CIRUGÍA PLÁSTICA IBERO-LATINOAMERICANA

Cir.plást.iberolatinoam.-Vol. 38 - Nº 3
Julio - Agosto - Septiembre 2012 / Pag. 265-271

Eficacia de la detección percutánea de oxígeno como guía terapéutico-quirúrgica en lesionados medulares con úlceras por presión crónicas: estudio preliminar

Eficacy of percutaneous oxygen detection as therapeutic-surgical guide in spinal cord injury patients with chronic pressure ulcers: preliminary report

Arévalo Velasco, J.M.

Arévalo Velasco, J.M.*, de la Peña González, A.I., Solís Mozos, M.***, Lozano Berrio, V.**, Virseda Chamorro, M.****, Gil Agudo, A.*******

Resumen

En el presente estudio clínico realizamos detección transcutánea de oxígeno (TcpO2) en 11 pacientes consecutivos lesionados medulares parapléjicos crónicos (de más de 1 año de evolución) con úlceras por presión (upp) crónicas de grado IV (de más de 6 meses de evolución). En todos analizamos los valores de la TcpO2 tanto en el momento preoperatorio como postoperatorio, llevando a cabo las siguientes comprobaciones. En la posición 1 preoperatorio (P1-pre: a 1 cm del borde de la upp) los valores obtenidos fueron de 27,28±13,83 mm Hg, mientras que en P1 postoperatorio fueron de 34,96±19,06 ($p<0.05$). El valor medio del electrodo de referencia (nº1) en el momento preoperatorio (51,63±12,53mm Hg) fue estadísticamente significativo ($p<0.05$) al compararlo con el valor obtenido con el electrodo nº1 (38,60±14,63 mm Hg) en el postoperatorio. El valor medio del electrodo de referencia (nº1) en el momento del preoperatorio (50,07±13,54 mm Hg) es estadísticamente significativo ($p<0.05$) al compararlo con los valores medios obtenidos de TcpO2 de las posiciones (P1+P2+P3) de los electrodos nº2 (29,17±15,03 mm Hg), nº3 (34,51±13,15 mm Hg) y nº4 (30,37±17,81 mm Hg) analizados en el preoperatorio.

Demostramos con estos hallazgos los niveles hipoxémicos a 1 cm del borde de una upp grado IV y su evolución postoperatoria. De esta forma, la técnica de detección transcutánea de oxígeno puede considerarse una guía terapéutica en la detección y en la monitorización del tratamiento de las upp, con la posibilidad de establecer intervenciones terapéuticas para poder mejorar los niveles de oxígeno detectados en las mismas.

Palabras clave Úlcera por presión, Detección percutánea de oxígeno, Pronóstico, Guía terapéutica.

Código numérico 1522-1526

Abstract

In this clinical study the detection of transcutaneous oxygen has been performed (TcpO2) to 11 consecutive patients with spinal cord injury chronic paraplegics (more than 1 year of evolution) with chronic pressure ulcers grade IV (more than 6 months). In all patients were analyzed preoperative and postoperative TcpO2 values, with the following results. In the preoperative position 1 (P1-pre: to 1 cm of the ulcer edge) values obtained are of 27.28 ± 13.83 mm Hg, while in P1 postoperative were 34.96 ± 19.06 ($p<0.05$). The average value of the reference electrode (nº 1) preoperative (51.63 ± 12.53 mm Hg) is statistically significant ($p<0.05$) when compared with the value obtained with the electrode nº1 (38.60 ± 14, 63 mmHg) in the postoperative state. The average value of the reference electrode (nº 1) preoperative (50.07 ± 13.54 mm Hg) is statistically significant ($p<0.05$) when compared with the average values of the positions (P1, P2, P3) obtained of TcPO2 electrode nº 2 (29.17 ± 15.03 mm Hg), nº 3 (34.51 ± 13.15 mm Hg) and nº 4 (30.37 ± 17.81 mm Hg) analyzed preoperatively.

With these findings, we demonstrate hypoxemic levels to 1 cm of chronic pressure ulcers edge grade IV and postoperative progress. Thus, the technique of transcutaneous oxygen detection can be considered as a therapeutic guide in the detection and monitoring of pressure ulcers treatment with the possibility of establish therapeutic interventions to improve the oxygen levels detected in them.

Key words Pressure sore, Percutaneous oxygen detection, Prognostic values, Therapeutic guide.

Numeral Code 1522-1526

* Especialista en Cirugía Plástica Estética y Reparadora. Servicio de Cirugía Plástica.
** Terapeuta ocupacional. Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas.
*** Licenciada en Ciencias del Deporte. Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas.
**** Especialista en Urología. Máster en estudios bioestadísticos.
***** Especialista en Rehabilitación y Medicina Física. Unidad de Biomecánica y Ayudas Técnicas.
Hospital Nacional de Parapléjicos, Toledo, España.

Introducción

La técnica de oximetría percutánea (TcpO2) fue clínicamente desarrollada por Baumberger hace 70 años (1). Posteriormente Clark (2) y otros autores han ido mejorando el desarrollo técnico del electrodo hasta conseguir uno de carácter no invasivo que permitiera medir la presión parcial de oxígeno sobre la piel intacta, creando un electrodo muy evolucionado, no invasivo, caliente (3). Sin duda, es una técnica que ha demostrado su utilidad en las siguientes especialidades médicas: Cuidados Intensivos Pediátricos, Cirugía Vascular, Anestesiología, Traumatología y Medicina Hiperbárica (4). Dentro del campo de la Cirugía Plástica, que es desde el cual trabajamos en el hospital de lesionados medulares de Toledo (España), hemos realizado también diversos estudios con esta técnica, sobre todo para evaluar la viabilidad y la supervivencia de los colgajos cutáneos y pediculados transplantados a localizaciones próximas (5). En concreto, en las úlceras por presión (upp), los estudios realizados hasta ahora se han centrado en la evaluación de la TcpO2 en la región sacra para evaluar diferentes tipos de colchones, cambios posturales y riesgo para desarrollar upp (6). Esta técnica ya se ha implementado para analizar los valores de TcpO2 en upp en 7 pacientes comparándolos con los obtenidos de localizaciones sanas y en sujetos sanos (7).

Presentamos ahora una serie de 11 casos (Tabla I) en los que hemos puesto en marcha la técnica de TcpO2 en pacientes lesionados medulares crónicos con upp de grado IV y de diversa localización. Esta valoración se ha empleado como guía terapéutica quirúrgica en el acto operatorio realizando desbridamiento de tejidos hasta donde los valores obtenidos de TcpO2 fueron considerados normales, es decir, con buen aporte de oxígeno, para poder objetivar una exéresis de tejido periulceroso adecuada y en su justa medida por parte del cirujano. Éste, fue informado previamente de los valores y localizaciones exactas de TcpO2. Con esta técnica y en este tipo de heridas, pretendemos objetivar el estado oximétrico pericircundante para establecer un nivel de exéresis quirúrgico adecuado con el fin de obtener un resultado estable y duradero en la curación de la úlcera. De esta forma, planteamos la TcpO2 no solo como una guía terapéutica, sino también pronóstica y de seguimiento con el fin de poder instaurar en cada momento intervenciones terapéuticas precisas como puede ser la aplicación de oxígeno normobárico o hiperbárico, que modifiquen o minimicen las complicaciones del tratamiento de las upp.

Tabla I. Datos demográficos de la serie de estudio

Número de pacientes (n)=11 (todos son varones)
Edad media: 48 años (26-77 años)
SLMT todos ≥ a D4 (paraplejia)
Etiología:
– 8 por accidente de tráfico
– 2 por caídas
– 1 por arma de fuego
Todos con úlcera por presión (upp) crónica grado IV
Localización:
– 7 isquiáticas (63,3%)
– 2 sacras (18,·%)
– 2 trocantéreas (18,3%)

Material y método

Descripción de la técnica

El aparato de base es un TCM400 de Radiometer®/Copenhage (Dinamarca) que utiliza electrodos de tipo Clark para medir de forma no invasiva la monitorización de la TcpO2 (Fig. 1). El calor que percibe este electrodo es el que nos da los valores de TcpO2, que nos indicarán de forma directa la función microvascular y el oxígeno disponible para las células en esa localización. También pueden variar en relación con cambios macrocirculatorios.

Causas de posible mala interpretación de la lectura detectada (posibles registros erróneos) pueden ser: edema moderado o severo, poner el electrodo en zonas con muchas estructuras venosas, situación inadecuada del electrodo en áreas con escasa vascularización, situación del electrodo sobre superficies o prominencias óseas, mala adherencia del anillo de fijación del electrodo a la piel (puede ser necesario depilar la zona para que el electrodo se adapte mejor a la superficie) o el colocar los electrodos demasiado cerca entre sí o en zonas de cicatriz.

Colocación de los electrodos

En la fase previa a la intervención quirúrgica, colocamos en todos los casos un electrodo de referencia, siem-

Fig. 1. Imagen de un aparato TCM 400 de Radiometer®, Copenhagen (Dinamarca) de 4 canales, mostrando un electrodo, el anillo que se adapta a la piel y el bote con el líquido especial de contacto que provee el fabricante.

pre en un miembro superior, y otros 3 electrodos alrededor de la úlcera por presión (upp) que se va a estudiar, colocados mediante triangulación equidistante y según las dimensiones y localización clínica en cada paciente de la upp. Estos electrodos están separados centrífuga y concéntricamente a 1, 3 y 5 cm., medidos desde el borde de la upp, que es la distancia mínima posible entre los electrodos para que no se solapen los anillos de fijación en los que van alojados los detectores. Es importante resaltar la triangulación de lados equiláteros, procurando la mayor equidistancia posible entre los 3 electrodos siempre que la características clínicas y de la upp del paciente lo permitan (Fig. 2). No es posible emplear un número mayor de electrodos porque nuestro aparato receptor no dispone de más canales. En la fase de estudio postquirúrgica los electrodos se colocan de forma lineal y longitudinalmente a lo largo de toda la cicatriz, siempre alrededor de la misma (Fig. 3).

Fig. 2. Imagen preoperatoria de una úlcera por presión sacra con el esquema habitual de mediciones de TcpO2, triangulando el defecto y con las posiciones (P1: a 1 cm del borde, P2: a 3 cm del borde y P3: a 5 cm. del borde de la úlcera) de los electrodos nº2, nº3 y nº4. Esta imagen, en concreto, representa el momento P3.

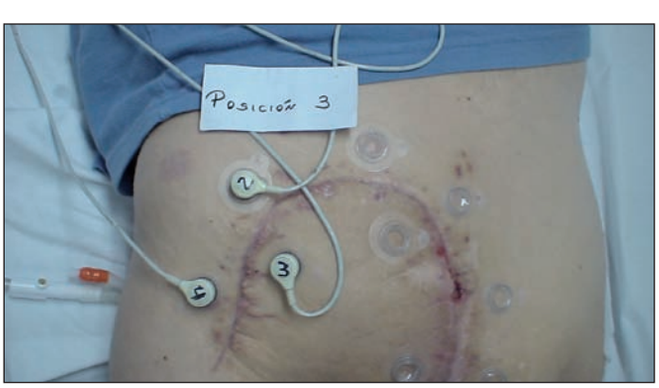

Fig. 3. Fase de estudio postquirúrgica. Los electrodos se colocan de forma lineal y longitudinalmente a lo largo de toda la cicatriz. La imagen representa la posición P3. Los anillos vacíos representan las posiciones P1 y P2.

No sólo hay que ser especialmente cuidadosos en la elección del área de la piel donde colocamos los electrodos, sino que también hay que asegurarse de que el anillo de fijación que alojará el electrodo esté firmemente adherido a la piel y relleno del líquido de contacto, de forma que cuando el electrodo quede fijado a dicho anillo mediante un sistema de giro de media rosca, no haya fuga del liquido de contacto ni burbuja de aire para evitar obtener valores cuestionables.

Además de las ya mencionadas, son necesarias otras condiciones clínicas de estabilidad para obtener resultados comparables:

- Temperatura ambiental de la sala del estudio a 23-24ºC. Dicha temperatura se fijará al menos con media hora de antelación para que al comenzar la calibración y los registros la sala ya esté acondicionada a la temperatura requerida.
- Que el paciente no haya fumado tabaco en las 24 horas previas al estudio.
- Que el paciente tampoco haya consumido cafeína.
- El paciente ha de estar clínica y emocionalmente estable.

Otros factores que se han tenido en cuenta en relación con los antecedentes personales de cada caso son: hipertensión, diabetes mellitus, accidentes vasculares previos, paciente fumador (cantidad y tiempo de consumo) y la presencia de cicatrices próximas a la zona de realización del estudio.

Metodología de adquisición de los registros con el sistema TCM -400

1. Se calibran los 4 electrodos de TcpO2. Siempre que se considere necesario, se rasurará la zona de ubicación de los electrodos para lograr una óptima adherencia del anillo y mejorar la fiabilidad de las medidas que se obtengan.
2. Limpieza vigorosa con alcohol de la zona seleccionada para colocar el electrodo.
3. Secado con gasa de los restos de alcohol que pudieran quedar.
4. Colocación del anillo de fijación en la zona de piel seleccionada, asegurándonos de su correcta adhesión a la piel y todo su contorno. Hay que asegurar la firmeza de la adhesión apretando con un dedo tanto en el centro como en la zona periférica del electrodo
5. Rellenamos el hueco del anillo con 3 ó 5 gotas de líquido del contacto que suministra el fabricante para la correcta medición del electrodo. El paciente debe estar colocado posturalmente de tal forma que la totalidad del líquido quede alojado en el anillo sin derramarse, al menos hasta que el electrodo impida la salida o el derrame del líquido.
6. Fijación del electrodo al anillo. Debemos alinear el cable del electrodo con la pestaña del anillo de fijación, presionar hasta su introducción y girar 90º en sentido de las agujas del reloj para asegurar el cierre. Si es necesario, limpiaremos el líquido de contacto sobrante expulsado tras la colocación del

electrodo. Una vez fijados todos los electrodos hay que esperar un tiempo para la estabilización de la medida, mínimo 15 minutos, para comenzar la adquisición de los registros de TcpO2. En cada una de las ubicaciones de los electrodos siempre hemos llevado a cabo esta espera de estabilización fisiológica.

7. Todos los casos (n=11) fueron evaluados con esta técnica por la misma persona.

Resultados

Analizamos las distintas variables de oxígeno detectadas en los 11 primeros casos consecutivos de pacientes lesionados medulares crónicos parapléjicos (nivel de lesión >D1) con una upp de más de 6 meses de evolución (Tabla I). Son los primeros casos de este tipo de pacientes con upp en los que se utiliza la técnica de TcpO2 para evaluar el estado oximétrico regional antes y después de ser operados. Empleamos una hoja de cálculo Microsoft Excel para analizar cada uno de los valores en cada posición del electrodo. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS para Windows (versión 12.0).

Los criterios de inclusión en el estudio fueron: pacientes parapléjicos con edad comprendida entre los 18 y los 65 años; upp crónica de grado III-IV (según la clasificación de Enis y Sarmiento de afectación tisular) y localización sacra, isquiática o trocantérea cuyo diámetro mayor externo no supere los 10 cm de diámetro; consentimiento informado firmado por el paciente y especialmente redactado para este estudio, que incluye y desarrolla de forma clara y veraz todas y cada una de las fases de las que consta el mismo, fases que además habrán sido explicadas pormenorizadamente, justificando los objetivos y el interés del estudio.

Los criterios de exclusión fueron: upp con diámetro externo superior a 10 cm y grado I ó II de afectación tisular según la clasificación de Enis y Sarmiento; upp que no están localizadas en el sacro, isquion o trocánter; pacientes con edad no comprendida entre los 18 y los 65 años; pacientes embarazadas y todos aquellos pacientes que no autorizan su entrada en el estudio clínico mediante la firma del consentimiento informado.

Los principales hallazgos obtenidos fueron los siguientes:

En la posición 1 preoperatorio (P1-pre: a 1 cm del borde de la upp) los valores obtenidos fueron de 27,28±13,83 mm Hg, mientras que en P1 postoperatorio fueron de 34,96±19,06 ($p<0.05$).

El valor medio del electrodo de referencia (nº1) en el momento del preoperatorio (50,07±13,54 mm Hg) es estadísticamente significativo ($p<0.05$) al compararlo con los valores medios de las posiciones (P1+P2+P3) obtenidos de TcpO2 de los electrodos nº2 (29,17±15,03 mm Hg), nº3 (34,51±13,15 mm Hg) y nº4 (30,37±17,81 mm Hg) analizados en el preoperatorio (Fig.4).

El valor medio del electrodo de referencia (nº1) en el momento preoperatorio (51,63±12,53mm Hg) fue estadísticamente significativo ($p<0.05$) al compararlo con el valor obtenido con el electrodo nº1 (38,60±14,63 mmHg) en el estado de postoperatorio (Fig. 5 y 6).

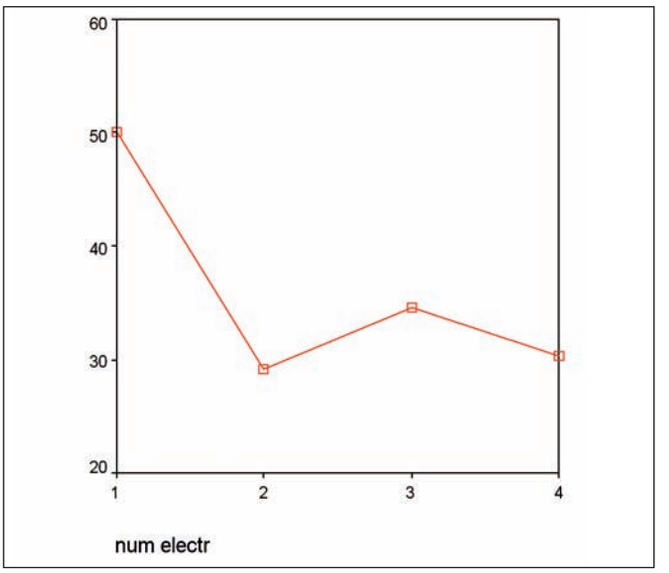

Fig. 4. Valores medios de TcpO2 obtenidos de todas las posiciones (P1+P2+P3) en el preoperatorio.

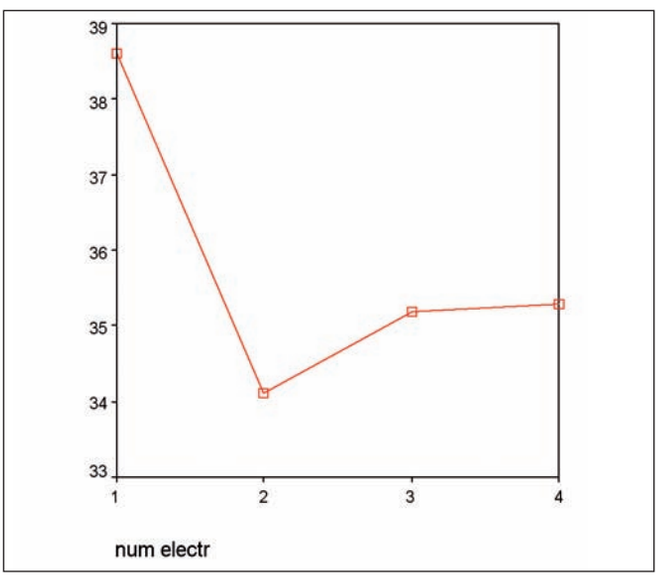

Fig. 5. Valores medios de TcpO2 obtenidos de todas las posiciones (P1+P2+P3) de los electrodos en el postoperatorio

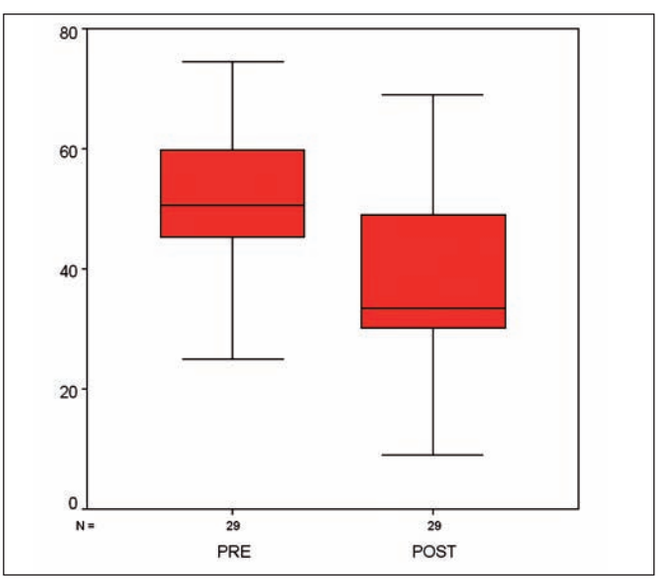

Fig. 6. Gráfico que representa la relación estadísticamente significativa entre los dos electrodos de referencia (Nº1) en el momento pre y postoperatorio

La comparación entre los valores preoperatorio y postoperatorio en la posición 1 (P1), sin tener en cuenta el electrodo nº1 de referencia, es significativa ($p<0.05$). No así en el resto de las comparaciones preoperatorio y postoperatorio en las posiciones P2 y P3 (Fig. 7 y Tabla II).

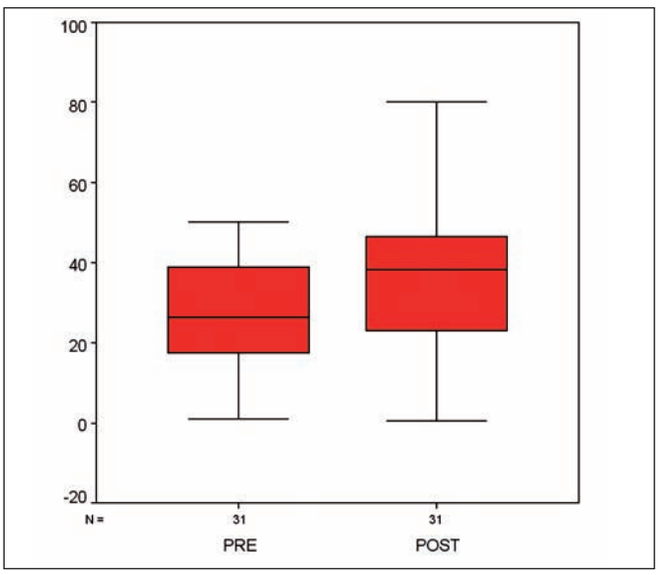

Fig. 7. Gráfico que representa la relación estadísticamente significativa (p<0.049) entre los valores de TcpO2 preoperatorios y postoperatorios en la posición 1 (P1).

Discusión

La úlcera por presión (upp) es un área de necrosis celular localizada resultante de una alteración mecánica, vascular y linfática de la piel y de tejidos más profundos situados entre el plano esquelético y una superficie externa resistente. En la formación de este tipo de úlceras se incluyen factores como: inmovilidad, atrofia muscular y lo que posiblemente sea lo más importante, la disrupción del sistema nervioso simpático (8). Todos estos factores llevan a una circulación precaria a nivel cutáneo que aún puede ser peor si el paciente tiene una demanda metabólica mayor para la curación de la upp. Este nivel de oxígeno que queda finalmente disponible para su difusión cutánea es lo que se denomina presión transcutánea de oxígeno (9).

La técnica de la detección de oxígeno transcutáneo (TcpO2) permite estimar la presión parcial de oxígeno a nivel subcutáneo. Para ello utiliza electrodos calientes no invasivos de tipo ClarK (10). Desde su descripción, su uso se ha extendido de forma espectacular en el campo de la Cirugía Vascular (11), de la diabetes (12) y con menos profusión en el ámbito de las úlceras vasculares (13). Más tarde, en los últimos 20 años, comenzó a extenderse su uso en el campo de los pacientes lesionados medulares (14) para evaluar el estado oximétrico en la región sacra de esta subpoblación de enfermos en la fase aguda de la lesión medular, que es cuando la incidencia en la aparición de upp puede alcanzar el 66% (15). En nuestra serie, todos los pacientes son lesionados medulares crónicos (de más de 1año de evolución) porque en la fase crónica las upp tienen una incidencia parecida o incluso superior (50-80%) y están localizadas principalmente en el área isquiática, seguida por la sacra y finalmente la trocantérea (14). Estos hallazgos, junto con el coste anual que se destina a su tratamiento, hacen de las upp un problema no sólo sanitario sino también

Tabla II. Valores medios±desviación standard en el preoperatorio y en el postoperatorio en la posición P1 (posición 1) (quitando electrodo nº1)

Valores pre y post posición 1 (quitando electrodo n1) Prueba T

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	PRE	27,2839	31	13,83520	2,48488
	POST	34,9677	31	19,06998	3,42507

Correlaciones de muestras relacionadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRE y POST	31	,212	,252

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
					95% Intervalo de confianza para la diferencia				
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	Inferior	Superior			
Par 1	PRE - POST	-7,6839	21,04869	3,78046	-15,4046	,0369	-2,033	30	,049

social y económico de gran envergadura. Este es el eje del problema: la upp y cómo mediante la TcpO2 podemos prevenir su aparición (14).

En este sentido Bogi et al. (6) establecieron un nivel límite aproximado de TcpO2 de 30 mm Hg en pacientes en fase de shock medular y las posibles acciones terapéuticas a llevar a cabo para evitar un descenso mayor y posiblemente para propiciar la aparición inminente de una upp. En nuestra serie, compuesta por lesionados medulares crónicos cada uno con un upp grado IV, hemos detectado una TcpO2 a 1 cm del borde de la úlcera de 27,28±13,83 mm Hg, por lo que queda demostrada la asociación de niveles bajos de TcpO2 con la aparición de upp (6). Este aspecto está ya demostrado en el campo de la Cirugía Vascular, haciendo de la TcpO2 una guía terapéutica para establecer el nivel de amputación así como un índice pronóstico de curación (15). En este sentido, en nuestra serie, ya hemos objetivado en 1 caso que niveles de TcpO2 preoperatorios < 20 mm Hg suponen complicaciones quirúrgicas de repetición que hacen necesarias varias intervenciones hasta conseguir la curación de la upp. También Lalka et al (15) demostraron que valores similares de TcpO2 en el postoperatorio llevan al fracaso de la revascularización, lo mismo que nosotros hemos comprobado en 2 casos en los que estos niveles (<20 mm Hg), hallados postoperatoriamente, significaron la dehiscencia temprana de la upp.

De esta forma creemos que el uso de la TcpO2 se está convirtiendo en un arma de uso indispensable, primero para predecir la aparición de una upp y después para monitorizar y prever las posibles vicisitudes tanto pre como postoperatorias y así limitar al máximo los costes asociados a esta patología, que no son nada desdeñables.

El estudio que presentamos es el primero en que se analizan los valores de TcpO2 periúlcera por presión (todos los pacientes de la serie tienen una upp grado IV) en lesionados medulares tanto en el momento preoperatorio como postoperatoriamente. Ha servido por tanto para evaluar la técnica de la TpcO2 en upp crónicas en lesionados medulares y ha permitido detectar unos niveles preoperatorios en posición 1 (P1: a 1 cm del borde de la upp) de TpcO2 de 27,28±13,83 mm Hg, por lo que se podría establecer un nivel de corte aproximado de aparición o riesgo inminente de inicio clínico de detección de una upp en piel sana cuando los valores de la TcpO2 sean inmediatamente inferiores a 30 mmHg.

Es llamativa la inexistencia de significación estadística al comparar el electrodo nº1 (referencia) en el momento postoperatorio con el resto de los electrodos en el momento postoperatorio, así como también la relación estadísticamente no significativa entre los electrodos nº2, nº3 y nº4 cuando son comparados en el momento pre y en el postoperatorio. Este hecho puede ser explicado por el descenso que sufre la TcpO2 del electrodo nº1 (referencia) en el momento postoperatorio mientras que el resto de los electrodos (nº2, nº3 y nº4) ascienden en su valor postoperatorio, acercándose por lo tanto ambos valores (38,5 mm Hg frente a 34 mm Hg, 35 mm Hg y 35 mm Hg respectivamente). Debido a la realización de 2 casos anecdóticos fuera de la serie para evaluar este hallazgo, podríamos explicarlo razonablemente por la continua y prolongada posición en decúbito prono que mantienen estos pacientes durante todo el postoperatorio, habitualmente cumplen una media de 40 días, con la consiguiente disminución y dificultad para realizar una correcta ventilación pulmonar y mantener una correcta circulación sistémica.

Evidentemente, hay que resaltar que este estudio preliminar tiene como fin validar la utilidad de la técnica TcpO2 en lesionados medulares con upp como guía de detección, terapéutica y de pronóstico; puede estar limitado en sus conclusiones debido a que el número de pacientes incluidos en el estudio es relativamente pequeño (n=11) y también porque el estudio no está randomizado ni tiene grupo control. Nuestra pretensión principal ha sido poner en marcha la técnica y su reproducibilidad para que en un futuro próximo podamos realizar un análisis prospectivo randomizado y controlado.

Conclusiones

Con los hallazgos que presentamos, la técnica de TcpO2 se va perfilando en el campo de las úlceras por presión crónicas en pacientes lesionados medulares como un instrumento útil que puede predecir su aparición, como una guía terapéutica que aporta información sobre la potencialidad de curación de las mismas y finalmente, como una guía de pronótico en la evolución por la información que aporta del estado oximétrico postoperatorio de las mismas.

Agradecimientos

Los autores quieren expresar agradecimiento muy cariñoso a Dña. María Sierra, bibliotecaria del Hospital Nacional de Parapléjicos de Toledo por su implicación absoluta y desinteresada como colaboradora y documentalista en la búsqueda bibliográfica necesaria para elaborar este manuscrito. También a la empresa BIOSER del grupo MBA por la traducción al inglés que ha realizado del resumen.

Dirección del autor

Dr. José Manuel Arévalo Velasco
Servicio de Cirugía Plástica
Hospital Nacional de Parapléjicos
Finca La Peraleda s/n
Toledo 45071. España
e-mail: josemarevalo@hotmail.com

Bibliografía

1. **Baumberger JP, Goodfriend RB.:** Determination of arterial oxygen tension in man by equilibration through intact skin. *Fed Proc* 1951;10: 10-14.
2. **Sheffield PJ.:** Measuring tissue oxygen tension: a review. *Undersea Hyperb Med* 1998; 25: 179-188.
3. **Faglia E, Favales F, Aldeghi A, et al.:** Adjuntive systemic hyperbaric oxygen therapy in treatment of severe prevalently isquemia diabetic foot ulcer. *Diabetes Care* 1996; 19: 1338.
4. **Marx RE, Johnson RD, Kline SN.:** Prevention of osteoradionecrosis: a randomized prospective clinical trial of hyperbaric oxygen versus penicillin. *J Am Dent Assoc* 1985; 3: 49.
5. **Mathieu D, Neviere R, Pellerin P, et al.:** Pedicle musculocutaneous flap transplantation: Prediction of final outcome by transcutaneous oxygen measurements in hyperbaric oxygen. *Plast Reconstr Surg* 1993; 91: 329.
6. **Bogi KM, Nuseibeh I., Bader DL.:** Transcutaneous gas tensions in the sacrum during the acute phase of spinal cord injury. *Proc Intsn Mech Engrs* 1992; 206: 1.
7. **Mawson AR, Siddiqui FH, Connolly BJ, et al.:** Sacral transcutaneous oxygen tension levels in the spinal cord injured: Risk factors for pressure ulcers?. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 745.
8. **Gelis A, Fattal C, Dupeyron A, et al.:** Reproductibility of transcutaneous oxygen pressure measurements in persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2009; 90: 507.
9. **Liu MH, Grimm DR, Teodorescu V.:** Transcutaneous oxygen tension in subjects with tetraplegia with and without pressure ulcers: A preliminary report. *J Rehabil Res and Develop* 1999; 36 (3): 202.
10. **Liu MH, Spungen AM, Fink L, et al.:** Increased energy needs in patients with cuadriplegia and pressure ulcers. *Adv Wound Care* 1996; 9 (3): 41.
11. **Pola P, Tondi P, Dal Lago A et al.:** Transcutaneous oximetry is useful in vascular pathology if a cutaneous reference map and maximal exercise test are used. *Vasc Endovas Surg* 1996; 30: 117.
12. **Fife CE, Buyukcakir C, Otto GH, et al.:** Factors influencing the outcome of lower extremity diabetic ulcers treated with hyperbaric oxygen therapy. *Wound Repair Regen* 2007; 15: 322.
13. **Hauser Cj, Klein SR, Mehringer M, et al.:** Assesment of perfusion in the diabetic foot by regional transcutaneous oximetry. *Diabetes* 1984; 33: 527.
14. **Bader DL, Gant CA.:** Changes in transcutaneous oxygen tension as a result of prolonged pressures at the sacrum. *Clin Phys Physiol Meas* 1988; 9: 33.
15. **Lalka SG, Malone JM, Anderson GG, et al.:** Transcutaneous oxygen and carbon dioxide pressure monitoring to determine severity of limb ischemia and to predict outcome. *J Vasc Surg* 1988; 7(4): 507.