

## Archivos de Cardiología de México

Volumen **72**  
Volume

Número **2**  
Number

Abril-Junio **2002**  
April-June

*Artículo:*

Respuesta del flujo sanguíneo de la piel  
con diferentes maniobras respiratorias  
en sujetos sanos

Derechos reservados, Copyright © 2002:  
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

Otras secciones de  
este sitio:

- 👉 Índice de este número
- 👉 Más revistas
- 👉 Búsqueda

*Others sections in  
this web site:*

- 👉 *Contents of this number*
- 👉 *More journals*
- 👉 *Search*

## *Respuesta del flujo sanguíneo de la piel con diferentes maniobras respiratorias en sujetos sanos*

Shaula Mundo López,\* Bruno Estañol,\* José Francisco Téllez Zenteno,\* Noel Plascencia Alvarez,\*\* Marco Vinicio Corona,\*\* Oscar Infante,\*\*\* Guillermo García Ramos\*

### Resumen

**Introducción:** En el diagnóstico de las alteraciones autonómicas el estudio de la variabilidad del flujo sanguíneo de la piel (FSP) y la respuesta simpático-cutánea (RSC) con diferentes maniobras respiratorias no es utilizado de forma rutinaria. **Objetivo:** Estandarizar el método de variabilidad del FSP y la RSC en sujetos sanos durante cuatro maniobras respiratorias (MR): 1) respiración espontánea (RE); 2) respiración rítmica (RR) a una frecuencia de 6 por minuto; 3) inspiración profunda repentina (IPR); 4) Maniobra de Valsalva (MV). **Sujetos, material y métodos:** En un estudio transversal se estudiaron a 30 sujetos sanos con una edad promedio de 32 años, el 60 por ciento fueron mujeres y el 40 por ciento hombres. Se colocó un fotopleletismógrafo en el dedo para medir el FSP y electrodos de superficie sobre la palma de la mano para registrar la RSC. Se registraron también el electrocardiograma (ECG) y los movimientos respiratorios. Las variables a medir fueron: 1. amplitud del FSP; 2. porcentaje de disminución de FSP durante las maniobras, 3. latencia y duración de la RSC. **Resultados:** Durante la RE no hubo modulación respiratoria del FSP y durante la RR el FSP fue modulado con la respiración. En la respiración profunda repentina hubo una disminución de FSP del 60 por ciento sobre el basal. Sin embargo durante la MV se observó una disminución de FSP (72%). Al comparar estos porcentajes entre las cuatro MR se encontró una significancia estadística ( $P < 0.050$ ). La disminución del FSP se recuperó más lentamente después de la IPR (latido 17) comparado con la re-

### Summary

RESPONSE OF SKIN BLOOD FLOW TO SEVERAL RESPIRATORY MANEUVER BRIT IN NORMAL SUBJECTS

**Introduction:** In the diagnosis of autonomic disturbances, the variability of skin blood flow (SBF) and the sympathetic skin response (SSR) in response to several respiratory maneuvers are not routinely studied. **Objective:** We sought to standardize the method of SBF variability and SSR in healthy subjects during four respiratory maneuvers: 1) spontaneous breathing (SB); 2) rhythmic breathing at a rate of 6 per minute (RB); 3) sudden deep inspiration (SDI); 4) Valsalva maneuver (VM). **Subjects, material and method:** We studied 30 healthy subjects with a mean age of 32 years, 60% were men and 40% women. We used a photoplethysmograph in the finger pad to measure SBF and surface electrodes on the palms of the hand to register the SSR. We also recorded the ECG and the respiratory movements. The variables were: 1) amplitude of SBF; 2) latency and duration of SSR; 3) percentage of decrease of the SBF during the maneuvers compared with the basal flow. **Results:** During spontaneous breathing there was no respiratory modulation of the SBF and during RB the SBF was modulated with respiration. With SDI there was a 60% decrease of the SBF. VM induced a larger SBF decrease of 72 per cent. A significant statistical difference was revealed when we compared the decrease of SBF basal breathing with SDI and VM ( $P < 0.001$ ). The difference was also significant between the SDI and VM ( $P < 0.001$ ). The SBF decrease recovered more slowly after

\* Departamento de Neurología y Psiquiatría Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición. "Salvador Zubirán", México D.F.

\*\* Laboratorio de Neurofisiología Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", México D.F.

\*\*\* Departamento de Instrumentación, Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez" (INCICH, Juan Badiano No. 1, Col. Sección XVI, Tlalpan, 14080 México, D. F.).

#### Correspondencia:

Bruno Estañol Vidal. Departamento de Neurología, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán". Vasco de Quiroga No. 15, Colonia Sección XVI Delegación Tlalpan, México, D.F. E-mail: bestanol@hotmail.com

Recepción: 21 de enero de 2002

Aceptado: 1 de abril de 2002

cuperación de FSP después de la MV (latido 6) ( $P < 0.001$ ). La latencia de la RSC fue más larga durante la RE (1.7 s) y la RR (1.6 s) comparado con las latencias observadas durante la IPR (0.7 s) y la MV (0.8 s) ( $P < 0.001$ ). La duración de la RSC fue significativamente más larga en la IPR ( $7.8 \pm 2.4$  s) y durante la MV ( $8 \pm 2.5$  s) comparado con los valores obtenidos durante la RE ( $6.3 \pm 1.0$  s) y la RR ( $6.4 \pm 1.5$  s) ( $P < 0.008$ ). **Conclusión:** La RE y la RR inducen modulación periódica de la actividad simpática de los vasos sanguíneos de la piel y de las glándulas sudoríparas; sin embargo IPR y la MV producen la mayor activación de la actividad simpática en la piel. El aumento en la duración de la RSC, la disminución en la latencia de la RSC y la profunda disminución del FSP con la IPR y la MV sustentan esta hipótesis. La explicación más aceptada es que obedecen a un comando central. La recuperación del FSP que ocurre más rápido durante la MV comparado con la IPR sugiere; que la respuesta simpática es inhibida más rápidamente posterior a la MV. La explicación a este fenómeno es aún desconocida, pero esto sugiere que puede ser mediada por actividad del barorreceptor.

the SDI (beat 7) than after the VM (beat 6). The SBF decrease was more pronounced in magnitude during the VM. The latency of the SSR appears spontaneously and at random in 57% of subjects during normal breathing but it appeared consistently during RB, SDI, and VM. The latency of SSR was longer during SB ( $1.7 \pm 0.7$  s), RB ( $1.6 \pm 0.7$  s) than SDI ( $0.7 \pm 0.5$  s) and VM ( $0.8 \pm 0.9$  s) ( $P > 0.050$ ). Duration of the SSR was significantly longer in the SDI (around  $7.8 \pm 2.4$  s) and during the VM ( $8 \pm 2.5$  s) as compared to normal breathing ( $6.3 \pm 1.0$  s) and RB ( $6.4 \pm 1.5$  s) ( $P < 0.009$ ). **Conclusions:** SB and RB induce periodic modulation of sympathetic activity to skin blood vessels and sweat glands. SDI and VM produced a much greater activation of sympathetic skin activity than SB and RB. The increased SSR duration and the profound SBF decrease with SDI and VM as compared to SB or RB are consistent with this hypothesis. The latency of the SSR is much shorter with SDI and VM than with SB or RB. The most likely explanation is that the SSR, under these circumstances, results from a central command. The recovery to normal SBF is faster after the VM as compared to SDI. This suggests that the withdrawal of sympathetic responses is faster after the VM. The explanation for this is unknown but suggests that it might be baroreceptor mediated. (Arch Cardiol Mex 2002; 72:115-124).

**Palabras clave:** Inspiración profunda repentina (IPR). Respiración rítmica (RR). Maniobra de Valsalva (MV). Respuesta simpático cutánea. Flujo sanguíneo pulsátil. Sistema nervioso autónomo.

**Key words:** Sudden deep inspiration (SDI). Rhythmic breathing (RB). Valsalva maneuver (VM). Skin blood flow. Sympathetic skin response. Autonomic nervous system.

## Introducción

En 1948 Gilliat<sup>1</sup> demostró que la inspiración brusca repentina disminuía el flujo sanguíneo de la piel (FSP) de las yemas de los dedos por unos cuantos segundos. Se pensó que la respuesta era un reflejo mediado por descargas simpáticas a través de vías eferentes del brazo que viajaban hasta los vasos de la piel para provocar vasoconstricción. Esta descarga simpática podría ser producida por las neuronas de la columna intermediolateral del cordón espinal.<sup>2</sup> Delius<sup>3</sup> encontró que el flujo sanguíneo de la piel de los dedos disminuía con la inmersión de la otra mano en agua fría y postuló la respuesta vascular como un reflejo espinal. Hagbarth<sup>4</sup> postuló que la disminución del flujo sanguíneo de la piel no era aparentemente modulada por la acción de un reflejo barorreceptor en contraste con el flujo sanguíneo muscular. Se

ha encontrado que el flujo sanguíneo de la piel desciende transitoriamente durante la maniobra de Valsalva y durante el período de tiempo que el sujeto necesita para ponerse de pie.<sup>5</sup> Estudios recientes en los que se ha utilizado láser Doppler para medir el flujo sanguíneo pulsátil (FSP) de la piel han mostrado que durante el tiempo de espiración forzada contra el cierre de la glotis de la maniobra de Valsalva (MV) el FSP disminuye.<sup>5-8</sup> Esto también ocurre al momento de levantarse.<sup>9-11</sup> Estos cambios son producidos por actividad de pequeñas fibras C simpáticas pobremente mielinizadas.<sup>12,13</sup>

Estas fibras en sus terminaciones simpáticas aferentes y eferentes están involucradas en la regulación de la microcirculación, y en la respuesta simpático-cutánea (RSC) ya que ésta resulta de la activación del potencial de acción de las glándulas sudoríparas producido por las fi-

bras C eferentes simpáticas.<sup>12,13</sup> Existe suficiente evidencia que demuestra que antes de que se presenten cambios en las grandes fibras mielinizadas A (alfa) y A (beta) que se manifiestan como debilidad, adormecimiento, hipoestesia, pérdida de la sensibilidad, ya existen cambios en las fibras pequeñas.<sup>12-17</sup> Por lo tanto cuando los pacientes tienen manifestaciones francas de neuropatía es muy probable que tengan ya afección del sistema nervioso autónomo. Las alteraciones autonómicas de la piel se diagnostican en la práctica clínica diaria mediante el interrogatorio y la exploración física pero existen pocos métodos neurofisiológicos utilizados de forma rutinaria para precisar este diagnóstico.<sup>18</sup> En este estudio hemos validado una técnica para el estudio de la función autonómica de la piel en sujetos sanos; que podría tener aplicación a sujetos con patologías que afectan el sistema nervioso autónomo (SNA).

### Material y métodos

**Sujetos de estudio.** Se incluyeron 30 sujetos sanos. Los criterios de inclusión fueron: no tener antecedentes de enfermedad del sistema nervioso central o periférico, de 20-55 años de edad, 48 horas de abstinencia a sustancias que contengan cafeína, no antecedente de ingesta de medicamentos con efecto cardiovascular o sobre el sistema nervioso, sin antecedentes de alcoholismo, tabaquismo y/o toxicomanías. Fueron excluidos aquellos pacientes con evidencia de enfermedad vascular periférica y/o neuropatías, ingesta de anticolinérgicos, embarazo, pacientes con neuropatías periféricas por diabetes mellitus, síndromes paraneoplásicos, neuropatías por amiloide así como por otras causas. A cada sujeto se le realizó previo al estudio una valoración clínica y examen neurológico para corroborar su condición de ser sano y no padecer enfermedad del sistema nervioso.

**Objetivo.** El objetivo general de este estudio fue establecer parámetros de normalidad en sujetos de población mexicana para estandarizar el método de variación del FSP y la RSC en 4 instancias: 1. respiración espontánea (RE), 2. respiración rítmica (RR) de 10 seg. (6 por minuto), 3. inspiración profunda repentina (IPR), 4. maniobra de Valsalva (MV).

**Descripción de la técnica.** Para el registro se utilizó un polígrafo digital Cadwell con un muestreo analógico digital de 32 bytes y 3,200 Hz. Para la medición del FSP de la piel se utilizó un

fotopletismógrafo digital construido y validado por Infante y cols<sup>19</sup> en el departamento de Ingeniería Biomédica del Instituto Nacional de Cardiología. El fotopletismógrafo digital está integrado por 2 diodos de emisión de luz (DEL); (uno de ellos infrarrojo) y un fototransistor en medio de los dos para captar la luz reflejada por la hemoglobina y la desoxihemoglobina. El fotopletismógrafo se colocó en el pulpejo del dedo anular de la mano izquierda, con la mano a la altura del corazón. La señal del fotopletismógrafo se captó con dos electrodos que se conectaron a dos entradas del preamplificador del polígrafo digital. Se midió la fase sistólica del registro en *mV*, 10 señales antes y 10 después para el caso de la MV, 5 señales antes de realizar la IPR y se continuó midiendo hasta la recuperación de la señal de flujo sanguíneo; en el caso de la RE y la RR (6 por min.) se midieron 50 señales de cada muestra respectivamente. La RSC es una onda lenta bifásica o monofásica generada por el potencial de acción de las glándulas sudoríparas de la piel; fue registrada en la palma de la mano derecha; por medio de electrodos de superficie de oro; el activo fue colocado en la palma, el electrodo de referencia en el dorso, y un electrodo de tierra se colocó en la cabeza del radio. El filtro de baja frecuencia fue ajustada en 0.32 Hz y el filtro de alta en 1,000 Hz. La ganancia fue ajustada en 500 a 1,000 *mV* por cuadro y la velocidad de barrido en 1,000 ms por cuadro. La impedancia fue mantenida por debajo de 5 KA. Se utilizó un neumógrafo adaptado con un cristal piezo-eléctrico para obtener el registro de la respiración; el cinturón del neumógrafo se colocó en la unión toraco-abdominal de cada paciente.

Las condiciones de los sujetos que realizaron las maniobras fueron: posición sedente y en reposo, se pidió a los sujetos que se mantuvieran alerta a las indicaciones, la temperatura en las extremidades de los sujetos se mantuvo entre 25-35 grados centígrados. Las condiciones ambientales bajo las cuales se realizó el registro en el laboratorio de neurofisiología fueron: cuarto a media luz, silencio adecuado, temperatura ambiental 25-30 grados centígrados y piso antiestático. Tanto la temperatura de las extremidades de los sujetos como la ambiental se registró 30 minutos antes de comenzar el estudio, y al inicio de cada maniobra respiratoria.<sup>20,21</sup> El registro neurofisiológico tuvo una duración aproximada de 35 minutos, período en el cual se realizaron las cuatro maniobras respiratorias; maniobra 1: que consis-

tió en registrar 5 minutos de actividad basal; donde el sujeto respira espontáneamente, maniobra (RE) 2: el sujeto realizó 6 ciclos respiratorios profundos rítmicos de 10 segundos de duración cada ciclo, maniobra (RR) 3: donde el sujeto realizó inspiraciones profundas repentinas (IPR), maniobra 4 donde el sujeto a la indicación hizo inspiración profunda seguida de una espiración forzada a través de una boquilla conectada a un esfigmomanómetro, elevando la presión a 40 mm Hg durante 15 segundos (MV). Cada maniobra fue hecha en tres ocasiones con un minuto de descanso excepto en la MV donde se concedió 3 minutos de descanso. Las variables a medir fueron: intervalo R-R (mseg), amplitud de señal del FSP (mV), latencia y duración de RSC (seg), latido al cual ocurre la máxima disminución de FSP en las maniobra 3 y 4, latido al cual se llega a la recuperación del FSP de la piel en las maniobras 3 y 4, porcentaje de disminución de FSP de la piel ( $FSP_{\text{basal}} - FSP_{\text{mínimo}} / FSP_{\text{basal}} \times 100$ )<sup>16</sup> durante las maniobras 3 y 4, índice de Valsalva (intervalo R-R más largo al final de la Valsalva / intervalo R-R más corto durante la Valsalva).<sup>22</sup> Todas las variables fueron medidas a una sensibilidad de 7 mV/mm, velocidad 5-10 mseg filtro de altas frecuencias 15 Hz y constante de tiempo 0.016 mseg en el registro general.

**Análisis estadístico.** Se utilizó un análisis descriptivo de acuerdo al nivel de medición de las variables. Se utilizó estadística inferencial (ANOVA) entre los valores basales y los valores obtenidos durante las diferentes maniobras. Para comparar dos grupos dependiendo de la distribución de las variables se utilizó la prueba t-Student (distribución normal) y la prueba de Wilcoxon (distribución no normal).

## Resultados

### Características sociodemográficas

Se estudiaron 30 sujetos, 18 (60%) mujeres y 12 (40%) hombres; con una edad promedio de  $32 \pm$

10 años, sanos, todos excepto 2 sujetos practicaban algún deporte como; correr, natación, tenis, ejercicio aeróbico y fútbol.

### Resultados de las variables medidas

La *Tabla I* muestra que la RSC estuvo presente de forma aparentemente espontánea y al azar en poco más de la mitad (57%) de los 30 sujetos sometidos al estudio durante la RE; estuvo presente en alrededor del 97 por ciento de los sujetos durante la RR, y estuvo siempre presente (100%) tanto en la IPR como en la MV. Al comparar la latencia de la RSC mediante la prueba de ANOVA se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.001$ ) entre las 4 maniobras y mediante prueba de Tukey la diferencia estadística ( $P < 0.050$ ), se observó entre la latencia de la RSC durante la RE ( $1.7 \pm 0.7$  seg) vs la latencia de la RSC promedio en la IPR ( $0.7 \pm 0.5$  seg) y MV ( $0.8 \pm 0.9$  seg). Mediante ANOVA también observamos diferencia estadística ( $P = 0.009$ ) al comparar la duración de la RSC entre las cuatro maniobras y mediante prueba de Tukey la principal diferencia ( $p < 0.050$ ) fue entre el valor promedio de la duración de la RSC de la RE ( $1.7 \pm 0.7$  seg) vs la duración promedio de la RSC de la IPR ( $7.8 \pm 2.4$  seg) y la duración promedio de la MV ( $8 \pm 2.5$  seg). Las *Figuras 1 y 2* muestran de forma más clara estas diferencias. Como podemos observar, la mayor significancia estadística se encontró entre las IPR y la MV por lo que decidimos analizarlas de forma más específica. En la *Tabla III* se analizan tanto la IPR como la MV; al comparar mediante t-Student el FSP previo a ambas maniobras (IPR =  $151.3 \pm 19.5$  mV; MV =  $156 \pm 24$  mV) no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.050$ ). Sin embargo, en la misma tabla se observa la diferencia estadísticamente ( $P < 0.001$ ) entre los valores de FSP a la máxima disminución registradas entre las cuatro MR (RE =  $121.4 \pm 34$  mV; RR =  $74.8 \pm 31.8$  mV; IPR =

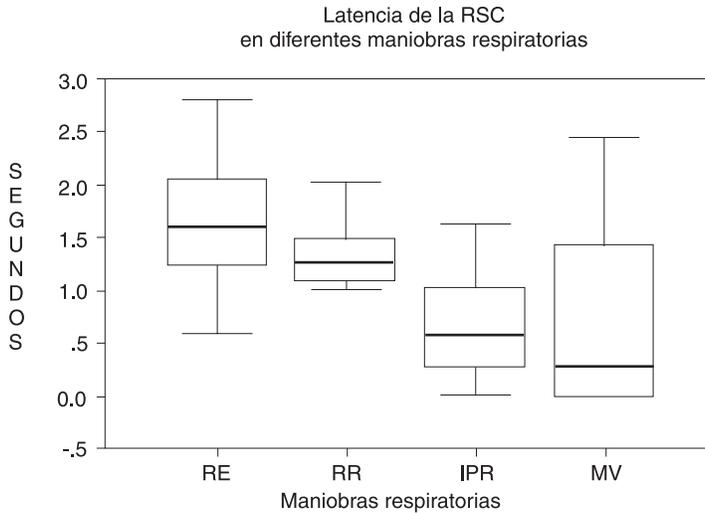
**Tabla I.** Respuesta simpático cutánea con diferentes maniobras respiratorias (n = 30).

	Respiración espontánea (RE)	Respiración rítmica (RR)	Inspiración profunda repentina (IPR)	Maniobra de Valsalva (MV)	P
Presencia RSC (%)	57	93	100	100	
Latencia RSC (seg)	$1.7 \pm 0.7^*$	$1.6 \pm 0.7$	$0.7 \pm 0.5^*$	$0.8 \pm 0.9^*$	$< 0.001$
Duración RSC (seg)	$6.3 \pm 1.0^*$	$6.4 \pm 1.5$	$7.8 \pm 2.4^*$	$8 \pm 2.5^*$	0.009

\*Al comparar la latencia y duración de la RSC mediante prueba de Tukey entre las maniobras 1 vs 3 y 4 se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.050$ ).

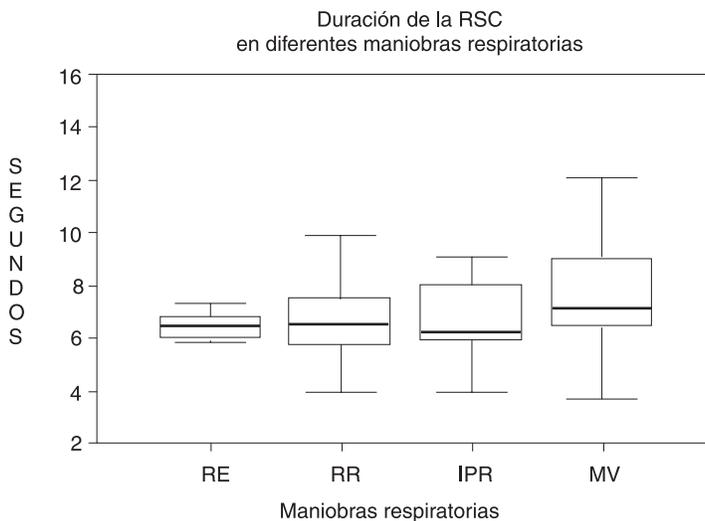
$62.2 \pm 21 \text{ mV}$ ;  $MV = 42.6 \pm 16.5 \text{ mV}$ ), la mayor diferencia se encontró al comparar los valores de esta variable entre la RE vs IPR y MV ( $P <$

0.001). El porcentaje de disminución de FSP durante la RE fue de 35%; para la RR de 56%; para IPR fue de 60% y para MV de 73% ( $P <$  0.001). La *Tabla IV* muestra que al comparar el latido de máxima disminución de FSP de la IPR [latido 8 (9-12)] vs latido de máxima disminución de FSP de la MV [latido 14 (9-20)] (tomando en cuenta como "latido 1" al que ocurre al inicio de la maniobra) se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $P <$  0.001). Esta diferencia también se encontró al comparar el latido de recuperación al final de la IPR [latido 17 (11-20)] vs latido de recuperación al final de la MV [latido 6 (3-9)] ( $P <$  0.001). El índice de Valsalva calculado en todos los sujetos fue de  $1.8 \pm 0.3$  en promedio. La *Figura 3* muestra que la RSC puede o no aparecer de forma espontánea y al azar; en este caso elegimos una muestra de un sujeto en el cual la RSC no aparece de forma espontánea, fenómeno que como ya mencionamos se presentó 43 por ciento. La *Figura 4* muestra la presencia de la RSC al final de la inspiración. El FSP disminuye con la inspiración y aumenta con la espiración. La *Figura 5* muestra la latencia de la RSC con la inspiración profunda repentina así como la disminución brusca del FSP durante la misma maniobra. La *Figura 6* muestra la disminución intensa del FSP durante la fase II y III de la maniobra y el aumento del flujo durante la fase IV.



IPR= inspiración profunda repentina; MV= maniobra de Valsalva; RE= respiración espontánea; RR= respiración rítmica.

**Fig. 1.** Esta figura muestra el comportamiento de la latencia de la RSC durante las cuatro maniobras respiratorias. En ésta se puede observar una tendencia a acortarse el valor promedio de latencia con cada maniobra; encontrándose la mayor diferencia estadística ( $P <$  0.001) al comparar la latencia promedio de la RSC en la RE ( $1.7 \pm 0.7 \text{ s}$ ) vs IPR ( $0.7 \pm 0.5 \text{ s}$ ) y MV ( $0.8 \pm 0.9 \text{ s}$ ).



IPR= inspiración profunda repentina; MV= maniobra de Valsalva; RE= respiración espontánea; RR= respiración rítmica.

**Fig 2.** Esta figura muestra el comportamiento de la duración de la RSC durante las cuatro maniobras respiratorias. En ella se puede observar una tendencia a ir aumentando los segundos de duración con cada maniobra; la mayor diferencia estadística ( $P <$  0.009) se encontró al comparar la duración promedio de la RSC en la RE ( $6.4 \pm 1.5 \text{ s}$ ) con la duración promedio de la RSC en las RR ( $7.8 \pm 2.4 \text{ s}$ ) y MV ( $8 \pm 2.5 \text{ s}$ ).

### Discusión

La variabilidad del FSP y el registro de la RSC son métodos poco utilizados en la práctica clínica diaria para el diagnóstico de los trastornos autonómicos simpáticos de la piel y las extremidades. Estos trastornos son diagnosticados frecuentemente mediante el interrogatorio y la exploración física.<sup>14</sup> Al estandarizar un método para valorar esta parte del SNA observamos que las maniobra de IPR y la MV son pruebas consistentes para valorar la inervación simpática de los vasos sanguíneos de la piel y de las glándulas sudoríparas. No obstante consideramos que las primeras maniobras respiratorias sirven como preparación a las siguientes que implican un mayor esfuerzo del organismo y mayor reto al sistema nervioso autónomo. La RSC que se obtiene al producirse un potencial de acción en las glándulas sudoríparas de la palma de la mano y en las fibras C eferentes simpáticas que inervan a estas glándulas situadas en la dermis;<sup>12,13,20-22</sup> lo que observamos fue que dicha respuesta puede o no aparecer de forma espontánea, por lo que para ser

evaluada de forma adecuada tiene que ser estimulada. En este estudio la respiración es un potente estimulador de la RSC y las mejores maniobras respiratorias para observar este fenómeno fueron la IPR y la MV ya que estuvo presente en el 100 por ciento (Figs. 5 y 6) de los sujetos durante estas

maniobras. Al analizar la latencia de la RSC en la *Tabla II* y en la *Figura 3*; podemos concluir que el acortamiento de esta variable en las maniobras IPR y MV es probable que obedezca a un comando central.<sup>23-25</sup> Esta hipótesis surgió al comparar el estudio de Silber y cols,<sup>26</sup> quienes mediante estimu-

**Tabla II.** Flujo sanguíneo pulsátil de la piel con diferentes maniobras respiratorias (n = 30).

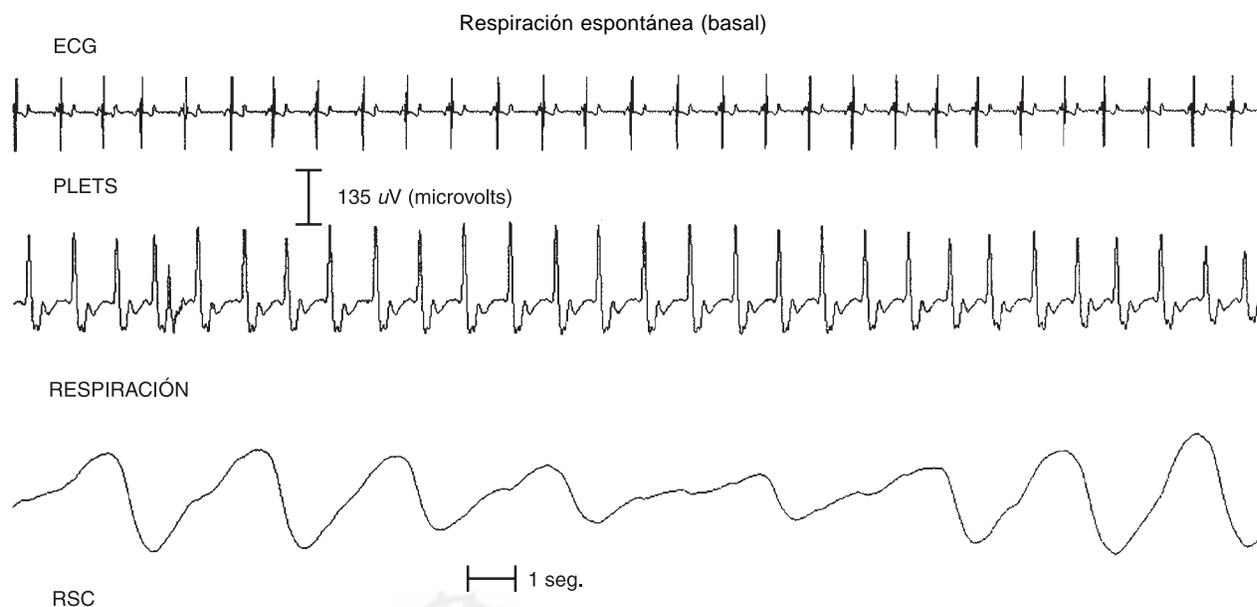
	Respiración Espontánea (RE)	Respiración rítmica (RR)	Inspiración profunda repentina (IPR)	Maniobra de Valsalva (MV)	p
Flujo sanguíneo basal(mV)	189.6 ± 32.7	168.10 ± 26.5	151.3 ± 24	156.8 ± 24	> 0.050
Flujo sanguíneo a la máxima disminución (mV)	121.4 ± 34*	74.8 ± 31.8	62.2 ± 21*	42.6 ± 16.5*	< 0.001
Porcentaje de disminución (%)	35*	56	60*	73*	< 0.001

Al comparar el FSP de la máxima disminución y el porcentaje de disminución mediante prueba de Tukey se encontró la mayor diferencia estadística entre la RE vs IPR y MV (P < 0.050).

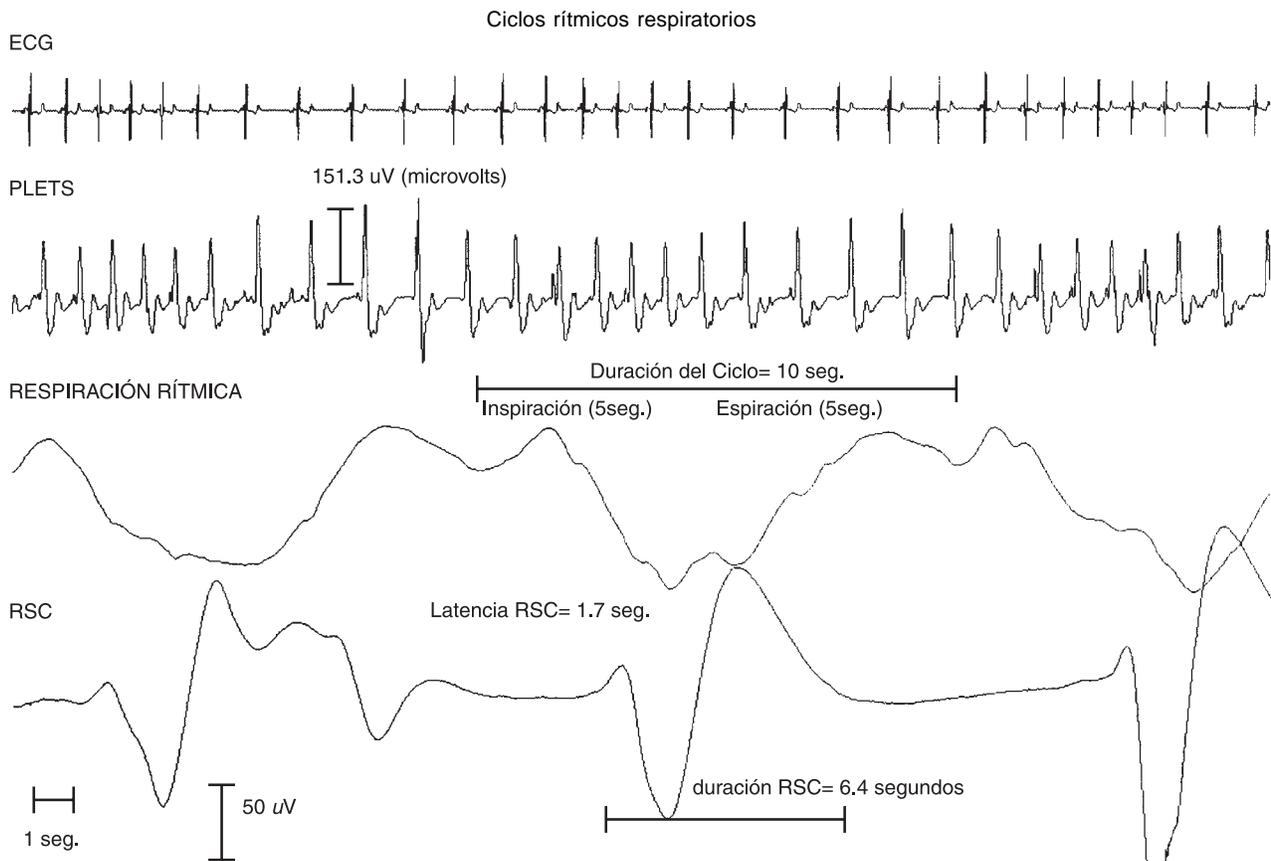
**Tabla III.** Latidos de máximo y mínimo flujo sanguíneo pulsátil de la piel (n = 30).

	Inspiración brusca repentina	Maniobra de Valsalva	p
Latido de máxima disminución de flujo sanguíneo pulsátil	8 (9-12)	14 (9-20)	< 0.001
Latido al cual ocurre la recuperación de flujo sanguíneo pulsátil post-maniobra	17 (11-20)	6 (3-9)	< 0.001

(tomando en cuenta latido 1 el que ocurre al inicio de la maniobra)



**Fig. 3.** Respiración espontánea; primera maniobra realizada por todos los sujetos sometidos a este estudio. En ella se observa en el primer canal el registro electrocardiográfico (ECG); en el segundo la señal dada por el fotopleletismógrafo (PLETS) colocado en el dedo índice; el tercer canal muestra el registro de los movimientos respiratorios; y en el último canal la respuesta simpático cutánea (RSC) es observada. Los eventos importantes observados en esta muestra son la variabilidad de la señal dada por el PLETS con los movimientos respiratorios espontáneos a 18 ciclos por minuto.



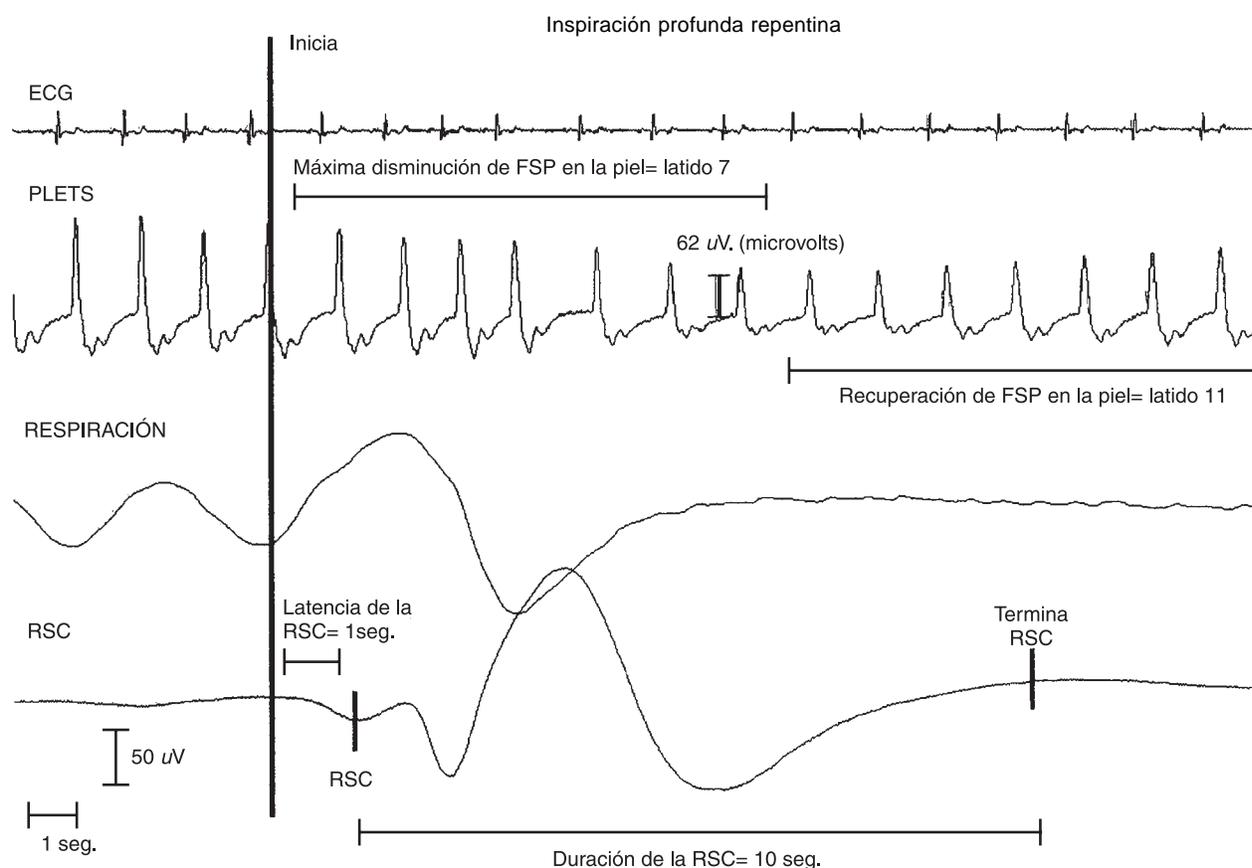
**Fig. 4.** Esta figura es una muestra de la maniobra de respiración rítmica a 6 ciclos por minuto. En ella se observa: en el primer canal el registro electrocardiográfico (ECG); en el segundo la señal dada por el fotopleletismógrafo (PLETS) colocado en el dedo índice; el tercer canal muestra el registro de los movimientos respiratorios; y en el último canal la respuesta simpático cutánea (RSC) es observada. En esta figura se observa además la variabilidad importante del FSP de la piel acoplada a la respiración (PLETS) con esta maniobra, así como las RSC en el último canal. Estas respuestas están presentes cada vez que se estimula con la respiración rítmica al momento de realizar la inspiración de 5 segundos y la espiración de 5 segundos.

lación magnética sobre la corteza motora estudiaron la RSC y obtuvieron latencias similares a las que nosotros observamos durante las maniobras de IPR y MV. Se debe tomar en cuenta que, a diferencia de Silber y cols, nosotros evocamos la respuesta con estimulación fisiológica endógena. Esto demuestra que este fenómeno no es un “reflejo” simpático de la piel sino una respuesta generada por un comando central. Es claro que al momento de dar la indicación para realizar tanto la IPR como la MV a los sujetos, éstos activaron conscientemente un comando u orden central con origen en la corteza cerebral, pasando por el tallo cerebral, hasta la columna intermediolateral de la médula y posteriormente hacia el nervio periférico. Una muestra de este hecho son las RSC que frecuentemente observamos en el momento que se le pedía al sujeto se preparara para realizar la maniobra respiratoria.

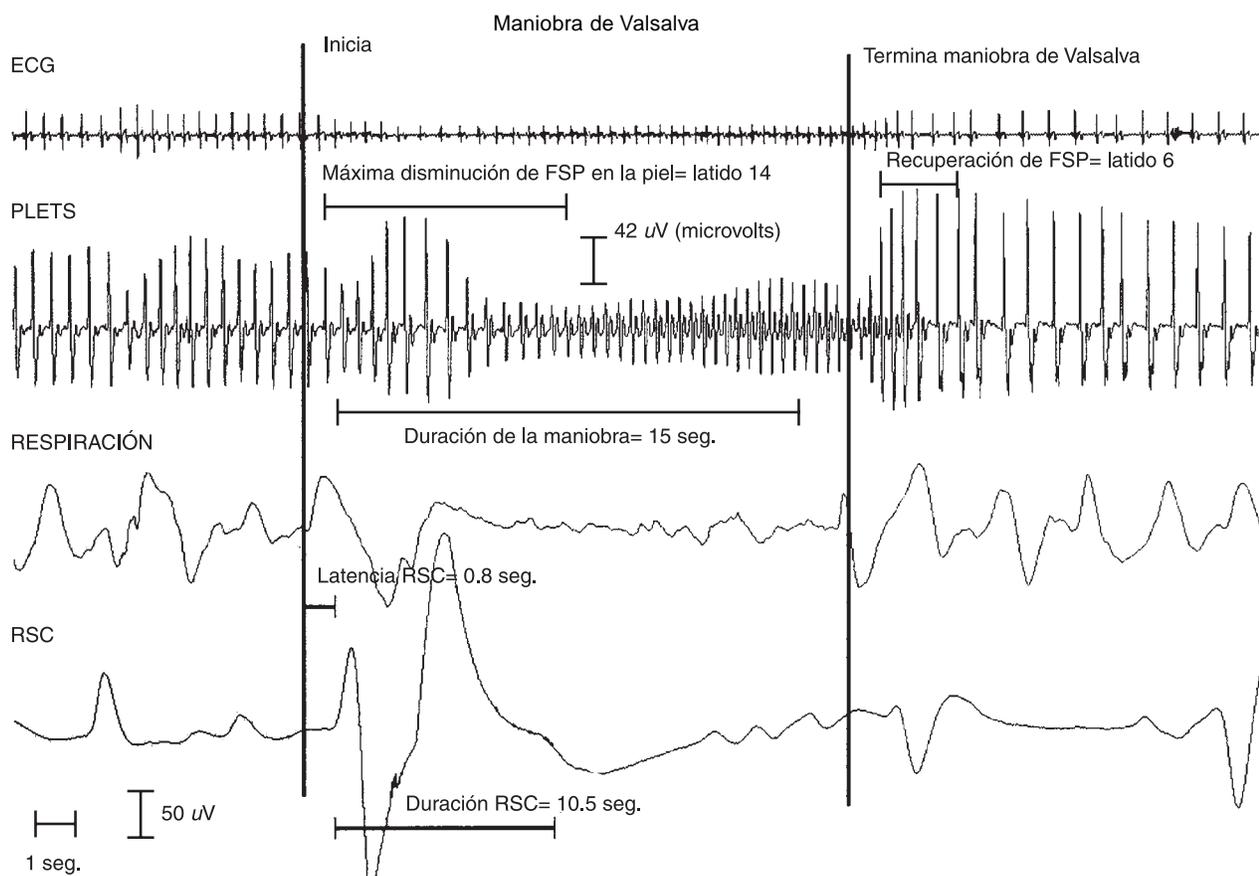
Muchos investigadores del SNA que realizan estudios sobre la RSC no toman en cuenta la amplitud ni duración de esta respuesta debido a la variabilidad de éstas y sólo toman en cuenta si está presente o ausente.<sup>15,16,18,20,21,25,27</sup> Nosotros encontramos que efectivamente la amplitud de la RSC es una variable difícil de estandarizar; no la duración de la RSC que mostró valores más fijos en cada maniobra respiratoria; como podemos observar en la *Tabla II* y *Figura 4* que básicamente muestran la tendencia a incrementar esta variable, destacando nuevamente las IPR y MV, que contenían las RSC de más larga duración en todo el registro. El FSP está dado por la vasoconstricción simpática de los vasos sanguíneos de la piel y la interacción de otros factores como los humorales y de la temperatura;<sup>13</sup> fue registrado a través de la señal proporcionada por el fotopleletismógrafo colocado en el dedo anular de la

mano; esta técnica ya ha sido valorada por Infante y cols.<sup>19</sup> Las variables que sirvieron para estudiar este fenómeno fueron el FSP previo a las maniobras, el FSP de la máxima disminución y el FSP de la recuperación. Las maniobras que utilizamos para analizar estas variables de FSP fueron la IPR y la MV; donde se observó el mayor porcentaje de disminución de FSP fue en la MV como se muestra en la *Tabla III*. El latido de máxima disminución de FSP nos habla del tiempo que tarda el impulso simpático en llegar al vaso y estimular el receptor adrenérgico, despolarizar el músculo liso y provocar la contracción mecánica del músculo y la consecuente vasoconstricción de la piel en sujetos sanos. Si analizamos la *Tabla IV* podemos observar que este impulso es más rápido durante la IPR. En cuanto al fenómeno de recuperación de FSP, podemos decir que ocurren en el momento en el que el efecto vasoconstrictor cesa y se recupera el FSP previo a la

realización de la maniobra. En la misma tabla también observamos que este fenómeno ocurrió más rápido en la MV. La explicación de este fenómeno es aún desconocida, pero esto sugiere que puede ser mediada por acción del barorreceptor. Si se analizan conjuntamente las *Tablas III y IV* podemos observar una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de disminución del FSP registrado durante las maniobras IPR y MV vs el latido de recuperación de FSP en cada maniobra. La bradicardia refleja que ocurre en la etapa IV de la maniobra de Valsalva coincidió con el momento de recuperación del FSP en todos los sujetos. El índice de Valsalva nos habla tanto de la integridad de la función adrenérgica (taquicardia de la etapa III) como de la función del barorreceptor (bradicardia de la etapa IV) y los reflejos vagales.<sup>12,13,22,28-30</sup> La ausencia o disminución de este índice significa una ausencia de la taquicardia compensatoria corres-



**Fig. 5** Inspiración profunda repentina; tercera maniobra realizada por todos los sujetos sometidos a este estudio. En ella se observan: en el primer canal el registro electrocardiográfico (ECG); en el segundo la señal dada por el fotopletimógrafo (PLETS) colocado en el dedo índice; el tercer canal muestra el registro de los movimientos respiratorios; y en el último canal la respuesta simpático cutánea (RSC) es observada. Los eventos importantes observados son: en el primer canal (ECG) una fase taquicárdica que coincide con el momento de la inspiración, seguido de un periodo de bradicardia relativa en el momento de la espiración; en el canal PLETS la máxima disminución de FSP al latido y el periodo de recuperación de FSP al latido 11; en el tercer canal se observa el momento en el que el sujeto realiza la inspiración (deflexión positiva); finalmente en el último canal la latencia y duración de la RSC estimulada con esta maniobra.



**Fig. 6.** La maniobra de Valsalva; última maniobra realizada por todos los sujetos sometidos a este estudio. En ella se observan: en el primer canal el registro electrocardiográfico (ECG); en el segundo la señal dada por el fotopletimógrafo (PLETS) colocado en el dedo índice; el tercer canal muestra el registro de los movimientos respiratorios; y en el último canal la respuesta simpático cutánea (RSC) es observada. Los eventos importantes observados son: en el primer canal (ECG) la variabilidad en la frecuencia cardíaca, en el canal PLETS la máxima disminución de FSP al latido 14 y el período de recuperación de FSP al latido 6; en el tercer canal se observa el momento en el que el sujeto realiza la inspiración (deflexión positiva) seguida de un período de espiración forzada que duró 15 segundos; finalmente en el último canal la latencia y duración de la RSC estimulada con esta maniobra.

pondiente a la etapa III o ausencia de bradicardia durante la fase IV (al final de la maniobra). Este índice se altera más en pacientes con vagotomía por procesos quirúrgicos donde la bradicardia de la fase IV está ausente.<sup>22</sup>

Por una parte podemos concluir que las primeras maniobras (RE, RR) inducen modulación periódica de la actividad simpática de los vasos sanguíneos de la piel y de las glándulas sudoríparas; sin embargo las maniobras 3 y 4 (IPR, MV) producen la mayor activación de la actividad simpática en la piel. El aumento en la duración de la RSC, la disminución en la latencia de la RSC y la profunda disminución del FSP con la IPR y la MV sustentan esta hipótesis. La explicación más aceptada es que obedecen a un comando central. La recuperación del FSP que ocurre más rápido durante la MV comparado con la IPR sugiere;

que la respuesta simpática es inhibida más rápidamente posterior a la MV. La explicación a este fenómeno es aún desconocida, pero esto sugiere que puede ser mediada por actividad del barorreceptor.

Por otra parte consideramos que este método puede ser utilizado de forma rutinaria como una prueba neurofisiológica confiable para evaluar el SNA de pacientes con enfermedades que afectan a este nivel. Al reproducir esta técnica en el orden establecido, los valores de las variables que sirvieron para evaluar los fenómenos de la RSC y el FSP, obtenidos por este método en el que se utilizó estimulación fisiológica endógena (maniobras respiratorias), pueden tomarse como referencia para estudios subsecuentes de pacientes que tengan alteraciones del sistema nervioso autónomo.

## Referencias

- GILLIAT R: *Vasoconstriction in the finger after a deep inspiration*. J Physiol (London) 1948; 107: 70-88.
- GILLIAT R: *Inspiratory vasoconstriction in patients after spinal injuries*. J Physiol (London) 1948; 107: 67-9.
- DELIUS W, HAGBARTH KE, HONGELL A, WALLIN BG: *Maneuvers affecting sympathetic outflow in human skin nerves*. Acta Physiol Scand 1972c; 84: 82-94.
- HAGBARTH KE, HALLIN R, HONGELL A, TOREBJORK HE, WALLIN BG: *General characteristics of sympathetic activity in human skin nerves*. Acta Physiol Scand 1972; 84: 162-5.
- BENARROCH EE, OFFER-GEHRKING TL, LOW PA: *Use of photoplethysmographic technique to analyze the Valsalva maneuver in normal man*. Muscle Nerve 1991; 14(12): 1165-72.
- ASO Y, INUKAI T, TAKEMURA Y: *Evaluation of skin vasomotor reflex in response to deep inspiration in diabetics patients by laser Doppler flowmetry*. Diabetes Care 1997; 20(8): 1324-1330.
- LOW P, NEUMANN C, DYCK PJ, FEALEY RD, TUCK RR: *Evaluation of skin vasomotor reflexes by using laser Doppler speedometer*. Mayo Clin Proc 1983; 58(9): 583-90.
- BENNETT T, HOSKING DJ, HAMPTON JR: *Vasomotor responses to the Valsalva maneuver in subjects and patients with diabetes mellitus*. Br Heart J 1979; 42: 422-8.
- VISSING SF, SCHERRER U, VICTOR RG: *Increase of sympathetic discharge to skeletal muscle but not to skin during mild lower body negative pressure in humans*. J Physiol 1994; 481(Pt 1): 233-41.
- VISSING SF: *Differential activation of sympathetic discharge to skin and skeletal muscle in humans*. Acta Physiol Scand 1997; 639: 1-32.
- VISSING SF, SECHER NH, VICTOR RG: *Mechanism of cutaneous vasoconstriction during upright posture*. Acta Physiol Scand 1997; 159(2): 131-8.
- MCLEOD JG: *Evaluation of the Autonomic Nervous System*. In: *Electrodiagnosis in clinical Neurology*. Aminoff MJ. 3a. Edition New York, Churchill Livingstone Inc. 1992, pp 421-32.
- GUYTON AC, HALL JE: *Tratado de Fisiología Médica*. New York McGraw-Hill 1997.
- GÓMEZ PÉREZ FJ, GARCÍA RAMOS G, GARCÍA ALCALÁ H, RULL JA: *Neuropatía Diabética*. En: *Tratado de Diabetología*. Gómez Pérez FJ, Rull JA. INCMNSZ. 1a. Edición México D.F. 1997, pp 763-82.
- SHAHANI B, HALPERIN J, BOULU P, COHEN J: *Sympathetic skin response-a method of study of unmyelinated axon dysfunction in peripheral neuropathies*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1984; 47: 536-42.
- TANJA B, HERMAN K: *Quantitative assessment and correlation of sympathetic, parasympathetic, and afferent small fiber function in peripheral neuropathy*. J Neurol 2000; 247: 267-72.
- CACCIATORI V, DELLERA A, BELLAVERE F, BONGIOVANNI LG, TETINI F, GEMMA ML, MUGGEO M: *Comparative assessment of peripheral sympathetic function by postural vasoconstriction arteriolar reflex and sympathetic skin response in NIDDM patients*. Am J Med 1997; 102(4): 365-70.
- SUÁREZ GA, OFFER-GEHRKING TL, OFFORD KP, ATKINSON EJ, O'BRIEN PC, LOW PA: *The Autonomic Symptom Profile: a new instrument to assess autonomic symptoms*. Neurology 1999; 52(3): 523-8.
- INFANTE O, SÁNCHEZ-TORREZ G, MARTÍNEZ-MEMIJÉ R, FLORES-CHÁVEZ P, SÁNCHEZ-MIRANDA G: *Sistema para la medición no invasiva de la velocidad de pulso arterial en diferentes territorios vasculares*. Arch Inst Cardiol Méx 1999; 69: 330-7.
- DRORY V, KORCSYN A: *Sympathetic skin response: age effect*. Neurology 1993; 43: 1818-20.
- ELIE B, GUIHENEUC P: *Sympathetic skin response: normal result in different experimental condition*. Clin Neurophysiol 1990; 76: 258-267.
- STEWART J: *Autonomic Nervous System dysfunction in Adolescents with postural Orthostatic tachycardia Syndrome and chronic fatigue Syndrome is characterized by attenuated vagal baroreflex and potentiated sympathetic vasomotion*. Ped Res 2000; 48: 218-26.
- VISSING SF, SCHERRER U, VICTOR RG: *Stimulation of skin sympathetic nerve discharge by central command. Differential control of sympathetic outflow to skin and skeletal muscle during static exercise*. Circ Res 1991; 69(1): 228-38.
- VISSING SF, HJORTSO EM: *Central motor command activates sympathetic outflow to the cutaneous circulation in humans*. J Physiol 1996; 492(Pt 3): 931-9.
- VICTOR RG, SECHER NH, LYSON T, MITCHELL JH: *Central command increases muscle sympathetic nerve activity during intense intermittent isometric exercise in humans*. Circ Res 1995; 76: 127-31.
- SILBER DH, SINOWAY LI, LEUENBERGER UA, AMASSIAN VE: *Magnetic stimulation of the human motor cortex evokes skin sympathetic nerve activity*. J Appl Physiol 2000; 88: 126-34.
- SAITO M: *Transient response of heart rate, skin and muscle sympathetic nerve activity before and after anticipatory muscle contraction*. Ann Physiol Anthropol 1992; 11(3): 231-9.
- COOKE W, COX JF, DIEDRICH AM, TAYLOR JA, BEIGHTOL LA, AMES JE, ET AL: *Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms*. Am J Physiol 1998; 274: H709-18.
- BADRA LJ, COOKE WH, HOAG JB, CROSSMAN AA, KUUSELA TA, TAHVANAINEN KU, ET AL: *Respiratory modulation of human autonomic rhythms*. Am J Physiol Heart Circ Physiol 2001; 280(6): H-2674-88.
- SEIDEL H, HERZEL H, ECKBERG DL: *Phase dependencies of the human baroreceptor reflex*. Am J Physiol 1997; 272: H2040-53.