

MODELO PARA LA CURACIÓN DE LAS ÚLCERAS POR PRESIÓN TRATADAS CON ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA

FOLGUERAS, J.
SUEN, JE.

Instituto Central de Investigación Digital
La Habana, 11600, Cuba.
E-mail: folguera@me.icid.edu.cu

RESUMEN:

Las úlceras por presión, también conocidas como úlceras por decúbito, suelen presentarse como complicaciones en personas sometidas a largos períodos de inmovilidad involuntaria y representan un peligro potencial para la vida de su portador. El método utilizado por los autores para lograr la curación de la úlcera emplea estímulos eléctricos. Los autores han obtenido un modelo simple que permite describir el comportamiento del área superficial de úlceras de pequeñas dimensiones como función del tiempo, cuando éstas se estimula eléctricamente. El modelo predice, con un error no mayor de 15%, el tiempo total de curación en ausencia de complicaciones, por lo que tiene valor como herramienta de pronóstico.

PALABRAS CLAVE:

Curación de úlceras por presión, Modelo para el área superficial, Pronóstico del tiempo de curación.

ABSTRACT:

Pressure ulcers, also known as bed-sores, commonly occur in patients subjected to extended periods of immobility and represent a potentially life-threatening hazard to the patient. The method used by the authors to treat these pressure ulcers involves the use of electric stimuli. The authors have developed a simple model that describes the behavior of the superficial layer of small ulcers as a function of time under electric stimulation. The model predicts, with an error no greater than 15%, the total healing time of the ulcer, in the absence of secondary complications, highlighting its value as a prognostic tool.

KEYWORDS:

Pressure ulcer treatment, Predictive model, Prognosis.

INTRODUCCIÓN

Las úlceras por presión o úlceras por decúbito son una complicación frecuente en los pacientes sometidos a largos períodos de inmovilidad siendo especialmente importante entre los pacientes discapacitados y en particular, entre los lesionados medulares, que sufren con frecuencia este tipo de complicación. A tal extremo llega su extensión que se ha reportado que, en un estudio durante cinco años, el 60% de los pacientes con lesión medular cervical total, un 40% con lesión medular cervical incompleta y más del 50% de aquellos con lesiones torácicas y lumbares desarrolló úlceras [1]. En otro estudio de la misma fecha, realizado durante cinco años, se reporta que entre 40% y 45% de los tetrapléjicos (tanto motores como sensoriales) desarrollaron úlceras [2].

La úlcera por presión tiene una alta incidencia en el costo del tratamiento del paciente discapacitado, no ya sólo económicamente sino también social y psicológicamente. La etiología de la lesión se ha

descrito abundantemente, existiendo una buena revisión en este sentido [3]. Se conoce que la existencia de complicaciones, la anemia, el estado nutricional del paciente, el tratamiento postural, el tratamiento terapéutico específico aplicado y otros factores influyen sobre el tiempo de curación.

En la actualidad los clínicos se ven, cada vez más, en la necesidad de justificar debidamente los resultados de su atención a los pacientes mediante datos que demuestren el éxito del tratamiento. Esto resulta difícil en heridas o úlceras crónicas que no cicatrizan y que no siguen el curso esperado para la curación [4]. Con éste fin se ha investigado en métodos de valoración del progreso de las úlceras por decúbito empleando escalas de medición con descripción verbal del resultado [5, 6]. En un trabajo anterior, se trata de establecer el equivalente de una constante de tiempo para la curva del área de una úlcera por decúbito contra tiempo [7], sin llegar a determinar la ley de variación.

Por otra parte, se reporta que la determinación del valor de la velocidad inicial de curación de una úlcera ha sido aplicada a úlceras de tipo específico con valor de pronóstico [8].

Por todo lo anterior, disponer de un modelo simple que permita predecir el tiempo estimado para

Recepción del artículo en su primera versión: enero /99

Aprobación del artículo en su versión final: marzo /99

Responsable:

J. Folgueras

Instituto Central de Investigación Digital

La Habana, 11600, Cuba.

folguera@me.icid.edu.cu

la curación de la úlcera presenta interés por las posibilidades que brinda para estimar la duración total de la estancia de un paciente en la institución hospitalaria así como para comparar la eficacia de distintos tratamientos.

Los autores de éste trabajo han desarrollado un estimulador eléctrico para el tratamiento de las úlceras por presión y lo han aplicado a pacientes portadores de úlceras, obteniendo buenos resultados sobre la cinética de curación de las mismas [9].

Una de las características importantes de una úlcera es su área de superficie y, si se determina como función del tiempo de tratamiento, es posible determinar de forma simple su cinética de curación. En éste trabajo se mide el área empleando un método no-invasivo propuesto con anterioridad por los propios autores [10]. El método de medición comprende los siguientes pasos:

- Empleo de una cámara de TV a color para capturar y "congelar" en la microcomputadora la imagen de la úlcera y de una escala de calibración desechable.
- Calibración del sistema empleando la imagen de la escala.
- Marcado manual del contorno de la imagen de la úlcera empleando el ratón.
- Cálculo automático del área de la figura cerrada que se obtiene del paso anterior.

METODOLOGÍA

Se empleó el estimulador mencionado anteriormente generando impulsos bifásicos simétricos (sin componente de CD), con una duración del pulso cercana a 300 ms y una frecuencia de 40 Hz, con período de aplicación de 4 s y pausas de 4 s e intensidades de corriente entre 1 y 50 mA. Para úlceras de grandes dimensiones se aplicaron cuatro electrodos a su periferia, estimulando de forma sincrónica con los dos canales de salida del estimulador, mientras que para úlceras pequeñas (Área < 1000 mm²) se emplearon sólo dos electrodos, colocados en lados opuestos de la úlcera.

La estimulación se aplicó a pacientes con lesión medular completa o incompleta, un resumen de algunos de los cuales, con úlceras de pequeñas dimensiones, se muestra en la tabla 1. Resultados semejantes se obtuvieron para úlceras grandes, de hasta 110 cm². Se emplearon electrodos autoadhesivos de goma conductora, con dimensiones de 60 mm x 30 mm, personales para cada paciente. Eventualmente, cuando las condiciones lo requirieron, se empleó una pequeña cantidad de gel conductor hipoalergénico para facilitar el contacto entre los electrodos y la piel. La estimulación eléctrica se aplicó diariamente dos veces con un tratamiento postural basado en la eliminación de la presión sobre la úlcera, sin emplear otros tipos de medios o medicamentos [11]. Las úlceras se limpiaron diariamente con solución antiséptica y se mantuvieron cubiertas con apósitos.

PACIENTE	EDAD	NIVEL DE LESIÓN	TIEMPO CON LA ÚLCERA	ÁREA INICIAL A (mm ²)	LOCALIZACIÓN DE LA ÚLCERA
HMP	52	I	3 meses	424	Perimaleolo Izq.
BMC	34	I	6 meses	561	Sacra
GMP	28	II	2 años	761	Isquion Derecho
GMP	28	I	2 años	242	Isquion Izq.
CPC	27	II	3 años	686	Sacra
ALM	38	II	11 meses	388	Sacra
MCA	35	II	1,5 años	410	Sacra
NOC	27	II	8 meses	669	Isquion Derecho

Tabla 1. Relación de algunos de los pacientes investigados, con úlceras de dimensiones reducidas

Las mediciones se realizaron semanalmente y se graficaron los valores del logaritmo vulgar de cada valor medido para el área superficial de la úlcera como función del tiempo de tratamiento, manteniendo en el eje horizontal una escala lineal para el tiempo.

En ausencia de complicaciones serias como traumatismos o infecciones, los gráficos en papel semilogarítmico evidencian la existencia de distintas zonas en las que varía la velocidad de curación, tal como se ilustra en la figura 1 para úlceras de pequeñas dimensiones. Como se puede observar, existen dos zonas de pendiente bien definida y, cuando el área es ya muy pequeña, se produce la curación total con mucha mayor rapidez, lo que sugiere que el efecto puede deberse al aumento de la densidad de corriente para el tejido ulcerado. Estas zonas se describen por líneas rectas con pendientes cada vez mayores, que pueden ser representadas por una ecuación del tipo mostrado en (1):

$$A(t) = A_0 10^{-Kt}, \quad (1)$$

donde:

A_0 = valor extrapolado del intercepto en el eje de ordenadas para $t=0$,

t = valor del tiempo en días,

K = valor absoluto de la pendiente.

Es posible predecir el tiempo total de curación de lesiones de área reducida, que presenten dos pendientes en su comportamiento con el tiempo, empleando la ecuación (1) tal como se propone a continuación.

Algoritmo

- Los tres primeros valores medidos para el área a intervalos de una semana se ajustan a la ecuación (1) y se determinan los valores de la pendiente K y del intercepto A_0 con el eje vertical.
- Se evalúa la ecuación para determinar el valor del tiempo para el cual el valor de A se reduce al 10% de su valor inicial.
- Se suma a éste tiempo un valor constante, obtenido heurísticamente, para obtener el tiempo de curación estimado. Los autores han

encontrado que un valor de siete días produce resultados satisfactorios.

Empleando este algoritmo se obtuvieron los valores de tiempos pronosticados que aparecen en la tabla 2.

RESULTADOS

En la figura 1 se ha ilustrado la aplicación de la ecuación (1) y se muestran, además, los resultados obtenidos durante el tratamiento para el paciente CPG.

En los resultados obtenidos para los pacientes tratados se evidencian los siguientes comportamientos:

- Se distinguen claramente dos pendientes.
- La última pendiente es mucho mayor que la primera y la curación total se produce en un plazo de siete a catorce días con posterioridad a que el área de la úlcera se reduce a un valor cercano al 10% de su valor inicial.
- Se obtuvo la curación completa de todos los pacientes en tiempos dependientes del área inicial de la úlcera, lo que resulta especialmente interesante en el caso de pacientes con un tiempo de permanencia largo de la lesión. El costo del tratamiento es bajo y, de hecho, sólo es necesario reponer los electrodos individuales de los pacientes.
- Los tiempos obtenidos para la curación se consideran satisfactorios, toda vez que no se emplearon medicamentos de ningún tipo y que los pacientes padecían de la úlcera por tiempos superiores a seis meses. Después de la curación no se han producido nuevas apariciones de la úlcera.

DISCUSION

Úlceras de área reducida: Caso de dos pendientes

De la tabla 2 se puede ver que la predicción del tiempo de curación de la úlcera en ausencia de complicaciones empleando el modelo propuesto permite estimar el tiempo con un error máximo inferior al 15%, lo que se considera muy satisfactorio.

Los resultados obtenidos permiten hacer estimados realistas en cuanto a la duración del proceso de curación de las úlceras por presión que, en opinión de los autores de este trabajo, pueden extenderse a otros tipos de lesiones cruentas. No obstante, un mayor número de casos permitirá validar mejor el modelo.

CONCLUSIONES

Se ha demostrado experimentalmente que puede predecirse la duración del proceso de curación de una úlcera por presión en ausencia de complicaciones, cuando la misma se estimula eléctricamente, empleando un modelo matemático simple de fácil aplicación. Los resultados obtenidos mediante la apli-

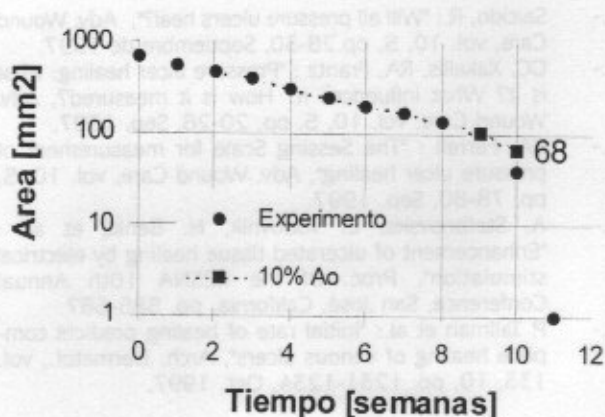


Figura 1. Datos correspondientes al paciente CPG. En círculos rellenos se han representado los valores experimentales y con cuadrados los correspondientes a la extrapolación hasta el 10% del valor de A_0 . Obsérvense los dos valores de pendiente a que se hace referencia en el texto.

PACIENTE	ÁREA INICIAL	INTERCEPTO	K (día ⁻¹)	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	TIEMPO DE CURACIÓN (días)	
	A_0 (mm ²)	A_0 (mm ²)			REAL	PROMOVIDO
HMP	424	478	-0,034	0,949	35	32,7
BMG	561	570	-0,032	0,980	42	48
GPM	761	837	-0,021	0,898	49	54,5
GPM	242	250	-0,029	0,942	35	41,5
CPG	686	677	-0,013	0,993	77	83

Tabla 2. Valores obtenidos al aplicar el modelo a los pacientes de la tabla 1

cación del modelo propuesto por los autores de este trabajo permiten determinar el tiempo de curación con un error menor del 15%, lo que se considera muy satisfactorio.

Igualmente se ha demostrado que el estimulador creado y empleado por los autores de este trabajo es efectivo para lograr una curación acelerada de las úlceras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Centro Nacional de Rehabilitación Julio Díaz, de la Habana y a las Dras. Maritza Peñafuerte y Maribel Rodríguez por su ayuda durante las mediciones.

REFERENCIAS

- 1.- RR. Richardson, PR. Meyer: Prevalence and incidence of pressure sores in acute spinal cord injuries", Paraplegia, vol. 19, 4, pp. 235-247, 1981.
- 2.- JS. Young, PE. Burns: "Pressure sores and the spinal cord injured. Part II. Model system", SCI Digest, vol. 3, 4, pp.11-26, 1981.
- 3.- SP. Levine, RL. Kett, PS. Cederna, LD. Bowers, SV. Brooks: "Electrical muscle stimulation for pressure variation at the seating interface", Journal of Rehabilitation Research and Development, vol. 26, 4, pp. 1-8, 1989.

- 4.- Salcido, R.: "Will all pressure ulcers heal?", Adv. Wound Care, vol. 10, 5, pp.28-30, Septiembre de 1997.
- 5.- GC. Xakellis, RA. Frantz : "Pressure ulcer healing: what is it? What influences it? How is it measured?, Adv. Wound Care, vol. 10, 5, pp. 20-26, Sep. 1997.
- 6.- BA. Ferrell : "The Sessing Scale for measurement of pressure ulcer healing", Adv. Wound Care, vol. 10, 5, pp. 78-80, Sep. 1997.
- 7.- A. Stefanovska, L. Vodovnik, H. Benko et al. : "Enhancement of ulcerated tissue healing by electrical stimulation", Proc. Of the RESNA 10th Annual Conference, San José, California, pp. 585-587.
- 8.- P. Tallman et al.: "Initial rate of healing predicts complete healing of venous ulcers", Arch. Dermatol., vol. 133, 10, pp. 1231-1234, Oct. 1997.
- 9.- JE. Suen, J. Folgueras, S. Fornells, M. Díaz et al: "Estimulador eléctrico para tratamiento de las úlceras por presión", Universidad, Ciencia y Tecnología, vol. 3, 9, pp. 9-12, Marzo de 1999, Venezuela.
- 10.- J. Folgueras, JE. Suen, J. Aranda, R. González: "Non-invasive measurement of the surface area of pressure ulcers", Nice '97, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Nice, France, 1997.
- 11.- J.Folgueras, JE. Suen, M. Peñafuerte, M.. Rodríguez, J. Zamarreño: "Curación acelerada de las úlceras por presión empleando estimulación eléctrica", ORTOPE-DIA'97, La Habana, Nov. 1997.



Figura 1. Gráfico de líneas que muestra el porcentaje de curación de las úlceras por presión tratadas con estimulación eléctrica y con curación convencional. El eje vertical representa el porcentaje de curación (0-100%) y el eje horizontal el tiempo en días (0-100). La línea superior indica la curación con estimulación eléctrica, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 40 días. La línea inferior indica la curación convencional, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 80 días.

Figura 2. Gráfico de líneas que muestra el porcentaje de curación de las úlceras por presión tratadas con estimulación eléctrica y con curación convencional. El eje vertical representa el porcentaje de curación (0-100%) y el eje horizontal el tiempo en días (0-100). La línea superior indica la curación con estimulación eléctrica, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 40 días. La línea inferior indica la curación convencional, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 80 días.

Figura 3. Gráfico de líneas que muestra el porcentaje de curación de las úlceras por presión tratadas con estimulación eléctrica y con curación convencional. El eje vertical representa el porcentaje de curación (0-100%) y el eje horizontal el tiempo en días (0-100). La línea superior indica la curación con estimulación eléctrica, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 40 días. La línea inferior indica la curación convencional, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 80 días.

Figura 4. Gráfico de líneas que muestra el porcentaje de curación de las úlceras por presión tratadas con estimulación eléctrica y con curación convencional. El eje vertical representa el porcentaje de curación (0-100%) y el eje horizontal el tiempo en días (0-100). La línea superior indica la curación con estimulación eléctrica, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 40 días. La línea inferior indica la curación convencional, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 80 días.

Figura 5. Gráfico de líneas que muestra el porcentaje de curación de las úlceras por presión tratadas con estimulación eléctrica y con curación convencional. El eje vertical representa el porcentaje de curación (0-100%) y el eje horizontal el tiempo en días (0-100). La línea superior indica la curación con estimulación eléctrica, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 40 días. La línea inferior indica la curación convencional, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 80 días.

Figura 6. Gráfico de líneas que muestra el porcentaje de curación de las úlceras por presión tratadas con estimulación eléctrica y con curación convencional. El eje vertical representa el porcentaje de curación (0-100%) y el eje horizontal el tiempo en días (0-100). La línea superior indica la curación con estimulación eléctrica, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 40 días. La línea inferior indica la curación convencional, que alcanza el 100% de curación en aproximadamente 80 días.

ACERCA DE LOS AUTORES

Los autores desean expresar su agradecimiento al Centro Nacional de Rehabilitación Juan Díaz de la Habana y a los Dres. Mirtza Pedraza y Mirtza Rodríguez por su ayuda durante las mediciones.

REFERENCIAS

- 1.- M. Richardson, PE. Meyer: Pressure sore incidence of pressure sores in acute care and long-term care. Wound Care, vol. 10, pp. 230-242, 1991.
- 2.- M. Taylor, FC. Burns: Pressure sores and the spinal cord injured. Part I. A data system. SCI Nursing, vol. 3, pp. 11-26, 1981.
- 3.- M. Taylor, RL. Hill, HJ. Coburn, LD. Bowen, GV. Groot: Electrical muscle stimulation for pressure sores. Journal of the Neurological Association, vol. 36, pp. 1-8, 1987.

Se distinguen claramente dos períodos. El primer período es mucho mayor que el segundo y se produce en los primeros días de inicio de la lesión. Después de 20 días de inicio de la lesión se reduce a un valor cercano al 10% de su valor inicial.

Se observó la curación completa de todas las úlceras en tiempos de 40 días con estimulación eléctrica y de 80 días con curación convencional. En el caso de la estimulación eléctrica el tiempo de curación es de 40 días y de 80 días en el caso de la curación convencional. Esto es necesario tener en cuenta al momento de las decisiones.

Las técnicas empleadas para la curación de las úlceras por presión, tanto con estimulación eléctrica como con curación convencional, son de tipo físico y no farmacológico. La estimulación eléctrica es un método físico que produce un efecto de curación de las úlceras por presión. Después de la curación se han producido nuevas lesiones de la piel.

EFECTOS DE LAS TÉCNICAS DE CURACIÓN DE LAS ÚLCERAS POR PRESIÓN

En la tabla 2 se puede ver que la curación de las úlceras por presión se produce en un tiempo menor de 40 días con estimulación eléctrica y de 80 días con curación convencional. Esto es necesario tener en cuenta al momento de las decisiones.

Los resultados obtenidos permiten hacer una mejor selección en cuanto a la duración del proceso de curación de las úlceras por presión que se producen en los sujetos de esta muestra. Pueden estar a otros tipos de lesiones que no son úlceras por presión, en mayor número de casos pueden ser de tipo físico.

CONCLUSIONES

Se ha demostrado experimentalmente que puede producirse la curación del proceso de curación de las úlceras por presión en sujetos de compleja lesión cuando se emplea estimulación eléctrica. Cuando se emplea estimulación eléctrica se logra una curación más rápida de las úlceras por presión que cuando se emplea curación convencional. Los resultados obtenidos mediante la aplicación