

Modificaciones microcirculatorias inducidas por la electroestimulación epidural (SCS)¹

V. Sciacca - A. Mingoli * - L. Di Marzo - C. Maggiore y A. Cavallaro

I Instituto de Clínica Quirúrgica General.

Universidad de Estudios de Roma «La Sapienza».

* División de Neurocirugía, Hospital S. Filippo Neri, Roma (Italia)

RESUMEN

La tensión de oxígeno en los tejidos (T_{cpO_2}) y la flujometría Laser-Doppler (LDF) han sido utilizadas simultáneamente para valorar el efecto microcirculatorio de la electroestimulación epidural (SCS) en pacientes afectos de arteriopatía obliterante crónica periférica con dolor en reposo y/o necrosis de diámetro inferior a 3 cm^2 . Tales métodos han demostrado una disminución estadísticamente significativa del tono vasomotor y un aumento estadísticamente significativo del flujo y del volumen sin importantes modificaciones de la velocidad de circulación.

Los autores sostienen que los indicados métodos son útiles no sólo para valorar el efecto microcirculatorio de la SCS sino también para la elección de los pacientes candidatos a la SCS.

AUTHOR'S SUMMARY

Six patients (3 men, 3 women, mean age 74.2 years) affected by severe arterial insufficiency with rest pain and/or necrosis (smaller than 3 cm^2) have been studied simultaneously by means of transcutaneous oxygen tension (T_{cpO_2}) and laser Doppler flowmetry (LDF) measurements.

They had been submitted to epidural spinal cord electrical stimulation (ESES) device implant from one week to thirteen months previously.

T_{cpO_2} vasodilation index and LDF flow and LDF volume increased in 5 patients in whom the ESES was effective in pain relief and ulcer healing. In 1 diabetic patient the clinical result was poor and neither T_{cpO_2} nor LDF showed any improvement.

The LDF flow and LDF volume increase, coupled with the simultaneous T_{cpO_2} vasodilation index increase, testify to the amelioration of the cutaneous microcirculation, related to a diminished vasomotor tone (sympathetic activity), induced by ESES.

In diabetic patients with neuropathy (autonomic sympathectomy) a high vasodilation index contraindicates ESES implant.

Introducción

La Cirugía Vascular Reconstructiva, tratamiento de elección de pacientes con isquemia grave por arteriopatía obliterante crónica de los miembros inferiores, en el 20% de los sujetos con dolor en reposo y/o necrosis no resulta eficaz o no puede ser practicada por las precarias condiciones del lecho vascular periférico (Gregg, 1985). En estos casos, tanto la simpatectomía lumbar como el tratamiento médico conservador resultan incapaces de mejorar la circulación (Collins et al., 1981; Clyne, 1980), obligando a intervenciones demolitivas (amputación) que, además de sus elevados riesgos de morbilidad y mortalidad, son causa con frecuencia de una inaceptable calidad de vida para el paciente y de un enorme costo económico para la sociedad (Humphries et al., 1963; Stipa et al., 1987).

Una alternativa a la cirugía reconstructiva, propuesta y de aplicación reciente (Cook, 1976; Augustinson et al., 1985) es la electroestimulación medular (epidural; Spinal cord stimulation), que se ha demostrado de óptima eficacia en el control del dolor y de buen resultado en la mejoría de las condiciones circulatorias de los miembros isquémicos (Jivengard et al., 1987).

Para la valoración del efecto de la SCS a nivel circulatorio se han aplicado numerosos «tests» instrumentales: termografía, fotopletismografía, plethysmografía «strain-gauge», angiocentelleografía con Tc 99, flurometría radioisotópica (Xe^{133} , Tl^{201}), velocí-

¹ Original en español.

metría Doppler. Por desgracia estos métodos han dado a menudo resultados poco satisfactorios y no únicos en conseguir las modificaciones inducidas por la SCS ya que ellas se realizan a nivel de la microcirculación, no valorables con métodos tan ordinarios y en grado de estudio, sobre todo o exclusivamente en la microcirculación.

Tres exploraciones no invasivas se han introducido recientemente en el estudio de la microcirculación, demostrando su óptima fiabilidad: Capilaroscopía dinámica computarizada (DCM), Tensión de oxígeno en los tejidos (T_{cpO_2}) y Flujometría laser-Doppler (LDF).

La DCM aplicada en el estudio de pacientes con SCS ha evidenciado una mejoría del flujo cutáneo, sostenido por el aumento del número de capilares perfundidos inducido por la SCS (**Jacobs** et al., 1988).

La T_{cpO_2} , medida a través de electrodos de Clark, utilizada de inicio en el «monitorage» de las condiciones cardiorespiratorias de la terapia intensiva para recién nacidos (**Fenner** et al., 1975), fue aplicada para la valoración de la circulación cutánea en los pacientes arteriopáticos (**Cina** et al., 1980) y más recientemente en el estudio del tono vaso-motor (**Rooke** et al., 1987). En estudios precedentes a éste, los autores ya han demostrado cómo en pacientes arteriopáticos la T_{cpO_2} ha sido útil, ya sea en alcanzar el efecto de la SCS sobre condiciones metabólicas en los tejidos (**Sciacca** et al., 1986), ya sea en prever la eficacia de la SCS durante el período de prueba, con electrodo temporáneo (**Sciacca** et al., 1989).

La LDF es seguramente el método de más reciente aplicación en el estudio de la microcirculación y puede valorar, en un volumen tipo de aproximadamente 1 mm^3 , la perfusión cutánea a través de la medición de tres parámetros (flujo, volumen, velocidad) tanto a nivel capilar como

a nivel de las anastomosis arteriovenosas, o bien a nivel de los plexos subdérmicos (**Kvernebo** et al., 1988). Los principios que gobiernan tal método han sido descritos con detalle por otros (**Nilsson** et al., 1980; **Winsor** et al., 1927).

El presente estudio se propone valorar simultáneamente las modificaciones del T_{cpO_2} y de la LDF inducidas por la SCS.

Material y método

En 6 pacientes (3 hombres y 3 mujeres, de edad promedio de 74 años, entre 69-79) afectados de arteriopatía obliterante crónica de los miembros inferiores, asociada a diabetes en dos, todos con dolor en reposo y tres con lesiones necróticas de diámetro inferior a 3 cm^2 , fueron medidos los efectos de la SCS instaurada desde 13 meses a una semana antes («follow-up» medio de 8 meses) sobre T_{cpO_2} y sobre la LDF. En todos los pacientes la cirugía vascular reconstructiva y/o simpatectomía lumbar, practicadas con anterioridad, no había dado resultado satisfactorio y la arteriografía pre y/o peroperatoria había evidenciado arterias no aptas para otra reconstrucción. Tampoco la terapéutica médica había resultado eficaz y la amputación del miembro quedaba como única alternativa.

Mediante punción epidural en el espacio L₁-L₂ con agujas de Touhy n. 14, bajo control radioscópico, en posición prona del paciente, se introducía un electrodo cuya posición definitiva era entre D₉ y D₁₁.

La eficacia de la estimulación, monopolar en todos los pacientes, era valorada por la aparición de parestesias en las áreas isquémicas, en 5 pacientes durante un período de «test» variable de una a tres semanas. En un paciente en base a la medida preoperatoria de la T_{cpO_2} y de la LDF se implantaba el estimulador definitivo en única sesión, sin efectuar el período de ensayo. Des-

pués de tal período se procedía a introducir el electrodo, que se unía a un neuroestimulador multiprogramable instalado permanentemente en bolsa subcutánea en la fosa ilíaca, controlable desde el exterior mediante «computer».

En el momento del alta clínica el «pacemaker» en general era regulado para mantener la estimulación cíclica (cycle mode) con períodos de duración de un minuto con intervalos de 4 minutos, siendo equipado el paciente con un imán para encender o apagar el «pacemaker» en caso de sensaciones desagradables a nivel de las extremidades.

Las mediciones de la T_{cpO_2} y de las de la LDF se efectuaba de modo simultáneo sobre el dorso del pie, en una sala a temperatura constante (25 °C) con el paciente en posición supina y con sensores (Probes) calentados a 42 °C y 45 °C durante tres fases de 30 minutos cada uno: la primera (I) con estimulador apagado desde 12 horas, la segunda (II) con estimulador encendido y la tercera (III) con estimulador apagado.

El Índice de vasodilatación ($T_{cpO_2} 42^\circ\text{C}/T_{cpO_2} 45^\circ\text{C}$) fue calculado en las tres fases y comparado con los parámetros (flujo, volumen y velocidad) de la LDF.

Para el análisis estadístico entre las diferentes fases era utilizado el «test» de Student (paired), considerando como válidos los valores de los últimos 5 minutos de las tres fases, respectivamente a 42 °C y a 45 °C por un total de 720 datos. En un paciente el Índice de vasodilatación y la LDF fueron medidos también antes de la instalación del estimulador.

Resultados

Los resultados sobre el control del dolor han sido óptimos en todos los pacientes; sólo en dos de los tres que presentaban lesiones necróticas se ha obtenido su curación o mejoría.

El Índice de vasodilatación ha

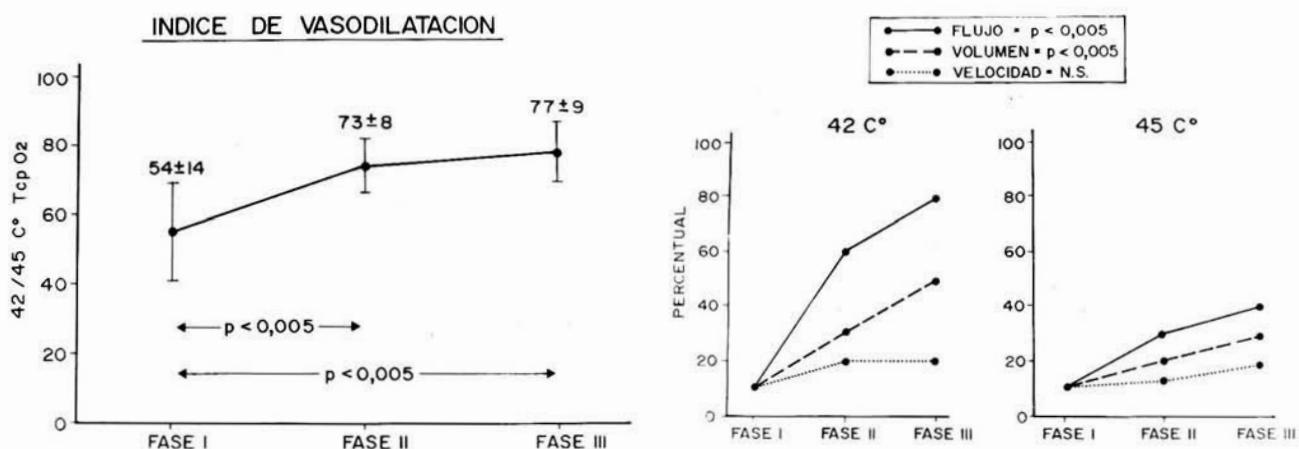


Fig. 1a y Fig. 1b.

aumentado de 0.54 ± 0.14 en fase I a 0.73 ± 0.08 y 0.77 ± 0.09 , respectivamente, en fase II y III ($p < 0.005$, Fig. 1a).

La LDF ha demostrado un aumento estadísticamente significativo ($p < 0.005$) del flujo y del volumen en fases II y III, mientras que la velocidad quedaba casi sin variación (Fig. 1b).

Discusión

En este estudio la $TcpO_2$ y la LDF han demostrado ser métodos adecuados y válidos para valorar las modificaciones microcirculatorias inducidas por la SCS.

El aumento del Indice de vasodilatación en fase II y III representa la reducción del tono vasomotor (actividad simpática) causada por SCS. Este fenómeno ocurría en los 5 pacientes en que la SCS logró evitar la amputación, en tanto estaba ausente en un paciente diabético que luego tuvo que amputarse. El mejor resultado clínico, desde el punto de vista circulatorio, ha sido observado en aquellos pacientes en los que el Indice de vasodilatación en fase I era igual o inferior a 0.55, y ello suponiendo que la SCS induciría una simpaticolisis funcional reversible (Meglio et al., 1981), más válida cuanto mayor es la actividad del

simpático (bajo Indice de vasodilatación). Por lo tanto, en pacientes con este Indice bajo en fase preoperatoria es previsible un mejor efecto desde el punto de vista microcirculatorio, mientras el efecto antiálgico no está influenciado, obviamente, por el aludido parámetro.

Los datos de la LDF se comparan favorablemente con los señalados por el uso de la DCM por Jacobs et al. (1988). Estos autores han demostrado un aumento de la densidad capilar, de los índices de flujo y de velocidad de los glóbulos rojos, sin significativas modificaciones del diámetro de los capilares. A la LDF el aumento de volumen, que influye en la mejoría del flujo, representa el aumento señal «Back-scattered» de los glóbulos rojos, lo que es bien comparable con el aumento de la densidad capilar demostrada por la DCM.

Los efectos de la SCS sobre la microcirculación pueden ser explicados, a su vez, a través de la teoría de «gate control» (Melzack y Wall, 1965): La solución del dolor suprime el reflujo vasoconstrictor que en general se produce como respuesta al propio dolor. Pero la vasodilatación sola no puede justificar los datos de la DCM y la LDF.

La mejoría de las condiciones me-

tabólicas de los tejidos, comprobada por los resultados clínicos como por el aumento de los parámetros $TcpO_2$ y LDF, cabe ser debida también a la liberación local de sustancias vasodilatadoras, como las prostaglandinas u otros factores humorales, tales las endorfinas (Hilton y Marsall, 1980; Tallis et al., 1984). Según otros autores (Richardson y Dempsey, 1984), el efecto microcirculatorio sería atribuible a un aumentado «turnover» de la serotonina inducido por la SCS.

Los mejores efectos sobre la microcirculación ocasionados por la SCS en pacientes arteriopáticos no diabéticos, comparados con los obtenidos en sujetos arteriopáticos diabéticos (Augustsson et al., 1985) pueden ser atribuidos al daño de las fibras simpáticas (neuropatía), llamado autopsipectomía (Quayle, 1978), típica del diabético y evidenciada por el aumento del Indice de vasodilatación en el estudio que antecede la aplicación del neuroestimulador.

Los óptimos resultados de la SCS, aplicada por algunos autores (Martano et al., 1987) en sujetos con arteriopatías vasospásticas (M. Raynaud) o en otras patologías asociadas al fenómeno de Raynaud, serían una posterior confirmación del

efecto microcirculatorio de la SCS interpuerto por la simpácolisis funcional reversible que la misma comporta.

Conclusiones

Basándonos en este estudio, deducimos que el Índice de vasodilatación T_{cpO_2} y la LDF representa un progreso sucesivo en la valoración de los pacientes afectados de arteriopatía obliterante crónica, candidatos a la aplicación de un «pacemaker» epidural. La LDF presenta la ventaja, con respecto a la T_{cpO_2} , de ser más simple y de más rápida ejecución, aunque hoy por hoy no está en condiciones de proporcionar un dato numérico fiable para valorar el tono vasomotor de la microcirculación, elemento de relieve sobre la eficacia de la SCS.

Las modificaciones inducidas por la SCS sobre el Índice de vasodilatación T_{cpO_2} y sobre la LDF suponen la presencia de un mecanismo de simpácolisis funcional reversible, que se mantiene más de 30 minutos tras el apagado del «pacemaker».

BIBLIOGRAFIA

- GREGG, R. O.: By-pass or amputation? Concomitant review of by-pass arterial grafting and major amputations. *«Amer. J. Surg.»*, 149: 397-402, 1985.
- COLLINS, C. J.; RICH, N. M.; CLAGETT, G. P. et al.: Clinical results of lumbar sympathectomy. *«Amer. Surgeon»*, 47: 31-35, 1981.
- CLYNE, C. A. C.: Non-surgical management of peripheral vascular disease: a review. *«Brit. Med. J.»*, 281: 794-797, 1980.
- HUMPHRIES, A. W.; YOUNG, J. R.; DE WOLFE, V. G. V. et al.: Severe ischemia of lower extremity due to arteriosclerosis obliterans. *«Arch. Surg.»*, 87: 191-200, 1963.
- STIPA, S.; CAVALLARO, A.; SCIACCA, V. et al.: Le amputazioni degli arti inferiori per arteriopatia: il problema della riabilitazione. *«Giorn. Riabil.»*, 3: 257-266, 1987.
- COOK, A. W.; OYGAR, A.; BAGENSTOS, P. et al.: Vascular disease of the extremities: electrical stimulation of the spinal cord and the posterior roots. *«NY State J. Med.»*, 76: 366-368, 1976.
- AUGUSTISSON, L. E.; HOLM, J.; CARLSSON, C. A. et al.: Epidural electrical stimulation in severe limb ischemia. Evidence of pain relief, increased blood flow and a possible limb saving effect. *«Ann. Surg.»*, 202: 104-111, 1985.
- JIVEGARD, L.; AUGUSTISSON, L. E.; CARLSSON, C. A. et al.: Long-term results by epidural spinal electrical stimulation (ESES) in patients with inoperable severe lower limb ischaemia. *«Eur. J. Vasc. Surg.»*, 1: 345-349, 1987.
- JACOBS, M. J.; JORNING, P. J.; JOSHI, S. R. et al.: Epidural spinal cord electrical stimulation improves microvascular blood flow in severe limb ischemia. *«Ann. Surg.»*, 207: 179-183, 1988.
- FENNER, A.; MULLER, R.; BUSSEE, H. G. et al.: Transcutaneous determination of arterial oxygen tension. *«Pediatrics»*, 55: 224-228, 1975.
- CINA, C.; KATSAMOURIS, A.; MEGERMAN, J. et al.: Utility of transcutaneous oxygen tissue measurements in peripheral arterial occlusive disease. *«J. Vasc. Surg.»*, 1: 362-371, 1984.
- ROOKE, T. W.; HOLLIER, L. H.; OS-MUNDSON, P. J.: The influence of sympathetic nerves on transcutaneous oxygen tension in normal and ischemic lower extremities. *«Angiology»*, 38: 400-410, 1987.
- SCIACCA, V.; TAMORRI, M.; ROCCO, M. et al.: Modifications of transcutaneous oxygen tension in lower limb peripheral arterial occlusive disease patients treated with spinal cord stimulation. *«It. J. Surg. Sci.»*, 16: 279-282, 1986.
- SCIACCA, V.; MINGOLI, A.; DI MARZO, L. et al.: Predictive value of transcutaneous oxygen tension measurement in the indication for spinal cord stimulation in patients with peripheral vascular disease: preliminary results. *«Vasc. Surg.»*, 23: 128-132, 1989.
- KVERNEBO, K.; SLAGSVOLD, C. E.; STRANDE, E. et al.: Laser doppler flowmetry in the evaluation of lower limb resting skin circulation. *«Scand. J. Clin. Lab. Invest.»*, 48: 621-626, 1988.
- NILSSON, G. E.; TENLAND, T.; OBERG, P. A.: A new instrument for continuous measurements of tissue blood flow by light beating spectroscopy. *«I.E.E.E. Trans. Biomed. Eng.»*, BME, 27: 12-19, 1980.
- NILSSON, G. E.; TENLAND, T.; OBERG, P. A.: Evaluation of a laser doppler flowmetry for measurements of tissue blood flow. *«I.E.E.E. Trans. Biomed. Eng.»*, BME, 27: 597-604, 1980.
- WINSOR, T.; HUAMSCHILD, D. J.; WINSOR, D. W. et al.: Clinical application of laser doppler flowmetry for measurement of cutaneous circulation in health and disease. *«Angiology»*, 38: 727-736, 1987.
- MEGLIO, M.; CIONI, B.; DAL LAGO, A. et al.: Pain control and improvement of peripheral blood flow following epidural spinal cord stimulation. *«J. Neurosurg.»*, 54: 821-823, 1981.
- MELZACK, R.; WALL, P. D.: Pain mechanism: a new theory. *«Science»*, 150: 971-979, 1965.
- HILTON, S. M.; MARSHALL, J. M.: Dorsal root vasodilatation in cat skeletal muscle. *«J. Physiol.»*, 299: 277-288, 1980.
- TALLIS, R. C.; ILLIS, L. S.; SEDGWICK, E. M. et al.: Spinal cord stimulation in peripheral vascular disease. *«J. Neurol. Neurosurg. Psych.»*, 46: 478-484, 1983.
- RICHARDSON, D. E.; DEMPSEY, C. W.: Monoamine turnover in CSF of patients during dorsal column stimulation for pain control. *«Pain»*, suppl. 2: 224-231, 1984.
- QUAYLE, J. B.: Diabetic autonomic neuropathy in patients with vascular disease. *«Brit. J. Surg.»*, 65: 305-310, 1978.
- MARITANO, M.; VIGNOTTO, F.; SPINA, G. et al.: Ruolo della stimolazione elettrica del midollo spinale in terapia del dolore. *Atti XLI Congr. Naz. SIAARTI*, 1987, pág. 59-70.