

# Archivos de Cardiología de México

Volumen  
*Volume* 72

Número  
*Number* 1

Enero-Marzo  
*January-March* 2002

*Artículo:*

## Efecto de la contracción muscular en la frecuencia cardiaca y en el flujo sanguíneo cutáneo

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*



**Medigraphic.com**

## INVESTIGACIÓN CLÍNICA

# *Efecto de la contracción muscular en la frecuencia cardíaca y en el flujo sanguíneo cutáneo. Resultados preliminares*

Noel Isaías Plascencia-Álvarez,\* Bruno Estañol,\* Marco Vinicio Corona Figueroa,\* Benita Mondragón,\* María Magdalena López-Lomelí,\* Luis Espinosa-Sierra,\* Jaime Ruiz,\* Guillermo García-Ramos,\* Óscar Infante,\*\* Raúl Martínez Memije\*\*

### Resumen

La evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca constituye un instrumento fundamental en el estudio de diversas enfermedades. Entre las pruebas más importantes se incluyen el estudio de la variabilidad de la frecuencia en el dominio del tiempo y de la frecuencia y la variabilidad de la presión arterial y del flujo sanguíneo pulsátil de la piel. Evaluamos en 10 sujetos sanos el efecto de la contracción del músculo cuadríceps sobre la frecuencia cardíaca instantánea en el dominio del tiempo y sobre el flujo sanguíneo pulsátil de la piel. Estas dos variables se midieron en los 10 latidos previos a la contracción, al inicio de la contracción, y en los 30 latidos posteriores al inicio de la misma. La variabilidad del flujo sanguíneo de la piel se midió por medio de un fotopletismógrafo diseñado para tal efecto colocado en el pulpejo del dedo índice. Además, registramos la actividad electromiográfica de superficie del cuadríceps izquierdo para determinar el inicio y el fin de la contracción muscular. Se midió también la frecuencia respiratoria con una banda respiratoria provista de un cristal piezoelectrónico. Se observó incremento de la frecuencia cardíaca instantánea entre el primero y segundo latidos posteriores al inicio de la contracción, así como disminución inmediata transitoria del flujo sanguíneo pulsátil de la piel durante la contracción. Los hallazgos apoyan la hipótesis de una orden o comando central que produce una activación simultánea del sistema motor y del sis-

### Summary

#### EFFECTS OF MUSCULAR ISOMETRIC CONTRACTIONS

Evaluation of heart rate variability is an important tool to study several diseases. The most important tests include the variability of the heart rate as a function of time and as function of frequency, variability of blood pressure and pulsatile cutaneous blood flow (PCBF). We studied the effect of a sustained contraction of the quadriceps muscle on the instantaneous heart rate and pulsatile cutaneous blood flow in 10 healthy subjects. We measured the R-R interval and the instantaneous heart rate, in the time domain, 10 beats before the contraction, the R-R interval that coincided with the onset of the contraction, and the 30 R-R intervals after the beginning of the contraction. To measure the PCBF we used a photopletismograph designed for this purpose. We recorded the surface electromyographic activity (EMG) of the quadriceps muscle to determine the onset and end of the muscle contraction, and measured respiratory movements with a belt. We found an increase of the instantaneous heart rate at the first and second beats after the onset of the contraction. There was a decrease of the pulsatile cutaneous blood flow of the finger pad immediately after the contraction, which lasted for approximately eight beats. The findings support the idea of a central command and co-activation of the motor and sympathetic nervous

\* Departamento de Neurología y Psiquiatría, Laboratorio de Neurofisiología Clínica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Dr. Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga No. 15, Tlalpan D.F. 14000.

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

Correspondencia:

Noel Isaías Plascencia-Álvarez. Departamento de Neurología y Psiquiatría, Laboratorio de Neurofisiología Clínica, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Dr. Salvador Zubirán" Vasco de Quiroga No. 15 Tlalpan D.F. 14000.

E-mail: noelplascencia@yahoo.com.mx. E-mail: bestanol@hotmail.com

Recepción: 20 de julio de 2001

Aceptado: 27 de noviembre de 2001

tema nervioso simpático. El efecto simpático eferente de esta coactivación parece actuar no sólo en la extremidad en contracción sino que existe un efecto vasoconstrictor distal en extremidades lejanas a la que está ejerciendo la contracción. Por lo anterior, es probable que el efecto simpático sea de origen supraespinal y generalizado. Esta prueba puede ser de utilidad en el estudio del control cardiovascular por el sistema nervioso autónomo.

**Palabras clave:** Contracción muscular isométrica. Variabilidad de la frecuencia cardiaca instantánea. Flujo sanguíneo pulsátil de la piel. Coactivación simpato-motora.

**Key words:** Isometric contraction. Instantaneous heart-rate variability. Pulsatile skin blood flow. Sympatho-motor coactivation.

## Introducción

**E**l ejercicio, tanto estático como dinámico, isométrico y heterométrico produce un aumento generalizado de la actividad simpática a través de diversos mecanismos.<sup>1-3</sup> En el año de 1913 Krogh y Lindhard declararon que “el aumento de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio involuntario no es producido en forma refleja sino por irradiación de los impulsos de la corteza cerebral”.<sup>4</sup> La orden o comando central es la señal excitadora supranuclear que alcanza a los centros cardiovasculares y a las neuronas simpáticas del tallo cerebral y de la médula espinal.<sup>2,3,5</sup> Esta señal se caracteriza por ser proporcional a la que inicia y mantiene la contracción muscular.<sup>6</sup> Aunque es sabido que la contracción muscular produce taquicardia y aumenta la presión arterial diastólica,<sup>1,7,8</sup> nosotros estuvimos interesados en determinar el curso inicial de la taquicardia inmediatamente posterior a la contracción muscular. Es decir, en los primeros latidos posteriores al inicio de la contracción muscular. Se razonó que de esta manera se podría tener una mejor precisión en cuanto al mecanismo de producción de la taquicardia y dilucidar si ésta era refleja o activada por el comando central.

Otros cambios que se inducen con el ejercicio son el reseteo o recalibración de los barorreceptores hacia abajo (disminución de la sensibilidad o ganancia), lo que permite un incremento de la presión arterial y la frecuencia cardiaca.<sup>9,10</sup> Posteriormente hay cambios hemodinámicos producidos por el aumento del retorno venoso inducidos por la contracción muscular. El aumento del retorno venoso a su vez contribuye a la taquicardia.<sup>1,7,8,11</sup>

La activación refleja de los quimiorreceptores y ergorreceptores, del propio músculo, produce un incremento de la presión arterial y un aumento

systems. This efferent sympathetic activity seems to act not just on the contracting muscle but also on the heart and the cutaneous blood vessels of the extremities. These findings imply that it is quite likely that the sympathetic efferent effect has a supraspinal origin. This is a test that could be used to study cardiovascular control by the sympathetic nervous system.

(Arch Cardiol Mex 2002; 72 : 13-19).

de la actividad simpática en el músculo esquelético al estimular los centros respiratorios y cardiovasculares del tallo cerebral.<sup>7,8</sup> Existe controversia con respecto al mecanismo que produce la taquicardia inmediata en respuesta al ejercicio estático. Algunos autores apoyan la existencia de una orden o comando central,<sup>1</sup> mientras que otros apoyan la posibilidad de un reflejo a través de los quimiorreceptores y ergorreceptores o que la taquicardia sea secundaria a los cambios hemodinámicos.<sup>1,7,8</sup> Los cambios hemodinámicos, sin embargo, toman varios segundos en hacer efecto<sup>1,8</sup> y esto probablemente se aplique también a los quimiorreceptores y ergorreceptores de los músculos.

Por otra parte, se ha estudiado el flujo sanguíneo pulsátil de la piel, también denominado “reflejo vasomotor cutáneo” y se ha demostrado disminución de dicho flujo con la maniobra de Valsalva, la inspiración profunda y al ponerse de pie; maniobras que aumentan la actividad simpática al corazón y a los vasos sanguíneos y disminuyen la actividad vagal.<sup>11,12</sup> El flujo sanguíneo pulsátil de la piel se ha encontrado disminuido en pacientes con neuropatía por lepra, neuropatía alcohólica, después de simpatectomía quirúrgica<sup>13-15</sup> y en neuropatía de fibras delgadas.<sup>16</sup> El comportamiento del flujo sanguíneo pulsátil cutáneo durante la contracción muscular se desconoce. Sin embargo, dado que al ponerse de pie esta disminución del flujo sanguíneo cutáneo es muy prominente<sup>17</sup> se planteó la hipótesis de que su presencia forma parte de un mecanismo normal acoplado a la contracción muscular. El estudio se diseñó con dos propósitos principales. 1) Conocer el efecto de la contracción estática del cuadríceps sobre la frecuencia cardiaca y 2) el efecto sobre la respuesta vasomotora cutánea a diferentes intensidades de ejercicio.

### Sujetos y métodos

Se incluyeron a 10 sujetos sanos, con edades entre los 19 y 35 años de edad, 5 del sexo masculino y 5 del sexo femenino. Todos los sujetos fueron informados del estudio y firmaron un consentimiento informado después de conocer todos los detalles del mismo, incluyendo en el que el estudio podía terminar en el momento en que ellos lo decidieran. Todos fueron normotensos, (presión < 140/90 mmHg en posición sentada), no fumadores, sin historia de enfermedades cardíacas o pulmonares, ninguno de los pacientes ingirió bebidas que contuvieran cafeína cuando menos 8 horas antes del estudio. El estudio se hizo en las mañanas después de 3 horas de haber ingerido alimento.

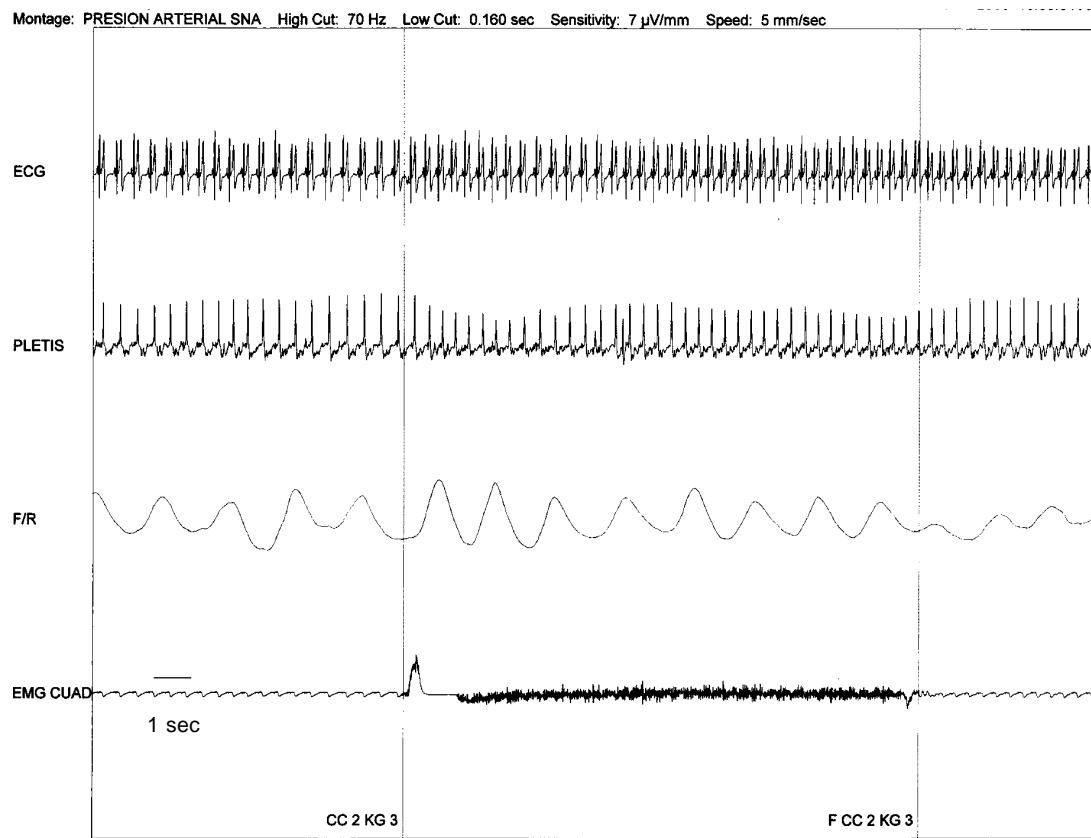
El ejercicio consistió en la contracción sostenida del cuadríceps izquierdo, provocando extensión de la pierna durante 30 segundos, con el sujeto sentado. Lo anterior se realizó en tres tiempos. En el primero se pidió al sujeto contraer el cuadríceps sin peso, contra la gravedad; en el segundo tiempo se colocó 1 kg de peso sobre el pie y se llevó a cabo la contracción de dicho músculo por 30 segundos, y en tercer tiempo la contracción se realizó contra 2 kg de peso. Entre cada prueba el sujeto se mantuvo en reposo durante 2 minutos. Cada una de las pruebas se realizó por triplicado. Antes de iniciar el estudio, el paciente se mantuvo sentado, en reposo, durante 15 minutos.

Se colocaron dos electrodos de electromiografía de superficie sobre el cuadríceps izquierdo, dos electrodos de superficie en el cuarto espacio intercostal sobre la línea paraesternal, uno en el lado izquierdo y otro en el derecho para el registro electrocardiográfico, y un tercer electrodo sobre el manguito del esternón que se usó como tierra. Además, se colocó una banda elástica con un sensor de cristal piezoelectrónico colocada en la parte inferior del tórax para el registro de los movimientos respiratorios.<sup>8</sup> Para la medición del flujo sanguíneo cutáneo pulsátil se utilizó un fotopletismógrafo digital construido por el Departamento de Ingeniería Biomédica del Instituto Nacional de Cardiología. El fotopletismógrafo digital está integrado por un diodo de emisión de luz (LED) en la banda de  $640 \pm 20$  nm, un LED infrarrojo en la banda de  $960 \pm 20$  nm y un fototransistor en medio de los dos para captar la luz reflejada por la hemoglobina y la desoxihemoglobina. En el interior del aparato se encuentran filtros de alta frecuencia, baja frecuencia y un amplificador "sin límite de banda" para magnificar la señal. El fotopletismógrafo es alimenta-

do por corriente directa utilizando una batería de 9V para evitar interferencia de corriente alterna (60 Hz). El fotopletismógrafo se colocó en el pulpejo del dedo índice de la mano derecha, con la mano a la altura del corazón. Para evitar el movimiento excesivo de la mano y del dedo se utilizó una férula en el dedo y un cabestrillo para sostener la extremidad a la altura del corazón. La señal del fotopletismógrafo se captó con dos electrodos que se conectaron a dos entradas del preamplificador de un polígrafo digital. La señal obtenida por el fotopletismógrafo fue una onda de pulso negativa que se obtuvo con facilidad en todos los pacientes. Se midió la fase sistólica del registro en uV, 10 señales antes de la contracción del cuadríceps, durante la contracción del cuadríceps y 30 señales después de la contracción del cuadríceps; el incremento o disminución de la amplitud de la señal, se convirtió a porcentaje de acuerdo con la siguiente fórmula: amplitud de base-amplitud mínima durante la contracción muscular/amplitud de base x 100. La temperatura de la habitación se mantuvo entre 23 y 25 grados centígrados y la temperatura de la piel entre 32 y 34 grados centígrados. Este fotopletismógrafo ha sido validado por Infante y colaboradores.<sup>18</sup> Se midió la variabilidad cardiaca en el dominio del tiempo latido a latido de la siguiente manera: se midió el periodo R-R latido a latido 10 latidos antes de la contracción, todos los latidos durante la contracción y 30 latidos después de la contracción. La unidad de medida fue en milisegundos. Posteriormente se convirtió a frecuencia cardiaca instantánea con la fórmula: frecuencia en Hz x 60. Para realizar las mediciones se eligió a una de las 3 pruebas sin peso, con 1 kg de peso y con 2 kg de peso.

El registro del estudio se llevó a cabo en un polígrafo digital marca Cadwell, modelo Easy EEG 1. En el primer canal se registró el electrocardiograma, en el segundo canal el fotopletismógrafo, en el tercer canal la respiración y en el cuarto canal el electromiograma de superficie del músculo cuadríceps.

Se analizaron los primeros 30 latidos posteriores al inicio de la contracción, tomando como punto de referencia el último latido antes de iniciar la contracción (latido 0). Se realizó una prueba de regresión lineal a los primeros 6 latidos posteriores al inicio de la contracción para valorar si el incremento de la frecuencia cardiaca era lineal y posteriormente se comparó el promedio de todos los sujetos entre cada una de las prue-



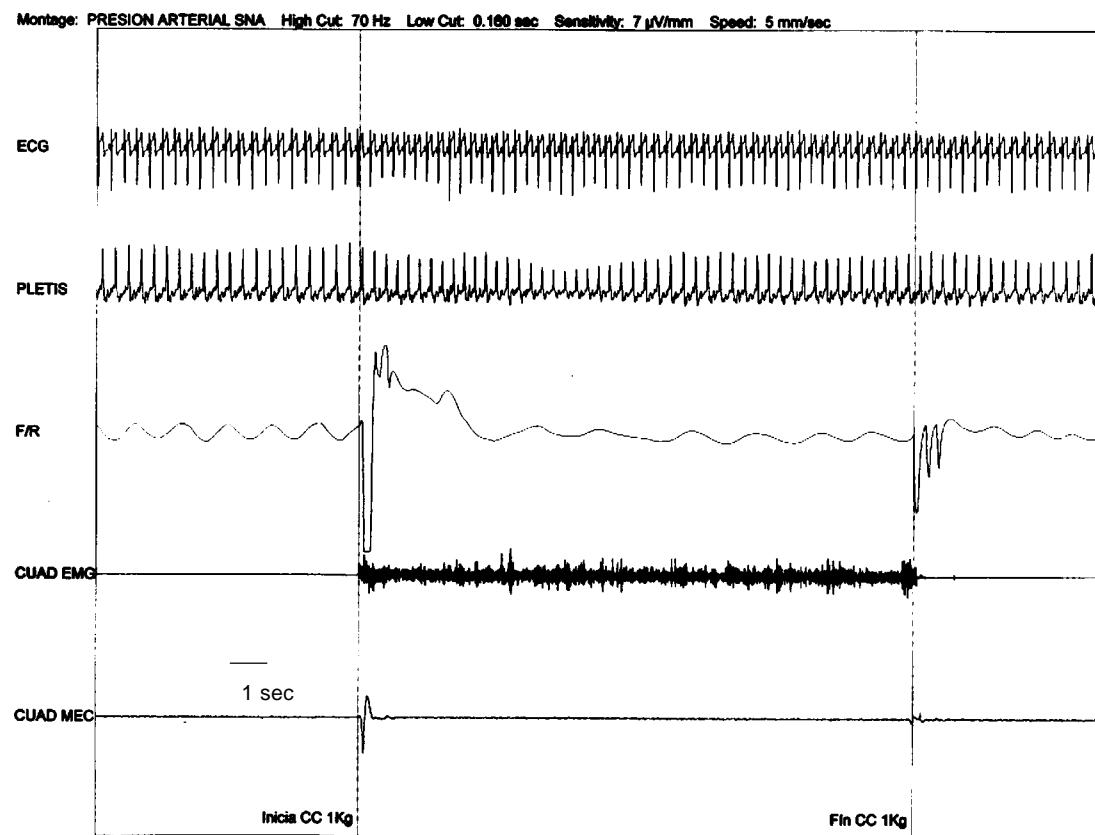
**Fig. 1.** Se observa un incremento de la frecuencia cardiaca y una disminución del flujo sanguíneo pulsátil de la piel durante la contracción muscular del cuadríceps. El incremento de la frecuencia cardiaca se observa que perdura durante todo el periodo de la contracción muscular. La disminución del flujo sanguíneo dura aproximadamente ocho latidos y posteriormente regresa a valores normales. La aceleración de la frecuencia cardiaca ocurre en el latido uno posterior a la contracción muscular (ECG, electrocardiograma, PLETIS, plethysmógrafo en la piel del índice, F/R, frecuencia respiratoria, EMG CUAD, electromiograma del músculo cuadríceps). Contracción muscular con 2 kg de resistencia.

bas (sin peso, 1 kg y 2 kg) usando el análisis de varianza de una vía de Kruskal-Wallis

## Resultados

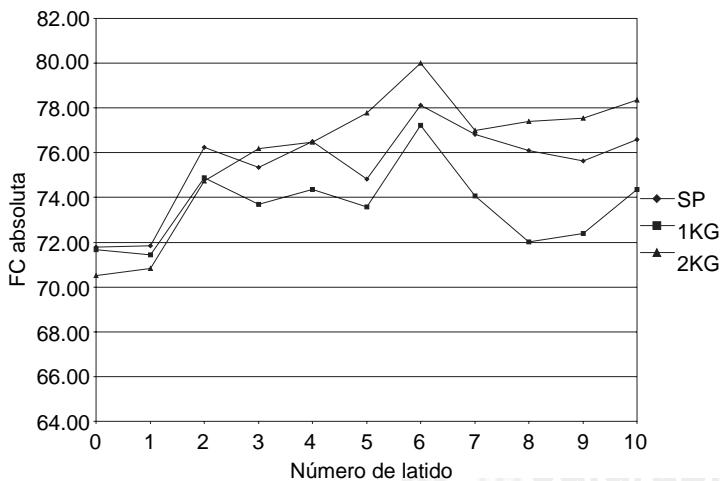
Observamos un incremento en la frecuencia cardiaca entre el primer y segundo latido posterior al inicio de la contracción del cuadríceps. El incremento en la frecuencia cardiaca fue directamente proporcional a la intensidad del ejercicio (*Figs. 1 y 3*). Al promediar los resultados de los sujetos en cada una de las pruebas se observa que la taquicardia máxima en los primeros 10 latidos se alcanza en el latido 6, posterior a este latido se observa una desaceleración de la frecuencia cardiaca, que nuevamente tiende a incrementarse a partir del latido 10. Al comparar los promedios (*Fig. 4*) se observa que el incremento en la frecuencia cardiaca para las pruebas sin peso y con 1 kg de peso se observa a partir del latido 2. Para la prue-

ba de 2 kg de peso se observa un ligero incremento a partir del latido 1 (*Fig. 5*). Al realizar prueba de regresión lineal al promedio de los primeros 6 latidos posteriores al inicio de la contracción en cada una de las pruebas de todos los sujetos, se encontró un coeficiente de correlación (R) de 0.886 en la prueba sin peso, de 0.756 con 1 kg de peso y de 0.785 con 2 kg de peso. Al comparar entre sí los promedios de las 3 pruebas no se encontró diferencia estadísticamente significativa. Observamos un decremento máximo del flujo sanguíneo pulsátil hasta del 80% y un decremento mínimo del 10%. Este decremento se inició entre el primero y el segundo latido posterior al inicio de la contracción muscular y se mantuvo durante los primeros 8 latidos  $\pm$  2 (*Figs. 1 y 2*). El promedio del decremento del total de los sujetos estudiados fue del 20  $\pm$  6 por ciento, la disminución del flujo fue más intensa con 2 kg de peso (*Fig. 5*).



**Fig. 2.** Hay un incremento instantáneo de la frecuencia cardiaca simultáneo a la contracción muscular. La disminución del flujo sanguíneo de la piel también es instantáneo pero alcanza su máximo en el latido tres o cuatro después de la contracción muscular (ECG, electrocardiograma, PLETIS, pleismógrafo en la piel del índice, F/R, frecuencia respiratoria, EMG CUAD, electromiograma del músculo cuadríceps). Contracción muscular con 1 kg de resistencia.

#### Frecuencia cardiaca promedio durante contracción muscular

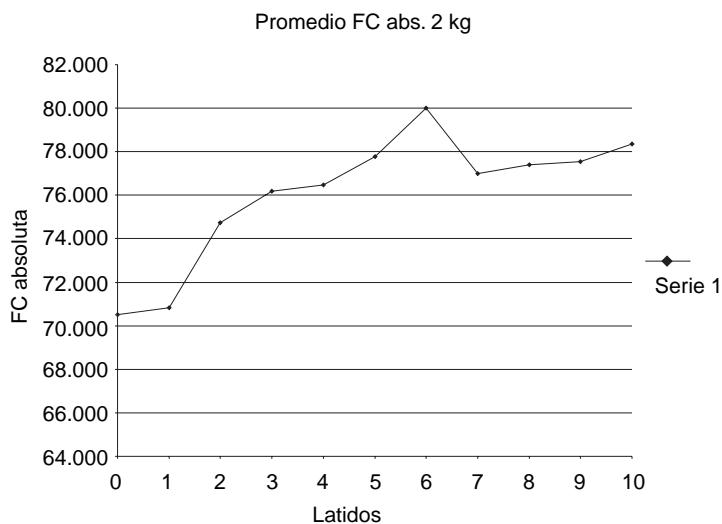


**Fig. 3.** Hay un incremento de la frecuencia cardiaca a partir del latido uno después de la contracción muscular durante la contracción muscular sin peso, con 1 kg de peso y con 2 kg de peso que se mantiene con oscilaciones hasta el latido número siete y después disminuye sin llegar a la frecuencia cardiaca basal. (SP, contracción muscular sin peso, 1 kg, contracción muscular con 1 kg de peso, 2 kg, contracción muscular con 2 kg de peso).

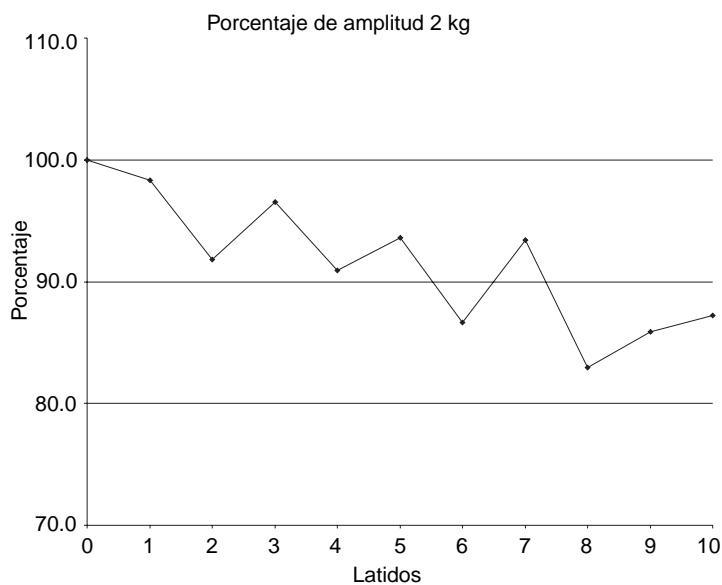
#### Discusión

La evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, constituye un instrumento fundamental en la evaluación del sistema nervioso autónomo.<sup>5,9,10,19</sup> La necesidad de hacer objetivos los signos autonómicos ha provocado un rápido avance en esta área al combinar pruebas clínicas con pruebas electrofisiológicas y técnicas digitales que permiten almacenar los registros de dichas pruebas.<sup>9</sup>

El incremento de la frecuencia cardiaca con la contracción isométrica es inmediato y se debe a una disminución de la actividad vagal y a un incremento de la actividad simpática al nodo sinusal.<sup>20</sup> La taquicardia inmediata, en los primeros dos latidos, es muy probablemente la consecuencia de una orden o comando central. El incremento posterior de la frecuencia cardiaca y su mantenimiento probablemente requieren de los reflejos inducidos por los quimiorreceptores y ergorreceptores musculares y a una disminución en la ganancia del barorre-



**Fig. 4.** Aparece un incremento marcado de la frecuencia cardíaca a partir del latido uno que se mantiene con ligeras oscilaciones durante todo el periodo de contracción muscular (contracción muscular con 2 kg de peso).



**Fig. 5.** Aparece una disminución del flujo sanguíneo pulsátil de la piel que aparece en el latido uno después de la contracción muscular. La disminución del flujo sanguíneo es progresiva hasta el latido número ocho (contracción muscular con 2 kg de peso).

ceptor arterial.<sup>21</sup> La respuesta obtenida es similar a la encontrada en la prueba de ponerse de pie, aunque en esta última los cambios en la frecuencia cardíaca son de mayor magnitud.<sup>17</sup> Probablemente la diferencia estriba en que la intensidad del estímulo al ponerse de pie es mucho mayor, debido a que se activa una mayor masa muscular y a que los cambios hemodinámicos son más intensos. Esto es apo-

yado por el hecho de que al contraer el cuadríceps contra una resistencia de 2 kg de peso, la disminución del R-R se observa a partir del latido 1, a diferencia de cuando se realiza contracción del cuadríceps contra gravedad y contra un 1 kg de peso en donde generalmente ocurre al latido 2.

Los fotopletomógrafos usados para medir el flujo sanguíneo de la piel requieren de aditamentos especiales para ser conectados a los polígrafos y suelen ser onerosos. Nuestra prueba tiene la gran ventaja de usar un fotopletomógrafo cuya señal puede ser enviada a las entradas convencionales del preamplificador de un polígrafo mecánico o digital.<sup>18</sup> No requiere, como otros, de una entrada especial al polígrafo. El flujo sanguíneo de la piel, en condiciones normales, muestra ritmicidad relacionada a la respiración.<sup>19</sup> La disminución inmediata del flujo sanguíneo pulsátil, aunada a disminución del intervalo R-R a partir del primer y segundo latidos después de la contracción muscular apoyan la teoría de una orden o comando central como causa de los cambios inmediatos en el flujo sanguíneo de la piel relacionados a la contracción del músculo cuadríceps. Este fenómeno había sido sugerido por Vissing y cols.<sup>22-25</sup> La disminución inmediata en el flujo sanguíneo pulsátil de la piel, posterior al inicio de la contracción del músculo cuadríceps está dada por la activación simpática generalizada y la activación en particular de los nervios simpáticos de la piel y se acompaña de vasoconstricción de los vasos cutáneos.<sup>26</sup> La participación de la actividad simpática en este fenómeno se demuestra porque después de simpatectomía quirúrgica, este reflejo es abolido.<sup>13</sup> La activación simultánea de la actividad muscular y simpática es probablemente más común de lo que hasta ahora se había sospechado. El registro microneurográfico de nervio periférico de la actividad simpática ha demostrado que en los nervios periféricos viajan fibras simpáticas dirigidas a los vasos cutáneos y musculares.<sup>26</sup> La actividad simpática en los nervios periféricos es también en pulsos y correlaciona con la actividad vasoconstrictora.<sup>21-25</sup>

El registro del flujo sanguíneo pulsátil de la piel, en la prueba de inspiración profunda, es un procedimiento útil para la evaluación del brazo eferente simpático del sistema nervioso autónomo en diversos padecimientos<sup>14,15</sup> Las reducciones en promedio con el método de flujometría, con esta prueba, mediante Doppler láser son en promedio del 75.6 por ciento hasta del 79.8 por ciento en sujetos sanos.<sup>16</sup> No hay resultados en la literatura acerca de la disminución del flujo sanguíneo de la

piel durante el ejercicio. Nosotros obtuvimos un decremento promedio del 20 por ciento. Debido a la reproducibilidad de los resultados, nosotros consideramos que esta prueba puede ser en

el futuro de utilidad en la evaluación de pacientes con afección de las fibras simpáticas vasomotoras. Tiene la ventaja de evaluar sólo el brazo eferente simpático y no el arco reflejo completo.

## Referencias

- GOODWIN DM, MC CLOSKEY DI, MITCHELL JH: *Cardiovascular and respiratory responses to changes in central command during isometric exercise at constant muscle tension*. J Physiol (Lond.) 1972; 226: 173-190.
- VICTOR RG, SECHER NH, LYSON T, MITCHELL JR: *Central command increases muscle sympathetic activity during intense intermittent isometric exercise in humans*. Circ Res 1995; 76: 127-131.
- GINZEL KH: *Interaction of somatic and autonomic functions in muscular exercise*. Exerc Sport Sci Rev 1976; 4: 35-36.
- KROGH A, LINDHARD J: *The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work*. J Physiol (Lond.) 1913; 47: 112-136.
- KOIZUMIKI K, BROOKS CM: *The integration of autonomic system reactions: a discussion of autonomic reflexes, their control and their association with somatic reactions*. Rev Physiol 1972; 67: 1.
- MITCHELL JH, SMICHDIT RF: *Cardiovascular reflex control by afferent fibers from skeletal muscle receptors*. In: Shepherd JT, Abboud FM, eds. *Handbook of physiology*, sect. 2: The Cardiovascular System. Peripheral blood flow, part 2. Bethesda, MD. American Physiological Society, 1983; 3: 623-658.
- KAUFMAN MP, RYBICKI KJ: *Discharge properties of group III y IV muscle afferents: their responses to mechanical and metabolic stimuli*. Cir Res 1987; 61(Suppl I) 60-65.
- MITCHELL JH: *Neural control of the circulation during exercise*. Med Sci Sports Exercs 1990; 22: 141-15.
- PARATI G, DI RIENZO M, MANCIA G: *How to measure baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to daily life*. Hypertension 2000; 18: 7-19.
- COOKE WH, HOAG JB, GROSSMAN AA, KUUSELA TA, TAHVANAINEN KVO, ECKBERG DL: *Human responses to upright tilt: a window on central autonomic integration*. J Physiol 1999; 517: 617-678.
- LOW PA, NEUMAN C, DICK PJ, FEALEY RD, TUCK RR: *Evaluation of Skin vasomotor reflex by using laser Doppler velocimetry*. Mayo Clin Proc 1983; 58: 583-592.
- DELIUS W, KELLEVORA E: *Reactions of arterial and venous vessels in the human forearm and hand to deep breath or mental strain*. Clin Sci 1971; 40: 271-282.
- BARON R, MAIER C: *Reflex sympathetic dystrophy: Skin blood flow, sympathetic vasoconstrictor reflexes and pain before and after surgical sympathectomy*. Pain 1996; 67: 317-326.
- BECKS JS, ABBOT PD, SAMSOM PD: *Impairment of vasomotor reflexes in the fingertips of leprosy patients*. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1991; 54: 965-971.
- NAVARRO X, MIRALLES R, ESPADALER JM, RUBIES-PRAT J: *Comparison of sympathetic sudomotor and skin responses in alcoholic neuropathy*. Muscle and Nerve 1993; 16: 404-407.
- SCHULLER TB, HERMANN K, BARON R: *Quantitative assessment and correlation of sympathetic, parasympathetic, and afferent small fiber function in peripheral neuropathy*. J Neurol 2000; 247: 267-272.
- INFANTE O, SÁNCHEZ G, MARTÍNEZ R, FLORES P: *Sistema para la medición no invasiva de la velocidad del pulso arterial en diferentes territorios vasculares*. Arch Inst Cardiol Mex 1999; 69: 330-337.
- BINI G, HAGBARTH KE, WALLIN BG: *Cardiac rhythmicity of skin sympathetic activity recorded from peripheral nerves in man*. J Auton Nerv Syst 1981; 4: 17-24.
- WALLIN BG, FAGIÜS J: *Peripheral sympathetic neural activity in conscious humans*. Annual Rev Physiol 1988; 50: 565-576.
- SUNDBLAD P, LINNARSON D: *Slowing of carotid-cardiac baroreflex with standing and with isometric and dynamic muscle activity*. Am J Physiol 1996; 271 (4Pt2): H1363-0.
- VISSING SF, SCHERER 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: 228-238.
- VISSING SF, SECHER NH, VICTOR RG: *Mechanisms of cutaneous vasoconstriction during upright posture*. Acta Physiol Scan 1997; 159: 131-8.
- VISSING SF: *Differential activation of sympathetic discharge to skin and skeletal muscle in humans*. Acta Physiol Scand (Suppl) 1997; 639: 1-32.
- VISSING F, HJORTSO EM: *Central motor command activates sympathetic outflow to the cutaneous circulation in humans*. J Physiol 1996; 492: 931-9.
- SAITO M, NAITO M, MANO T: *Different responses in skin and muscle sympathetic nerve activity to static muscle contraction*. J Appl Physiol 1990; 69: 2085-90.
- MARK AL, VICTOR RG, NERHED C, WALLIN BG: *Microneurographic studies of the mechanisms of sympathetic nerve responses to static exercise in human* Circ Res 1985; 57: 461-9.