

**PROTOTIPO PARA LA MONITORIZACIÓN DEL DOLOR NEONATAL MEDIANTE  
APRENDIZAJE AUTOMÁTICO E INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

PREMIOS ENFERMERÍA EN DESARROLLO – CONVOCATORIA 2017

CATEGORÍA: TESIS DOCTORAL

## **RESUMEN**

### **Introducción**

Las escalas de valoración del dolor neonatal suelen estar sujetas a la subjetividad del evaluador. Distintos profesionales utilizando la escala con un mismo paciente, pueden obtener puntuaciones diferentes. La aplicación del aprendizaje automático y la inteligencia artificial permite la monitorización continua del dolor y mostrarlo como la quinta constante vital.

**Objetivo:** diseñar un sistema inteligente y automático para evaluar el dolor de los neonatos ingresados en la unidad de cuidados intensivos neonatales(UCIN).

### **Material y método**

Proyecto tecnológico-experimental, realizado por los departamentos de Enfermería e Ingeniería Informática y Matemáticas de una universidad española.

Prueba piloto realizada en una UCIN de nivel 3, entre marzo 2013 y septiembre 2015.

Se incluyeron en el prototipo la escala PIPP y la escala Susan Givens Bell se escogió por ser la utilizada en la UCIN de nivel 3.

El prototipo capta las manifestaciones comportamentales y alteraciones fisiológicas del neonato y con la aplicación del aprendizaje automático y la inteligencia artificial se emite una puntuación del dolor. Al mismo tiempo, dos observadores humanos valoraban el dolor del neonato de forma "manual" con escalas validadas.

El coeficiente de correlación de Spearman se utilizó para la validación del prototipo. El análisis de la varianza y la comparación de medias se hicieron mediante ANOVA.

### **Resultados**

Mediante revisión bibliográfica, escala más utilizada internacionalmente fue la PIPP en un 58.7%. A través de una encuesta se objetivó que los profesionales sanitarios no reciben formación para evaluar el dolor(48%), que el dolor sólo se evalúa correctamente en ocasiones(42.9%), que es un componente subjetivo de quién evalúa(75%) y que un sistema automático podría ser útil para dicha valoración (93.2%).

Prueba piloto prototipo: 11 neonatos. Edad gestacional  $32.00 \pm 7.23$  semanas; peso  $2046.50 \pm 1409.27$ grs.

Dolor observador A en PIPP:  $2.6 \pm 1.4$ , en SGB:  $2.4 \pm 1.3$ . Dolor observador B en PIPP:  $2.9 \pm 1.4$ , en SGB:  $2.2 \pm 1.5$ . Dolor APANICU 1.0:  $1.55 \pm 0.69$ . ANOVA entre PIPP - APANICU 1.0 - SGB con diferencias estadísticamente significativas ( $F=3.62$ ;  $p=0.03$ ). Media de valor SGB - prototipo sin diferencias estadísticamente significativas ( $F=2.99$ ;  $p=0.06$ ).

## **Conclusión**

En la práctica se constata la gran variabilidad de escalas. La encuesta revela falta de protocolos estandarizados. Existe falta de consenso para valorar el dolor en neonatología.

El prototipo funciona, mostrando una cifra de dolor en el monitor. Este sistema podría paliar estas desigualdades aunque debe perfeccionarse si se obtuviese la financiación suficiente. Se debe mejorar el software de captación de movimiento y llanto del paciente.

## JUSTIFICACIÓN

Según la OMS cada año nacen 15 millones de prematuros en el mundo(1). La principal causa de ingreso en las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales(UCIN) es la prematuridad(2,3). El ingreso implica procedimientos dolorosos(PD) con posibles consecuencias futuras: mayor percepción del dolor, alteración de la conducta, dolor inflamatorio persistente, reducción de la respuesta autoinmune e hipervigilancia social(4,5). La principal diferencia entre un neonato y un adulto es la inmadurez del sistema inhibitorio descendente hasta los primeros 20–24 días de vida, La consecuencia es que el neonato **percibe más dolor**(6). Se han cuantificado objetivamente las respuestas fisiológicas y conductuales del recién nacido ante el dolor y estrés(7–11) llanto, expresiones faciales, respuesta motora corporal, taquicardia, taquipnea, hipertensión, hiperhidrosis, midriasis, palidez, , disminución de la saturación de oxígeno, hiperglucemia, aumento de cortisol, catecolaminas, endorfinas y aldosterona(12,13).

La medición del dolor es difícil debido a la dificultad en diferenciar en el neonato el dolor de la incomodidad, el hambre o la necesidad de compañía. Se han ideado escalas multidimensionales, que incluyen parámetros fisiológico– conductuales. La investigación sobre la evaluación y manejo del dolor en los bebés ha generado más de 40 escalas(14).

En 2013, en España, hasta el 41.2 % de niños hospitalizados padecía dolor. El 87.5% de procedimientos se ejecutaron sin ningún tipo de analgesia(15). El 61%-63% de los profesionales que trabajan en UCIN no utiliza escalas de valoración del dolor y el 30%-44% no aplica medidas analgésicas(16).

La Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations(JCAHO) recomienda que la valoración del dolor se considere la **quinta constante vital**. El paciente tiene derecho a que se reconozca su dolor y que este dolor sea valorado y tratado adecuadamente(17).

Se propone un sistema inteligente para valorar el dolor/discomfort de los bebés ingresados. A partir de una idea enfermera desarrollada en colaboración con la ingeniería informática se pretende asegurar la evaluación continua del dolor y por tanto el bienestar en unos pacientes extremadamente vulnerables.

## OBJETIVO

Diseñar e implementar un sistema inteligente en el equipo electrónico de monitorización de constantes vitales para la valoración automatizada y continua del dolor del neonato en tiempo real.

## **METODOLOGÍA**

Proyecto tecnológico experimental (prueba piloto).

**Período:** marzo 2013 a septiembre 2016.

**Ámbito:** Hospital Universitario de nivel asistencial III.

**Población:** Neonatos ingresados en UCIN.

**Variables:** datos sociodemográficos de los progenitores; datos clínicos del neonato, datos de tratamiento (dispositivos, medicación, etc.); puntuación de dolor obtenida por observadores humanos y escala; puntuación obtenida por el prototipo.

**Análisis estadístico:** varianza y comparación de medias mediante prueba ANOVA; prueba no paramétrica para la correlación entre el prototipo y las escalas utilizadas por los observadores y el prototipo, coeficiente de correlación de Spearman.

**Aspectos éticos:** Aprobación del Comité de Ética y de Investigación Clínica del Hospital Universitario. El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

### **Descripción del proceso de desarrollo del prototipo**

#### **1) Elección de las escalas de evaluación del dolor de referencia**

Se realizó una revisión bibliográfica en PubMed, CINAHL y MEDLINE para identificar escalas multidimensionales más utilizadas. Se siguió la declaración Prisma(18) y la práctica sintetizada de Lynn Rew(19). Se seleccionaron 319 estudios y cumplieron criterios de inclusión 72. 8368 neonatos ingresados en UCIN fueron estudiados de 24 países diferentes. Edad gestacional del grupo más estudiado: 28-32 semanas(39.74%) con un peso <2500 gramos(39.71%). PD más frecuente: punción con lanceta (32.8%). Método más común para reducción del dolor y estrés: administración oral de glucosa (59%) La escala más utilizada fue la premature infant pain profile (PIPP): 51.85%. Se seleccionó la PIPP y la Susan Givens Bella (SGB) por ser la utilizada en Hospital Universitario (anexo 1-tabla 1).

## **2) Cuestionario de opinión a los profesionales sanitarios: valoración automática del dolor**

Previa ejecución del prototipo se realizó una encuesta para saber la opinión de los profesionales sanitarios que trabajan en las UCIN sobre la valoración automática del dolor. La encuesta (anexo 1-tabla 2) contuvo 13 ítems, algunos multirespuesta donde se interrogaba sobre la frecuencia de evaluación del dolor en las UCIN, las escalas más utilizadas, la formación recibida para la valoración del dolor, opinión sobre ésta evaluación en su unidad y opinión sobre la utilización de un sistema automático para evaluar el dolor.

El cuestionario fue enviado a través de los colegios profesionales de medicina y enfermería de Europa, Sudamérica, Norteamérica y región de oriente. Se mostró el diseño del prototipo(20).

Se recibieron 133 respuestas de Italia, Francia, Canadá, Suiza, Turquía y España.

Destacar que sobre la frecuencia de valoración del dolor sólo se evalúa al realizar técnicas dolorosas(41.9%) o según el estado del neonato(66.1%), para valorar el dolor los profesionales aplican su propio criterio sin utilizar las escalas(27.2%); el 75% encuentra dificultades para valorar el dolor con escalas por su componente subjetivo; un 42.9% opina que el dolor sólo se evalúa correctamente en ocasiones; el 48% no reciben formación y que un 93.2% opina que un sistema automático sería útil.

## **3) Diseño del prototipo**

El prototipo recoge, almacena y analiza los datos recibidos. Estructura:

- **Módulo de adquisición de datos:** obtención de los datos fisiológicos mediante infraestructura Philips IntelliVue® a través de un servidor HL7.El movimiento es captado por una cámara Kinect®. El sonido se registra mediante un micrófono de alta precisión. Ambos dispositivos se colocan en la incubadora o sobre la cuna térmica. Los datos obtenidos se ejecutan en un mini PC Intel NUC® sobre un Ubuntu 12.10®. (Anexo 2 - figs.1 y 2).

- **Módulo de evaluación del dolor/disconfort:** ejecuta los datos recibidos por vía Local Área Network del módulo anterior. Se utiliza un motor de base de datos MySQL® que funciona bajo lenguaje SQL. El algoritmo para el análisis del dolor se basa en las alteraciones de los parámetros fisiológicos y de comportamiento. Se han tomado como

referencia los valores de frecuencia cardíaca, tensión arterial y frecuencia respiratoria publicados por Wong y Whaley en 1997(21). Cada parámetro puede tener un valor parcial 0, 1, 2. **El grado de dolor del algoritmo creado es una cifra comprendida entre 0 y 12** (Anexo 2-tabla 3 y figura 3).

**- Módulo de registro y alarmas:** registra los datos en una base de datos de pacientes, que visualizada en aplicación web, en formato similar al monitor de cabecera. Se puede acceder a la información de forma remota, desde la sala de curas, etc. Otra función de este módulo es crear alarmas específicas para disconfort o dolor y avisar al personal. (Anexo 2-figs.4 y 5).

## **RESULTADOS**

Se efectuaron 11 mediciones (n=11).

Media edad gestacional  $32.00 \pm 7.23$  semanas; media peso al nacer  $2046.50 \pm 1409.27$  gramos; género: 63.6% niñas; 54.5% partos distócicos: 72.7% en incubadora; ventilación mecánica no invasiva 36.4%; 27.3% intubación traqueal; administración de oxígeno sin intubación 27.3%; 36.4% con sonda nasogástrica; 72.7% cateterización EV central; 90.2% con pañal.

Principal causa de ingreso en la UCIN: prematuridad, asfixia neonatal, convulsiones, fractura de clavícula. El 90.9% sin analgesia farmacológica.

Todos los neonatos mostraron dolor leve en estado basal.

Media de dolor observador 1 con PIPP  $2.6 \pm 1.4$ , con SGB:  $2.4 \pm 1.3$ ; media de dolor observador 2 con PIPP  $2.9 \pm 1.4$ , en SGB:  $2.2 \pm 1.5$ . Media de dolor prototipo:  $1.55 \pm 0.69$ . (anexo 3-tabla 3 y gráfico 1)

ANOVA entre las medias de valor PIPP (observadores) y prototipo:  $F=3.62$  ( $p=0.03$ ). Medias de valor SGB (observadores) y prototipo:  $F=2.99$  ( $p=0.06$ ) (anexo 3-tabla 4).

## **CONCLUSIONES**

**¿Los resultados pueden adoptar una nueva praxis en el campo de la neonatología pudiendo modificar prácticas habituales y mejorarlas? Sí.**

Los resultados de la encuesta muestran que el dolor no se está evaluando correctamente en las UCIN. Aunque muchos profesionales desconfían de un sistema

automático, desarrollar e implementar satisfactoriamente un sistema como éste prototipo contribuiría sin duda la mejora en la atención al neonato enfermo.

Las valoraciones humanas no coincide entre observadores. **Este dato refuerza la naturaleza subjetiva de las valoraciones humanas.**

La valoración del dolor en neonatología es una asignatura pendiente. Valorar el dolor de forma continua seguiría las recomendaciones de la JHACO: **evaluación del dolor como quinta constante vital.**

El prototipo permite la valoración automática intrahospitalaria en una UCIN, la monitorización continua del dolor y el registro de alarmas para mejorar el cuidado/beneficio del neonato con las escalas previamente validadas por la comunidad neonatal.

**¿La presente tesis supone un proyecto innovador? Sí.**

El dolor en neonatología se mide con las escalas multidimensionales ya previamente validadas. Esta tesis ha permitido integrar las escalas de valoración del dolor en el prototipo para la valoración automática y la aparición de la cifra en el monitor de constantes vitales.

En el aspecto técnico, el prototipo funciona. Es decir, el prototipo se comunica correctamente con el servidor de la unidad, todos los módulos reciben la información, la procesan y la muestran. La conectividad entre el prototipo y el software de la UCIN no interfirió en la monitorización de los neonatos ni en el trabajo de los profesionales. La implementación de un sistema de este tipo en una UCIN real es factible.

A pesar de todas las posibilidades que ofrecen las tecnologías de la información y la comunicación para la salud y la medicina(22,23), el uso de sistemas informatizados para evaluar el dolor y el malestar en las UCIN está todavía en sus inicios (20,24–26). No obstante, los resultados alentadores abordados en este proyecto demuestran la viabilidad de tales sistemas.

**¿Aumenta el conocimiento disciplinar? Sí.**

El desarrollo de esta tesis no tan solo ha aumentado el conocimiento disciplinar entre los profesionales de la salud, sino que también ha obtenido un reconocimiento



multidisciplinar gracias a la colaboración de un departamento de ingeniería informática y matemáticas, un departamento de enfermería y la colaboración de una UCI neonatal.

**BIBLIOGRAFÍA ESTILO VANOCUVER DISPONIBLE EN ANEXO 4**