

Monograph

# Diferencias de Género en la Respuesta Cardiovascular al Ejercicio Isométrico realizado en Diferentes Posiciones

Don Melrose<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Human Performance Lab, Department of Kinesiology, Texas A&M University-Corpus Christ, Corpus Christi, TX 78412, Estados Unidos.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue: 1) determinar si las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico son diferentes entre los géneros, y 2) determinar si la postura afecta las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico de presión palmar (IHG). Dieciséis mujeres y 15 varones (edad  $22,6 \pm 4,2$  años) realizaron dos pruebas aleatorias de IHG máximos (sentados o en posición supina) a 40% MVC con una semana de separación entre las pruebas. Se registraron los valores de presión arterial (BP) y frecuencia cardíaca (HR) en reposo (RT), durante el primer minuto de ejercicio (M1), antes del fallo (PF), y a los 30 s de recuperación luego de haber finalizado el ejercicio (RC). La presión arterial media (MAP), presión del pulso (PP), y el índice del producto de presión (RPP) fueron calculados a partir de los datos de BP y HR. Los análisis demostraron interacciones significativas entre tiempo y género en presión arterial diastólica (DBP) y MAP. Los hombres presentaron valores de DBP significativamente más altos que las mujeres en M1 ( $105,46 \pm 14,97$  vs.  $92,59 \pm 13,14$  mmHg), PF ( $122,46 \pm 11,23$  vs.  $109,50 \pm 13,72$  mmHg) y RC ( $85,83 \pm 4,11$  vs.  $73,46 \pm 8,35$  mmHg) y mayores valores de MAP que las mujeres en M1 ( $120,32 \pm 13,76$  vs.  $105,43 \pm 13,76$  mmHg), PF ( $136,44 \pm 8,65$  vs.  $24,31 \pm 13,34$  mmHg), y RC ( $100,44 \pm 8,21$  vs.  $87,67 \pm 8,26$  mmHg). Los valores de DBP, MAP, y HR fueron significativamente mayores en la posición con el sujeto sentado que en la posición en supinación en ambos géneros. Se concluye que: 1) los varones presentan aumentos significativos de la MAP y de la DBP desde el inicio del ejercicio IHG submáximo hasta la recuperación, independientemente de la postura, 2) las mujeres presentaron valores de presión arterial significativamente más bajos que los de los varones durante el ejercicio IHG submáximo independientemente de la postura, y 3) la postura tiene un efecto significativo en la respuesta cardiovascular durante el ejercicio IHG submáximo.

**Palabras Clave:** ejercicio estático, presión arterial, respuesta presora, género, postura

## INTRODUCCION

Generalmente la estimación promedio de la fuerza isométrica es aproximadamente treinta por ciento mayor en los hombres que en las mujeres en diferentes grupos musculares (1). Al comenzar la tensión isométrica, se producen aumentos en la frecuencia cardíaca, presión arterial sistólica, y presión arterial diastólica (2, 3). Mitchell y colaboradores (4) y Seals et al. (5) sugirieron que las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico son mayores cuando están implicados los grupos

musculares más grandes. Mientras que las respuestas de la frecuencia cardíaca a las contracciones estáticas submáximas sostenidas tienden a no ser significativamente diferentes antes, durante, o después del ejercicio, las respuestas de la presión arterial a este tipo de ejercicio son significativamente elevadas antes, durante, y después del ejercicio (6). Se cree que las diferencias de género en las respuestas cardiovasculares al ejercicio estático se deben a diferencias en las interacciones simpáticas-parasimpáticas o adrenales a nivel cardíaco (7, 8).

Los mecanismos que se han propuesto para intentar explicar las diferencias entre los géneros en las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico han sido numerosos y contradictorios. Sanchez et al. (8) demostró que hay diferencias en las vías adrenérgicas entre los géneros en respuesta al ejercicio isométrico. Ettinger y colaboradores (7) demostraron aumentos atenuados en la presión arterial y en la actividad nerviosa simpática muscular en comparación con los hombres. En datos también obtenidos a partir de ejercicio estático así como de situaciones de estrés térmico y psicológico, Jones et al. (9) encontraron que el género no influyó en la reactividad nerviosa simpática frente a factores estresantes como el ejercicio isométrico de prensión palmar.

También se ha observado que cambios en la postura experimentados durante la realización de ejercicio o de actividades deportivas a menudo provocan diferentes adaptaciones circulatorias (10). Tanto Sagiv et al. (11) como Borst et al. (12) registraron cambios en la regulación cardiovascular como resultado de cambios posturales. Hay relativamente pocos estudios que hayan investigado las adaptaciones cardiovasculares al ejercicio que se producen sin cambiar la postura durante el tiempo que dura el ejercicio.

Teniendo en cuenta los resultados contradictorios de las investigaciones previas, el propósito de este estudio fue 1) determinar si las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico son diferentes entre ambos géneros, y 2) determinar si la postura afecta las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico. Se planteó la hipótesis que sostiene que las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico serían diferentes entre los géneros y que la postura afectaría las respuestas cardiovasculares en ambos géneros de manera similar.

## METODOS

---

### Sujetos

Dieciséis mujeres y quince varones participaron voluntariamente en el estudio. Antes de participar los sujetos debieron firmar una declaración institucional de consentimiento informado aprobada por el Comité Institucional Local para Investigación que Involucran a Seres Humanos.

### Procedimientos

Antes de las pruebas experimentales cada sujeto fue evaluado para asegurar que presentara una presión arterial normal (<140/90 mmHg). Las contracciones voluntarias máximas isométricas (MVC) de prensión palmar se obtuvieron utilizando la mano dominante del participante, tanto en posición supina como sentado. Las contracciones voluntarias máximas (MVC) se determinaron a partir de la mejor contracción voluntaria individual del sujeto en tres pruebas. Transcurridos tres días, los sujetos regresaron para ser evaluados. Los sujetos fueron evaluados en ambas posiciones; en supinación y sentados. Las pruebas, en posición supina y con el sujeto sentado, fueron alternadas en visitas subsiguientes, aproximadamente separadas por una semana, para prevenir los posibles efectos de orden. Antes de realizar la evaluación experimental los sujetos se sentaron en posición vertical o se colocaron en posición supina tranquilamente durante 15 min para estabilizar la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Las mediciones correspondientes a la posición supina se obtuvieron colocando al sujeto en una superficie horizontal con los brazos extendidos paralelos a la línea media del cuerpo. Las mediciones de la posición con el sujeto sentado se obtuvieron utilizando una postura erguida. Los brazos fueron extendidos perpendiculares al suelo con las manos colocadas debajo de la superficie en la que el sujeto estaba sentado. En ambas pruebas, en posición supina y con el sujeto sentado, la mano del sujeto fue colocada a 90° de pronación hacia la línea media del cuerpo. Los sujetos debían mantener el ritmo de respiración normal durante todas las pruebas para evitar cualquier influencia de la maniobra de Valsalva.

Las contracciones de prensión palmar isométricas fueron realizadas usando un dispositivo de prensión palmar isométrico conectado a una célula de carga y a un monitor de fuerza (*Prototype Design and Fabrication Company*). El monitor de fuerza fue acoplado a un registrador gráfico lineal. Las determinaciones iniciales de MVC se obtuvieron con el registrador gráfico fuera del campo visual de los sujetos para ayudar a los sujetos a mantener la atención en la prensión palmar. Los valores de frecuencia cardíaca fueron registrados a lo largo de las sesiones de evaluación utilizando un monitor de frecuencia cardíaca *Lifepak* (*Physio-Control Lifepak 7*). Las mediciones de presión arterial se realizaron en la arteria

braquial del brazo que no realizaba el ejercicio (brazo no dominante). La presión arterial sistólica fue registrada al oír el primero de dos o más sonidos de Korotkoff. La presión arterial diastólica se determinó antes de la desaparición de los sonidos de Korotkoff. Las mediciones de presión arterial y de frecuencia cardíaca se realizaron luego de la estabilización, en cada minuto del ejercicio, y luego de 30 s de finalizar el ejercicio. Estos valores fueron usados para calcular la presión del pulso, presión arterial media, y el índice de producto de presión.

A lo largo de todas las pruebas, se solicitó a los sujetos que evitaran las contracciones musculares que no estaban involucradas en la contracción del puño. Durante las pruebas, los sujetos mantuvieron una contracción isométrica de prensión palmar correspondiente al 40% de MVC, observando su 40% MVC individual en el registrador gráfico. Los sujetos mantuvieron esta intensidad hasta el fallo. Todos los sujetos pudieron realizar dos minutos de ejercicio, pero ninguno superó los cuatro minutos. Durante este período, se registraron en cada minuto de ejercicio, la presión arterial y los valores de frecuencia cardíaca. El test finalizaba cuando no era posible continuar manteniendo el 40% de MVC dentro del 10% del valor predeterminado para el sujeto. Se solicitó a los sujetos que permanecieran en la posición designada luego de que finalizara la prueba para poder determinar los valores de presión arterial y de frecuencia cardíaca durante la recuperación a los 30 s de haber finalizado el ejercicio. Todas las mediciones de presión arterial fueron realizadas por un técnico de laboratorio experimentado.

### Análisis Estadísticos

Se utilizó el ANOVA de mediciones repetidas para analizar los datos de tiempo, género, y posición para determinar si se producían cambios significativos en las variables a causa del tratamiento experimental. El nivel de significancia estadística fue fijado en  $p \leq 0,05$ . Para el análisis de las diferencias entre las medias se utilizó a posteriori el test de Scheffé. Debido a las variaciones en el tiempo de duración de las pruebas entre los sujetos, las mediciones cardiovasculares fueron registradas en los siguientes momentos: luego período de reposo previo a la realización del ejercicio, en el primer minuto del ejercicio, al momento de finalizar el ejercicio, y luego de 30 s de recuperación.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se observan las características descriptivas de los sujetos agrupados por género

<b>Variables</b>	<b>Mujeres (n=16)</b>	<b>Varones (n=15)</b>
<b>Edad (años)</b>	23,4 ± 5,2	21,8 ± 2,9
<b>Talla (cm)</b>	162,9 ± 5,7	172,1 ± 27,9
<b>Peso (kg)</b>	59,6 ± 7,2	79,2 ± 12,1
<b>Grasa Corporal (%)</b>	18,7 ± 3,6	9,5 ± 3,4

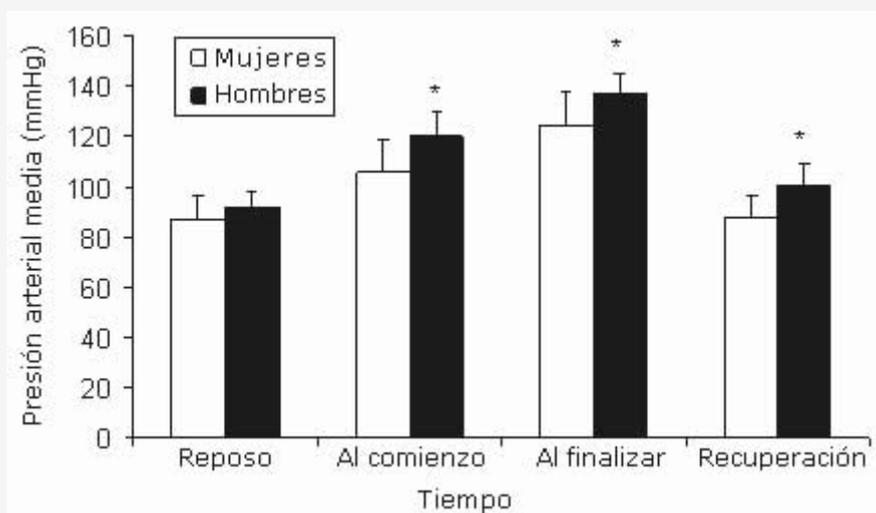
**Tabla 1.** Estadística descriptiva de los sujetos. Los datos se expresan como Media ± SD.

La presión arterial media (MAP), presión arterial sistólica (SBP), presión arterial diastólica (DBP), frecuencia cardíaca (HR), e índice de producto de presión (RPP) aumentaron en forma paralela en ambos géneros a lo largo de todas las pruebas. En el análisis no se observaron interacciones entre género y posición.

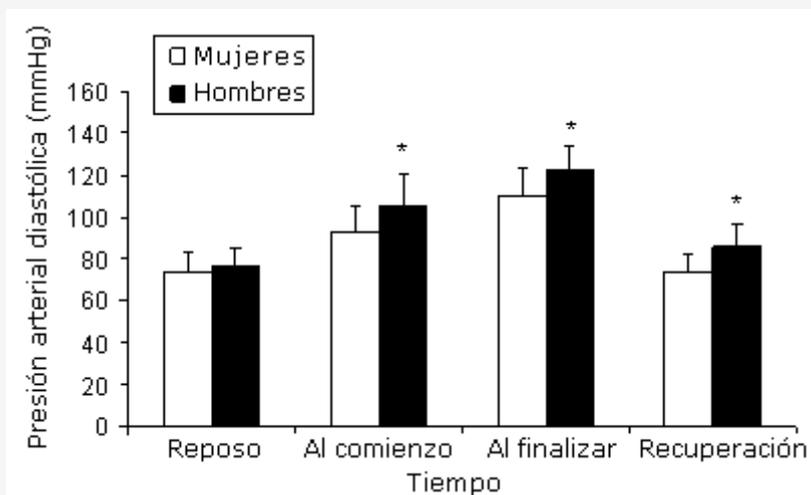
A lo largo de las condiciones experimentales, los hombres presentaron valores significativamente mayores a los encontrados en las mujeres para varias de las determinaciones cardiovasculares: Presión arterial media (MAP) (112,25±19,27 vs. 101,17±19,07 mmHg), presión arterial sistólica (SBP) (143,58±20,38 vs. 128,45±22,08 mmHg), y presión arterial diastólica (DBP) (97,50±21,36 vs. 87,25±18,82 mmHg). Cuando se combinaron los datos de ambos géneros, las variables cardiovasculares fueron significativamente mayores cuando los sujetos realizaron el ejercicio sentados que cuando lo realizaron en posición supina: MAP (108,40±19,55 vs. 104,66±20,18 mmHg), DBP (95,05±20,86 vs. 89,37±20,21 mmHg), HR (82,82±19,01 vs. 78,75±19,54 mmHg), respectivamente.

Se encontraron interacciones significativas en tiempo x género en las variables DBP y MAP. Los hombres presentaron valores de MAP significativamente mayores que las mujeres (Figura 1) en las posiciones evaluadas, en el primer minuto de ejercicio, antes del fallo, y luego de transcurridos 30 s de la recuperación, respectivamente. Los hombres también

presentaron valores de DBP significativamente más altos que los determinados en las mujeres (Figura 2) en las posiciones evaluadas, en el primer minuto de ejercicio, antes del fallo, y luego de transcurridos 30 s de la recuperación. No se encontraron diferencias significativas en DBP entre varones y mujeres luego del período de descanso previo al ejercicio. Los valores medios de presión arterial, SBP, SBP, HR, y de RPP aumentaron significativamente a lo largo del tiempo en mujeres y hombres a lo largo de la evaluación experimental. Los valores obtenidos en la recuperación fueron significativamente mayores que los valores en reposo para cada una de estas variables excepto en el caso del índice de producto de presión y en la frecuencia cardíaca.



**Figura 1.** Cambios medios en la presión arterial promedio durante el IHG en ambos géneros. \* Indica interacción significativa.



**Figura 2.** Cambios observados en la presión arterial diastólica media durante el IHG en ambos géneros. \* Indica interacción significativa.

## DISCUSION

Mientras que la presión arterial promedio fue mayor en los varones a través de las posiciones posturales y a lo largo de las pruebas de ejercicio isométrico de prensión palmar (IHG), no se encontraron diferencias significativas en DBP y MAP en reposo entre los géneros en una u otra posición. Los cambios significativos en el sistema cardiovascular comenzaron en el

momento en que se iniciaron las pruebas de IHG. No se han observado previamente, interacciones significativas de tiempo x género en la MAP y DBP en respuesta al ejercicio isométrico de presión palmar. La presión arterial sistólica y la HR no fueron significativamente mayores en los hombres desde el primer minuto de ejercicio hasta el final de la recuperación. Estos resultados demuestran que hay diferencias entre los géneros en las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico de presión palmar.

Hay varias investigaciones que han evaluado la respuesta cardiovascular al ejercicio isométrico entre los géneros (7, 8, 9). Los resultados en estas investigaciones son en el mejor de los casos contradictorios. Jones et al. (9) concluyeron que las respuestas de la presión arterial frente a varios tipos de factores estresantes de laboratorio, incluyendo IHG, no son influenciadas consistentemente por el género. Sanchez, et al. (8) demostraron que contracciones isométricas sostenidas causaron respuestas de presión arterial similares entre los géneros. Es importante resaltar que las presiones arteriales sistólicas promedio en reposo eran más bajas en las mujeres durante la contracción isométrica sostenida, pero estas diferencias no fueron significativas. Ettinger et al. (7) observaron aumentos atenuados en la presión arterial en las mujeres. En cada una de estas investigaciones los sujetos realizaron IHG al 30% de MVC mientras que en el presente estudio se utilizó un ejercicio al 40% de MVC. El ejercicio isométrico realizado por debajo del 40% MVC podría no haber sido suficiente para provocar las respuestas de presión arterial diastólica y presión arterial media, observadas en los hombres en este estudio.

Es difícil aportar una explicación posible acerca de por qué los varones presentaron mayores DBP y MAP al comienzo del ejercicio, debido a que hay numerosos mecanismos posibles. Tales cambios indicarían un aumento en el flujo simpático. Los aumentos de la presión arterial media sugieren que los hombres experimentaron cambios significativos, ya sea en el gasto cardíaco o en la resistencia periférica total al comienzo del ejercicio isométrico, mientras que las mujeres no experimentaron dichos cambios. Los aumentos en la presión diastólica sugieren una menor disminución en la presión arterial durante la diástole a medida que la aorta proporciona sangre a las redes vasculares sistémicas. Hay muchas posibles explicaciones para tales respuestas. Según Sanchez et al. (8), los aumentos en el flujo simpático incrementan los niveles de catecolaminas circulantes. Este estudio analizó los cambios en la presión arterial y la respuesta de las catecolaminas al ejercicio isométrico de presión palmar al 30% de MVC. No se encontraron diferencias en las concentraciones de catecolaminas en reposo entre los géneros, pero las concentraciones de norepinefrina, epinefrina, y dopamina fueron mayores en los varones en el primer minuto de ejercicio. De las tres catecolaminas, la concentración de epinefrina específicamente fue significativamente mayor en los varones en el primer minuto de ejercicio. Si la concentración fuera lo suficientemente elevada esto podría explicar el aumento significativo en la MAP y DBP en los varones en el presente estudio.

En las mujeres, las concentraciones de norepinefrina y de epinefrina no se vieron afectadas a lo largo de las pruebas de IHG. Los efectos cardiovasculares de niveles altos de catecolaminas circulantes son comparables a los efectos directos de la activación simpática (13). La epinefrina y norepinefrina pueden activar los receptores cardíacos  $\beta$ -adrenérgicos para aumentar la frecuencia cardíaca y la contractilidad del miocardio y pueden activar los receptores vasculares alfa para provocar vasoconstricción. Los receptores vasculares  $\beta$  son más sensibles a la epinefrina que los receptores vasculares alfa. Niveles bajos de epinefrina circulante pueden causar vasodilatación, mientras que niveles más altos causan vasoconstricción mediada por receptores alfa. Ettinger y colaboradores (7) evaluaron las diferencias de género en presión arterial y actividad nerviosa simpática muscular (MSNA) en respuesta a ejercicio estático de muy baja intensidad (no-isquémico). Los autores concluyeron que este tipo de ejercicio estático produjo un menor flujo nervioso simpático en las mujeres, debido a una atenuación del metaboreflejo en las mujeres. Claustre et al. (14) sugirieron que las diferencias adrenérgicas entre los géneros pueden provenir de diferencias en los mecanismos centrales que producen la activación simpática.

Por otro lado, las diferencias de género en la respuesta adrenérgica pueden ser debidas a las hormonas específicas de cada género (15). Un análisis de doce investigaciones de comparaciones entre ambos géneros, aportó dos resultados importantes: los hombres presentan una mayor SBP y una mayor respuesta de las catecolaminas frente al estrés agudo (16). Este análisis no se centró en las respuestas al ejercicio IHG; sin embargo aporta un precedente de que los hombres poseen mayor reactividad cardiovascular frente a factores estresantes. El estudio de las diferencias de género durante el ejercicio isométrico tiene pocas conclusiones definitivas lo que dificulta la identificación del/de los mecanismo/s preciso para explicar las diferencias entre los géneros en la respuesta cardiovascular al ejercicio isométrico. Jones et al. (9) sostienen esto debido a varios factores: 1) hay datos que indican que los hombres no son más reactivos al estrés que las mujeres, 2) no siempre los investigadores han probado adecuadamente que el nivel de estrés utilizado era equivalente en los varones y en las mujeres, y 3) los ajustes nerviosos simpáticos pueden no estar reflejados con precisión en las respuestas cardiovasculares y humorales.

Los datos presentes muestran un aumento significativo en HR, MAP, DBP, e índice de producto de presión (RPP) en ambos géneros en respuesta a la realización de trabajo isométrico realizado con los sujetos sentados en comparación con los valores obtenidos en la posición supina. La posición del cuerpo podría ser responsable de las diferencias en la presión

arterial durante el ejercicio isométrico (11). En la posición erguida la tensión muscular provocada por la postura podría aumentar las presiones intra-torácicas e intra-abdominales contribuyendo de esta manera a aumentar la presión arterial. Las perturbaciones en la relación presión-flujo del sistema venoso, así como los aumentos en la resistencia venosa sistémica son generalmente atribuidos al efecto de la gravedad. Como resultado del ejercicio isométrico en posición erguida, se produce un aumento en la acumulación de sangre en las extremidades inferiores, reduciendo así la carga del ventrículo izquierdo. En la erguida la gravedad disminuye el volumen de sangre central del cuerpo y el gasto cardíaco. Esta situación provoca dificultades en el aumento o en el mantenimiento del volumen sistólico adecuado (17, 18). Para mantener un adecuado gasto cardíaco en una posición erguida, es necesario que aumente la frecuencia cardíaca (11). El incremento en el RPP refleja un incremento en el consumo de oxígeno del miocardio y en el flujo de sangre coronaria (19).

## Conclusiones

En conclusión, en la presente investigación se estableció que; 1) las respuestas cardiovasculares y hemodinámicas al ejercicio isométrico de prensión palmar de nivel submáximo presentan diferencias entre los géneros específicamente al comienzo del ejercicio y 2) la postura afecta las respuestas cardiovasculares al ejercicio isométrico. Son numerosos los factores que pueden ser responsables de las diferencias en la respuesta cardiovascular debida al género y es necesario realizar estudios adicionales para establecer definitivamente los mecanismos específicos.

## Dirección para Envío de Correspondencia

Don Melrose Ph.D., CSCS. Texas A&M University-Corpus Christi, Department of Kinesiology, 6300 Ocean Drive, Corpus Christi, TX 78412. Teléfono: 361-825-2811; fax: 361361-825-6076; correo electrónico: dmelrose@falcon.tamucc.edu

## REFERENCIAS

1. Petrofsky J, Phillips C (1986). The physiology of static exercise. *Med Sci Sports Exerc* 14:1-44
2. Lind A, Taylor S, Humphreys P, Kenelly B, Donald K (1964). The circulatory effects of sustained voluntary muscle contraction. *Clin Sci* 27; 229-244
3. Humphreys P, Lind A (1963). The blood flow through active and inactive muscles of the forearm during sustained handgrip contractions. *J Physiol London* 166: 120-135
4. Mitchell J, Payne F, Saltin B, Schibye B (1980). The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. *J Physiol London* 309:45-54
5. Seals D, Washburn R, Hanson P, Painter P, Nagle F (1983). Increased cardiovascular response to static contraction of larger muscle groups. *J Appl Physiol* 54(2):434-437
6. Petrofsky J, Burse R, Lind A (1975). Comparison of physiological responses of women and men to isometric exercise. *J Appl Physiol* 38(5):863-868
7. Ettinger S, Silber D, Collins B, Gray K, Sutliff G, Whisler S, McClain J, Smith M, Yang Q, Sinoway L (1996). Influences of gender on sympathetic nerve responses to static exercise. *J Appl Physiol* 80:245-251
8. Sanchez J, Pequignot J, Peyrin L, Monod H (1980). Sex differences in the sympatho-adrenal response to isometric exercise. *Eur J Appl Physiol* 45:147-154
9. Jones P, Spraul M, Matt K, Seals D, Skinner J, Ravussin E (1996). Gender does not influence sympathetic neural reactivity to stress in healthy humans. *Am J Physiol* 270:H350-H357
10. Sprangers R, Wesseling K, Imholz A, Wieling W (1991). Initial blood pressure fall on stand up and exercise explained by changes in total peripheral resistance. *J Appl Physiol* 70(2):523-530
11. Sagiv M, Rotstein A, Watkins J, Climor L, Ben-Sira D (1992). Effect of body position on the afterload response during sustained exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 32:170-174
12. Borst C, Wieling W, Van Brederode J, Hond A, De Rijk L (1982). Dunning A. Mechanisms of initial heart rate response to postural change. *Am J Physiol* 243: H676-H681
13. Mohrman D, Heller L (1997). Cardiovascular Physiology 4th edition. *New York: McGraw-Hill*
14. Claustre J, Peyrin L, Fitoussi R, Mornex R (1980). Sex differences in the adrenergic responses to hypoglycemic stress in humans. *Psychopharmacology* 67: 147-153
15. Wiechman B, Borowitz J (1979). Effects of steroid hormones and diethylstilbestrol on adrenomedullary catecholamine secretion. *Pharmacology* 18:195-210
16. Stoney C, Davis M, Matthews K (1987). Sex differences in physiological responses to stress and in coronary heart disease: a causal link?. *Psychophysiology* 24:127-131
17. Ehsani A, Heath G, Hagberg J, Schechtman K (1981). Noninvasive assessment of change in left ventricular function induced by graded isometric exercise in healthy subjects. *Chest* 80:51-55
18. Ganong W (1979). Review of Medical Physiology. *Los Altos: Lange Medical Publications*
19. McArdle W, Katch F, Katch V (2000). Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. *Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins*

## **Cita Original**

Melrose Donald R. Gender Differences in Cardiovascular Response to Isometric Exercise in the Seated and Supine Positions. JEPonline; 8 (4): 29-35, 2005