo es el paradigma de cómputo persuasivo, el cual consiste en el uso de la tecnología para influenciar o persuadir el comportamiento y sentimientos de los pacientes.

i-Care define mecanismos para implementar las tecnologías basadas en IoT para la captura de los datos de las variables fisiológicas y el uso de aplicaciones para persuadir o influenciar el comportamiento del paciente para el control de dolor.

3. SISTEMA *i-CARE*

El objetivo general de este proyecto es diseñar a manera de estudio piloto, un sistema basado en las tecnologías emergentes para el monitoreo de variables fisiológicas que favorezcan la medición del dolor en pacientes pediátricos con enfermedades oncológicas.

A nivel psicopedagógico se tienen dos objetivos específicos. El primero es educar a infantes hospitalizados en el monitoreo de la frecuencia cardiaca y respiratoria, así como la temperatura periférica a través de un dispositivo móvil. El segundo objetivo es educar a los niños en la RAB y la Escala Análoga Visual (EVA) del dolor. *i-CARE* captura las variables fisiológicas del dolor en el paciente sin que éste se sienta invadido por la presencia de personal hospitalario.

A. Arquitectura *i-CARE*

IoT proporcionar las características más importantes a *i-CARE*. La arquitectura de *i-CARE* se basa en las tres capas que se definen en IoT [12], las cuales son: percepción, red y aplicación. Una representación de *i-CARE* en la arquitectura IoT se muestra en la figura 1.



Figura 1. Arquitectura IoT de *i-CARE*.

La capa de percepción está basada en el conjunto de sensores que recolectan la información de las variables fisiológicas, además de la comunicación entre los diferentes dispositivos móviles.

La capa de red especifica las diferentes tecnologías y protocolos utilizados para la transmisión de toda la información capturada por la capa de percepción. *i-Care* hace uso de tecnologías *bluetooth*, *WiFi* y *3G* para el intercambio de información.

Finalmente la capa de aplicación es la responsable del procesamiento y visualización de la información a través de las diferentes plataformas utilizadas en *i-CARE* (PC, smartphones, tablets, entre otros).

B. Diseño de *i-CARE*

La figura 2 presenta el comportamiento general de nuestro sistema *i-CARE*. El sistema considera una serie de planos relevantes para su funcionamiento adecuado.



Figura 2. Planos de *i-CARE*.

El *plano del usuario* está conformado por las aplicaciones móviles requeridas por los pacientes y el conjunto de sensores

responsable de recolectar la información de las variables fisiológicas. En este plano también se define el mecanismo de comunicación para el intercambio de información al plano de almacenamiento, desde el cual, todos los actores involucrados (doctores, padres y enfermeras) pueden consultar la información almacenada de cada uno de los pacientes. Las aplicaciones propuestas en *i-CARE* son adecuadas para los infantes porque generan una serie de actividades recreativas que ayudan a regular sus variables fisiológicas. En *i-CARE* cada paciente tiene un perfil de usuario que permite crear un historial clínico electrónico.

El *plano de almacenamiento* es el responsable de centralizar la información recolectada y procesada por el plano de usuario. *i-CARE* define dos escenarios de uso. En el primer escenario el plano de almacenamiento es un servidor dentro del hospital que contiene las diferentes bases de datos que conforman *i-CARE*. El segundo escenario hace uso del servicio de almacenamiento del paradigma “cloud” 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 podrá consultarse desde cualquier lugar.

Finalmente, el plano de consulta está conformado por una serie de aplicaciones que facilitan a los diferentes actores la revisión de la información del *i-CARE*. Se definieron una serie de módulos que muestran la información relevante para cada actor dependiendo del perfil.

i-CARE comienza con el sensado y graficado de variables fisiológicas en tiempo real. Las variables fisiológicas se interrelacionan mediante un algoritmo para crear un parámetro fisiológico que se denomina índice de coherencia.

El índice de coherencia permite conocer la capacidad de regulación de las variables fisiológicas y su relación con las emociones que tiene el paciente durante el proceso de dolor. A través de éste índice se puede definir una línea base de medición, posteriormente se da un entrenamiento en los niños a través del uso de la RAB y finalmente contrastarlo con los nuevos valores obtenidos.

De esta manera, la percepción del dolor disminuye y el paciente se siente más eficaz de controlar el dolor y hacer un cambio emocional. La retroalimentación visual y auditiva que tiene el *i-CARE* promueve la autoeficacia del paciente. La autoeficacia se define como la confianza que tiene la persona para llevar a cabo una tarea específica; por consiguiente es fundamental en la adherencia terapéutica al tratamiento médico y psicológico.

La figura 3 muestra un ejemplo de *i-CARE*. Toda la información recabada en tiempo real es almacenada en el dispositivo móvil, además es transmitida al servidor correspondiente mediante el protocolo y la tecnología detectada dependiendo el lugar donde se encuentra localizado el paciente.



Figura 3. Módulo *i-CARE* para el paciente.

4. IMPLEMENTACIÓN DE *i-CARE*: PRUEBA PILOTO

Para la implementación de *i-CARE* se consideraron dos escenarios que dependen de las características tecnológicas de los dispositivos de usuarios utilizados. El primer escenario considera que el paciente tiene un dispositivo móvil propio con características necesarias para implementar el monitoreo con sus propios recursos. En este escenario, el paciente puede estar en su casa. El usuario almacena toda la información de los parámetros en su dispositivo, la cual se envía a través de Internet hacia el punto de almacenamiento definido (servidor en el hospital o servicio *cloud storage*).

El segundo escenario está enfocado a pacientes que se encuentran directamente en el hospital y que no cuentan con equipo propio para realizar el monitoreo. En este caso se hace uso de la conexión de red del hospital para enviar la información al servidor definido. Como el equipo se comparte entre todos los pacientes, la información no se almacena localmente para

no saturarlo, en este caso se hace uso solamente del almacenamiento externo.

5. RESULTADOS PRELIMINARES

Se realizó un estudio piloto para obtener datos sociodemográficos de la población del departamento de hemato-oncología pediátrica de un hospital público de Colima en México. La población con la que se trabajó fueron 8 niños, 6 hombres y 2 mujeres, que se encontraban en el proceso de diagnóstico y tratamiento en dicho departamento (ver tabla 1).

Parámetro	Valor
Edad promedio	3.2 años
Género	2 mujeres y 6 hombres
Escolaridad	Preescolar
Lugar de procedencia	Zonas circundantes a Colima (Michoacán y Jalisco)
Nivel socioeconómico	6 clase baja, 1 clase media-baja y 1 clase media.
Diagnóstico	Púrpura trombocitopénica Idiopática (PTI) y meduloblastoma fueron los mas frecuentes.
Fase de tratamiento	4 en fase diagnóstica y 4 en fase de tratamiento.
Tipo de familia	4 nuclear y 4 familia extensa.
Cuidador primario	Madre 100%
Escolaridad del cuidador primario	5 primaria sin concluir, 2 secundaria y 1 preparatoria.
Atención psicológica complementaria	5 No y 3 Si.
Estado emocional	Labilidad emocional. Por momentos tranquilo y después irritable, mal humorado.

Tabla 1. Población de la prueba piloto

El muestreo fue intencional, es decir, se incluyeron a niños y niñas mayores de 5 años y que sus padres dieran autorización por escrito para participar. Los datos se obtuvieron a través de una entrevista con los cuidadores.

El diagnóstico mas frecuente en la muestra fue la Púrpura Trombocitopénica Idiopática (PTI), una enfermedad hemorrágica autoinmune, común en los infantes y asociada a países en vías de desarrollo, como el nuestro. A partir de los resultados se puede inferir que el nivel socioeconómico de la población puede estar relacionado con dicha enfermedad, debido a que el 62.2% de la población tiene un nivel socioeconómico bajo, además de que las madres no concluyeron la primaria, y el 50% de los niños vive en hacinamiento, es decir con miembros de la familia extensa, como abuelos, tíos, entre otros. Se sabe que la educación de las madres, la nutrición, el

acceso a la atención médica oportuna y de calidad así como el uso de la tecnología en el área hospitalaria reducen la probabilidad de morbi-mortalidad en edad escolar. Un factor que va en detrimento de la salud de la población pediátrica en edad escolar es la brecha existente entre los servicios del sector salud de un estado y de una población, así como la calidad y avance tecnológico de dichos servicios.

Las nuevas tecnologías pueden coadyuvar en la educación y la orientación de los pacientes y los cuidadores acerca del manejo del dolor pediátrico oncológico. A través del uso de *i-CARE* los infantes encuentran una forma lúdica para regular el dolor, cambiar el estado emocional y por consiguiente percibirse autoeficaces en su enfermedad. El estudio reflejó que antes del uso de *i-CARE* el 50% de la población pediátrica usó el llanto para afrontar el dolor, y el otro 50% buscó ayuda con el personal hospitalario. Sin embargo, cuando se empleó *i-Care* los niños a través de la RAB manejaron el dolor y su estado emocional. Por otro lado se observó una disminución en el nivel de estrés de los cuidadores debido a que contaban en tiempo real con información del estado emocional y fisiológico del paciente.

CONCLUSIÓN

En este artículo presentamos *i-CARE* un sistema basado en tecnologías emergentes para el monitoreo remoto de variables fisiológicas del dolor en pacientes pediátricos con enfermedad oncológica. El uso de las nuevas tecnologías en *i-CARE* permitió al paciente tener un abordaje clínico y psicológico, inocuo y eficaz. El registro fisiológico a través de la aplicación creó datos objetivos acerca del estado emocional y del dolor de los pacientes.

El trabajo futuro consistirá en un estudio más exhaustivo y una mejor evaluación de resultados, además se pretende implementar diferentes sensores para obtener una mayor información que coadyuve a mejorar la calidad de vida de los pacientes pediátricos con enfermedades oncológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dominguez, B., Olvera, Y., Cruz, A y Cortés, J. (2001). Monitoreo no invasivo de la temperatura periférica bilateral en la evaluación y tratamiento psicológico. *Psicología y salud*, 11(2), 62-71.

- [2] Menos, D, Stanfiski T. (2009) Health technology Assessment in Canada: 20 years strong? *Value in Health* 12 (2), s14-s19.
- [3] Valencia, A., Flores, A. y Sanchez, J.(2006). Efectos de un programa conductual para el cuidado de pacientes oncológicos pediátricos. *Revista mexicana de análisis de la conducta*, 2, 179-195.
- [4] Hessler, D.M. & Katz, F.L. (2007). Children's emotion regulation: Self-Report and physiological response to peer provocation. *Developmental psychology*, 43 (1), 27-38.
- [5] Almanza, L., Muñoz, J. y Holland, J. (2000). Psico-oncología: estado actual y perspectivas futuras. *Cancelogía*, 3, 196-206.
- [6] Orgiles, M. López-Roig, S., Espada, J. y Méndez, X. (2006). Tratamiento psicológico del dolor en el cancer infantil. *Fisioterapia*, 28(5), 270-277.
- [7] Wu, F., Kao, Y. y Tseng, Y. (2010). From Wireless sensor network towards cyber physical systems. Elsevier, 7, 397-413.
- [8] B. M. Silva, I. M. Lopes, J. J. P. C. Rodrigues, and P. Ray, "SapoFitness: A Mobile Health Application for Dietary Evaluation," *IEEE 13th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services*, vol. 1, no. 1, pp. 375-380, 13-15 June, 2011.
- [9] M. Sugano, M. Imaki, and Y. Yoshida, "Health Support System for Diabetes Prevention using networked health-monitoring equipment," *4th International Conference Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, pp. 1-5, March 22-25 2010.
- [10] A. C. Valdez, M. Ziefle, A. Horstmann, and D. Herding, "Mobile devices used for medical applications : Insights won from a usability study with diabetes patients," *International Journal of Digital Society (IJDS)*, vol. 2, no. 1, pp. 337-346, 2011.
- [11] E. Kyriacou, C. Pattichis, M. Pattichis, A. Jossif, L. Paraskeva, A. Konstantinides, and D. Vogiatzis, "An m-Health monitoring system for children with suspected arrhythmias." *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. pp. 1794-7, Jan. 2007.
- [12] N. Gershenfeld, R. Krikorian, and D. Cohen, "The Internet of things." *Scientific American*, vol. 291, no. 4, pp. 76-81, Oct. 2010.