



Medicent Electrón. 2018 jul.- sep.;22(3)

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS MÉDICAS DE VILLA CLARA

ARTÍCULO ORIGINAL

Patrones hemodinámicos y respuesta al ejercicio isométrico en normotensos, prehipertensos e hipertensos; diferencias de género

Hemodynamic patterns and response to isometric exercise in normotensive, pre-hypertensive and hypertensive subjects: gender differences

Alexis Rodríguez Pena, Otmara Guirado Blanco, Héctor Jesús Paz González, Alexander Eusebio Cárdenas Rodríguez

Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Cuba. Correo electrónico: alexisrp@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: durante el ejercicio isométrico se requieren una serie de ajustes del sistema cardiovascular; las variaciones en los componentes que intervienen en la respuesta presora resultan controversiales.

Objetivos: determinar las variables hemodinámicas en condiciones basales y durante el ejercicio isométrico en jóvenes normotensos, prehipertensos e hipertensos y si existen diferencias atribuibles al género.

Métodos: la muestra estuvo constituida por 97 jóvenes de ambos sexos, con un promedio de edad de 19 años, a los que se les realizó la prueba del peso sostenido en posición decúbito supino, con monitorización hemodinámica no invasiva por cardiografía de impedancia. Se determinaron las variables hemodinámicas en reposo y al finalizar la prueba isométrica.

Resultados: en condiciones basales, y al concluir el ejercicio, se obtuvieron valores significativamente superiores de la frecuencia cardíaca y el índice cardíaco en las mujeres normotensas y prehipertensas. El índice de resistencia fue superior en los hombres normotensos y prehipertensos en ambas condiciones. Durante el ejercicio isométrico, las mujeres alcanzaron mayores incrementos de la frecuencia cardíaca que los hombres. La resistencia vascular sistémica y el índice de resistencia se incrementaron en todos los grupos de ambos sexos, principalmente en los hombres normotensos.

Conclusiones: en condiciones basales, las mujeres presentaron un patrón con valores superiores de las variables hemodinámicas relacionadas con la actividad cardíaca y los hombres de las relativas al tono vascular. Durante el ejercicio isométrico se mantuvieron las diferencias entre ambos sexos, y el incremento de la presión arterial se debió fundamentalmente al aumento de la resistencia vascular sistémica.

DeCS: hipertensión, prueba de esfuerzo, hemodinámica, cardiografía de impedancia.

ABSTRAC

Introduction: a number of adjustments of the cardiovascular system are required during isometric exercise; variations in the components involved in pressor response result controversial.

Objective: to determine hemodynamic variables under basal conditions and during isometric exercise in normotensive, pre-hypertensive and hypertensive young people, as well as, to determine whether differences attributable to the gender exist.

Methods: sample was constituted by 97 young people of both genders, with an average age of 19 years, whom the test of the sustained weight was applied in supine decubitus position with non-invasive hemodynamic monitoring by impedance cardiography.

Results: significantly superior values of heart rate and cardiac index were obtained in pre-hypertensive and normotensive women in basal conditions, and after the exercise. Resistance index was higher in pre-hypertensive and normotensive men in both conditions. Women achieved higher heart rate increments than men during isometric exercise. Systemic vascular resistance and resistance index were increased in all groups of both genders, mainly in normotensive men.

Conclusions: in basal conditions, women had higher values of hemodynamic variables related to cardiac activity and men related to vascular tone. Differences between both genders remained during isometric exercise, and the increased blood pressure was mainly due to the increase of systemic vascular resistance.

DeCS: hypertension, exercise test, hemodynamics, cardiography, impedance.

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, los ejercicios isométricos han sido utilizados para el diagnóstico de hipertensión arterial (HTA). En la actualidad también se investiga su uso en programas de entrenamiento para el control de la hipertensión, y se ha informado su eficacia en la reducción de algunos factores de riesgo cardiovascular.¹ En Cuba, las pruebas isométricas también se han utilizado para el estudio de la hiperreactividad cardiovascular y se ha demostrado que es un marcador de riesgo independiente para la hipertensión arterial.²⁻⁴

Entre las pruebas isométricas se encuentra la prueba del peso sostenido (PPS), la que constituye una modificación del método clásico de *handgrip* donde se utiliza un dinamómetro. En Cuba, se comenzó a utilizar dicha prueba desde mediados de la década de los 80 del siglo pasado por Paz Basanta y colaboradores.⁵ Estos investigadores validaron su efectividad como método para el pesquiasaje de hipertensión arterial en la atención primaria de salud.⁵

Durante la realización de un ejercicio isométrico, se requieren ajustes del sistema cardiovascular para mantener la homeostasis, lograr una distribución adecuada del flujo sanguíneo y suplir las demandas de los músculos activos. La presión arterial, la frecuencia cardíaca y toda la actividad simpática aumentan en relación con el incremento de la duración y la intensidad del ejercicio.⁶ La respuesta presora es gobernada por mecanismos neurales centrales y periféricos, dentro de los que se encuentran un comando central y un sistema de retroalimentación que opera por vía aferente desde los receptores localizados en los músculos esqueléticos, que se contraen y se integran en reflejos (metaborreflejo y mecanorreflejo) con la información que llega desde los barorreceptores arteriales, a nivel del tallo encefálico. El mecanismo central activa vías neuronales del sistema nervioso central, que modifican la actividad de los sistemas simpático y parasimpático y determinan las respuestas cardiovasculares.^{6,7} Por otra parte, durante la contracción muscular se produce una reducción del aporte de oxígeno a los vasos sanguíneos causado por la obstrucción mecánica de los músculos activos, con un incremento de los metabolitos que desencadenan el reflejo presor.⁸

El aumento de la presión arterial durante el ejercicio isométrico es bien conocido; sin embargo, la acción de los componentes que median la respuesta presora: el gasto cardíaco y la resistencia periférica, resultan controversiales.

Numerosos estudios realizados en adultos sanos demuestran que la respuesta presora se establece a través de un incremento del gasto cardíaco, de la resistencia vascular o de ambos.⁶⁻⁹ La variabilidad de los hallazgos se atribuye a que existen diferencias individuales en los componentes de la respuesta presora al ejercicio isométrico.⁹ Por otra parte, también se informaron diferencias relacionadas con los cambios posturales y el género.¹⁰

Las modificaciones hemodinámicas que ocurren durante la prueba clásica del *handgrip* están bien establecidas; no obstante, la prueba del peso sostenido es una nueva variante de prueba isométrica que incluye otros grupos musculares y no ha sido suficientemente estudiada. Debido a los resultados contradictorios de las investigaciones realizadas sobre este tema, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las variables hemodinámicas en condiciones basales y durante la prueba isométrica del peso sostenido en jóvenes normotensos, prehipertensos e hipertensos y si existen diferencias atribuibles al género.

MÉTODOS

Se realizó un estudio analítico de tipo transversal en el laboratorio de Fisiología Cardiovascular de la Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. El universo estuvo constituido por 1 818 estudiantes de primero y segundo años de la carrera de Medicina. Se tomó una muestra aleatoria de 100 estudiantes, y tres quedaron excluidos porque no concluyeron la prueba isométrica, de manera que la muestra quedó finalmente constituida por 56 estudiantes del sexo femenino y 41 del masculino. La media de edad fue de $19,07 \pm 1,43$ años en los varones y $19,23 \pm 1,40$ años en las hembras.

Se tomaron como criterios de exclusión: tener antecedentes personales de enfermedades crónicas –excepto HTA sin tratamiento farmacológico–, no concluir el tiempo requerido para la prueba isométrica y no cumplir los requisitos de talla y peso de la cardiografía por impedancia (talla menor de 120 cm o mayor de 210 cm y peso menor de 30 Kg o mayor a 113 Kg).

Se crearon tres grupos de estudio: normotensos, prehipertensos e hipertensos, a partir de los valores de la presión arterial obtenidos en reposo, según los criterios del Programa Nacional Cubano de Hipertensión Arterial:¹¹

- Normotensos: valores menores de 120 mmHg para la PAS y 80 mmHg para la PAD.
- Prehipertensos: valores comprendidos entre 120-139 mmHg para la PAS y entre 80-89 mmHg para la PAD.
- Hipertensos: Valores superiores o iguales a 140 y 90 mmHg para PAS y PAD, respectivamente.

La medición de la presión arterial se realizó en posición sentada, en el miembro superior derecho por el método auscultatorio clásico; para ello se utilizó un esfigmomanómetro de mercurio marca Kennel calibrado previamente.

Al realizar el estudio hemodinámico en condiciones basales, los individuos fueron colocados en posición decúbito supino. La presión arterial (PA) se midió luego de permanecer 10 minutos acostado y a continuación se realizó la prueba del peso sostenido, con el miembro superior izquierdo extendido en posición horizontal en un plano paralelo al piso y perpendicular al tórax, sosteniendo una pesa de 500 gramos con la mano. Las mediciones de la PA se realizaron 15 segundos antes de concluir el primer y el segundo minutos de la prueba.

Las variables hemodinámicas fueron obtenidas a través de cardiografía por impedancia (CGI) con un equipo CardioScreen 1000, de la firma alemana Medis, acoplado a una computadora con un procesador Pentium 4 y sistema operativo Windows XP.

En el estudio hemodinámico se registraron las siguientes variables: presión arterial sistólica, diastólica y media (PAS, PAD y PAM) en mmHg; frecuencia cardíaca (FC) en latidos/min; volumen sistólico (VS) en mL; índice cardíaco (IC) en $L \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ (valor del gasto cardíaco (GC) indizado

respecto al área de superficie corporal); índice de resistencia vascular sistémica (IRVS) en $\text{dinaxsegxcm}^{-5}\text{xm}^2$ (es la expresión de la RVS ajustada al área de superficie corporal del individuo).

Se determinó la magnitud de los cambios de las variables durante la prueba isométrica en relación con el reposo, y para ello se utilizó el término Delta (Δ), calculado mediante la siguiente expresión: valor de la variable al concluir la PPS - valor de la variable basal.

Los datos fueron procesados en el programa estadístico SPSS versión 20 para Windows. Se utilizaron técnicas de estadística descriptiva y se determinaron los valores de la media y la desviación estándar de las variables estudiadas. Para establecer la comparación de las variables hemodinámicas entre los sexos y la magnitud de los cambios durante la prueba isométrica, se utilizó la prueba análisis de la varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés). El nivel de significación estadística fijado para aceptar o rechazar la hipótesis nula fue del 95 %.

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los grupos clasificados según las categorías del estudio distribuidos por sexo; quedaron constituidos por 42 normotensos (43,3 %), 41 prehipertensos (42,3 %) y 14 hipertensos (14,4 %). Existió un predominio en la muestra del sexo femenino y en este del grupo de normotensos; en los hombres prevalecieron los prehipertensos sin diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre los grupos.

Tabla 1. Distribución de la muestra por grupo y sexo.

Sexo	Normotensos		Prehipertensos		Hipertensos		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Masculino	14	34,1	19	46,3	8	19,5	41	42,3
Femenino	28	50,0	22	39,3	6	10,7	56	57,7
Total	42	43,3	41	42,3	14	14,4	97	100

Ji cuadrado de Pearson $p = 0,232$

En la tabla 2 se observan los valores basales y durante el ejercicio de las variables hemodinámicas distribuidas por sexo y grupo. En condiciones basales, la FC fue superior en el sexo femenino en todos los grupos, con diferencias estadísticas significativas en normotensos y prehipertensos ($p < 0,05$). El VS no tuvo diferencias significativas para el sexo. El GC fue superior en el grupo de hipertensos en ambos sexos y las mujeres tuvieron valores ligeramente mayores que los hombres en todos los grupos, con significación estadística solo para los prehipertensos ($p < 0,05$). El IC se comportó de forma similar al GC; las mujeres tuvieron cifras significativamente superiores a los hombres, principalmente en normotensas y prehipertensas ($p < 0,05$). Por otra parte, la RVS y el IRVS fueron superiores en el sexo masculino en todos los grupos, sin diferencias significativas para la RVS y significativas ($p < 0,05$) en los normotensos y prehipertensos para el IRVS. Los valores de la PAS, PAD y PAM obtenidas en reposo no tuvieron diferencias entre los sexos.

Durante la prueba del peso sostenido, los valores de la FC alcanzaron valores superiores en el sexo femenino en todos los grupos, y fueron estadísticamente significativos solo para las mujeres normotensas y prehipertensas ($p < 0,05$). El VS alcanzó valores superiores en los hombres prehipertensos e hipertensos a los de las mujeres de esos grupos, sin diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). El GC fue superior en las mujeres normotensas y prehipertensas con diferencias significativas en el caso de las primeras ($p < 0,05$); sin embargo, los hombres hipertensos alcanzaron un valor de gasto superior a las féminas al finalizar el ejercicio.

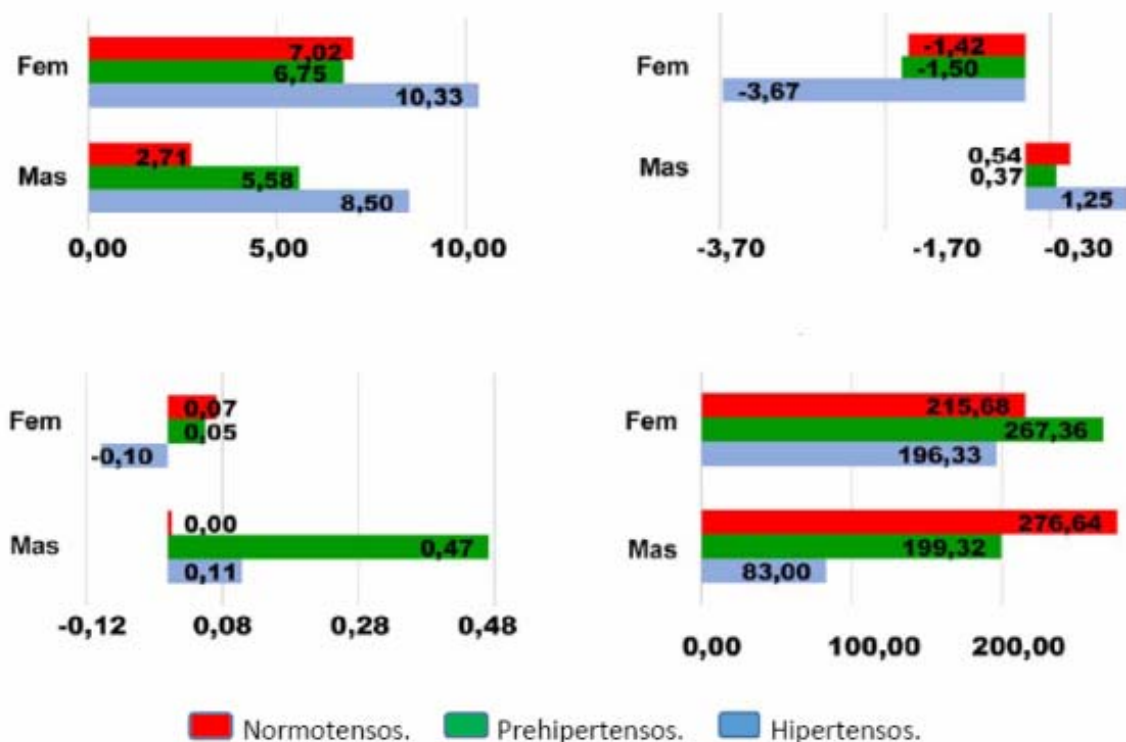
Tabla 2. Variables hemodinámicas en reposo y al finalizar el ejercicio isométrico por grupo y sexo.

		Normotensos		Prehipertensos		Hipertensos	
		Femenino	Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	Masculino
FC	Basal	76 ± 9,0	67 ± 7,6*	79 ± 10,2	70 ± 9,47*	81 ± 15,7	79 ± 7,3
	PPS	83 ± 9,6	69 ± 10*	86 ± 10,6	75 ± 11,7*	91 ± 8,7	88 ± 11,5
VS	Basal	65 ± 13,2	67 ± 11,4	73 ± 15,4	70 ± 15,7	75 ± 21	77 ± 12,5
	PPS	64 ± 13,1	67 ± 12,5	72 ± 15,0	70 ± 14,3	72 ± 12,5	78 ± 11,6
GC	Basal	5,2±1,18	4,6±0,53	5,8±1,0	5,1±1,18*	6,4±2,0	6,3±1,3
	PPS	5,3±1,0	4,6±0,77*	5,92±1,27	5,24±1,06	6,2±1,2	6,53±1,03
IC	Basal	3,3±0,55	2,7±0,27*	3,5±0,5	2,8±0,5*	3,8±0,8	3,2±0,6
	PPS	3,4±0,43	2,71±0,34*	3,52±0,59	3,27±1,48*	3,7±0,43	3,36±0,45
RVS	Basal	1196±306,2	1352±191,8	1212± 253	1363± 336,7	1241± 244	1261± 301
	PPS	1331± 21	1519±243,9*	1378± 346	1479± 292,6	1358± 186	1302± 250
IRVS	Basal	1857± 391,8	2290±289,9*	2006± 355	2422± 457,8*	2080± 253,3	2411± 494,6
	PPS	2073± 225,4	2567±360*	2273± 471,7	2622± 336,3*	2276± 221,3	2494± 404
PAS	Basal	108,5±7,4	109,1±8,8	119,8±9,1	119,2±10,1	131±9,8	136,8±10,2
	PPS	116,6±6,7	116,4±6,8	129,3±6,4	128,4±8,9	139±12,8	143±10,77
PAD	Basal	68,9±9,6	71,3±6,2	78,7±7,6	74,6±5,2	88±7,69	86,3±8,24
	PPS	82,0±8,5	80,0±5,3	90,5±6,4	86,5±6,6	97±7,2	94,5±7,9
PAM	Basal	82,1± 7,9	84,0± 5,9	92,4± 7,1	89,4± 5,85	102± 6,6	102,6±7,1
	PPS	93,5 ± 6,9	92,1 ± 5,4	103,5± 5,08	100,1± 5,9	111± 8,5	110,6± 6,8

Abreviaturas: FC: frecuencia cardíaca (latidos/min); VS: volumen sistólico (mL); GC: gasto cardíaco (lat/min); IC: índice cardíaco ($Lx\text{min}^{-1}x\text{m}^{-2}$); RVS: resistencia vascular sistémica; IRVS: índice de resistencia vascular sistémica ($\text{dinas}x\text{seg}x\text{cm}^{-5}x\text{m}^{-2}$); PAD: presión arterial diastólica (mmHg); PAS: presión arterial sistólica (mmHg); PAM: presión arterial media (mmHg.). Los valores se expresan en medias ± desviaciones estándares. Prueba de ANOVA para comparación entre sexos de una misma categoría; * $p < 0,05$

Por su parte, el IC fue superior en el sexo femenino con diferencias estadísticas significativas en los grupos de normotensos y prehipertensos ($p < 0,05$). La RVS y el IRVS alcanzaron valores superiores en los hombres en todos los grupos, con diferencias significativas en los normotensos y prehipertensos ($p < 0,05$) en el IRVS y solo en los normotensos en la RVS ($p < 0,05$). Los valores de la PAS, PAD y PAM, al concluir el ejercicio, fueron ligeramente superiores en las mujeres, excepto la PAS, que se elevó más en los hombres, aunque sin diferencias estadísticas significativas.

En la figura 1 se aprecia la magnitud del cambio (incremento o disminución) de las variables estudiadas al finalizar el ejercicio isométrico, en relación con el valor basal. Se pudo constatar que la FC se incrementó en ambos sexos y fue mayor en el grupo de hipertensos; en los normotensos existió mayor incremento en las mujeres que en los hombres, aunque sin diferencias estadísticas significativas.



Fem: Femenino, Mas: Masculino

Frecuencia cardíaca (latidos por minutos). Volumen sistólico (ml). Índice cardíaco ($L \times \text{min}^{-1} \times \text{m}^{-2}$). Índice de resistencia vascular sistémica ($\text{dinas} \times \text{seg} \times \text{cm}^{-5} \times \text{m}^{-2}$).

Se muestra la media de los deltas para cada grupo.

El Delta se obtuvo a partir de los valores alcanzados al final de la PPS menos el valor en reposo.

Anova para comparar las variables hemodinámicas entre los sexos de un mismo grupo (* $p < 0,05$).

Figura 1. Magnitud de los cambios de las variables hemodinámicas en el ejercicio en ambos sexos.

El VS tuvo un comportamiento diferente en cuanto al género, y a pesar de que no hubo diferencias estadísticas, se puede observar que las mujeres de los tres grupos experimentaron su disminución, contrario a los hombres, que presentaron un incremento.

El IC disminuyó en las hipertensas y aumentó en el resto de los grupos; en los hombres normotensos no experimentó ningún cambio. Por otro lado, el grupo de prehipertensos masculinos fue el de mayor incremento de este índice, pero no se obtuvieron diferencias estadísticas entre los sexos de un mismo grupo.

El IRVS aumentó en todos los grupos en ambos sexos; en el caso de las féminas, se observó el mayor incremento en las prehipertensas, mientras que en los hombres fueron los normotensos. Los hipertensos de ambos sexos presentaron menor incremento de esta variable al finalizar el ejercicio.

DISCUSIÓN

En condiciones basales, los valores superiores del gasto cardíaco observados en el sexo femenino estuvieron determinados por una mayor frecuencia cardíaca; en cambio, los hombres presentaron una mayor resistencia vascular periférica en todos los grupos. Por otro lado, en los hipertensos de ambos sexos se observaron los valores de gasto cardíaco más elevados y los de resistencia vascular fueron superiores en prehipertensos e hipertensos. Estos resultados coinciden con los

informados por Talakad y colaboradores,¹² los cuales encontraron, en un estudio con cardiografía por impedancia, que el grupo de edad de menores de 20 años tenía valores más elevados de frecuencia cardíaca y gasto cardíaco en el sexo femenino, mientras que la resistencia y el volumen sistólico fue inferior. Drukteinis y colaboradores,¹³ en una muestra de adolescentes y adultos jóvenes, obtuvieron una frecuencia cardíaca mayor en hipertensos que en prehipertensos y normotensos.

Es evidente que el comportamiento de estas variables está influenciado por las características del control autonómico de la función cardiovascular, en dependencia del sexo.¹⁴ Numerosos estudios han encontrado diferencias anatómicas entre el hombre y la mujer en edades tempranas de la vida adulta, principalmente en el control de la actividad autonómica sobre el corazón y los vasos.¹⁵⁻¹⁷ La actividad nerviosa simpática muscular (MSNA, por sus siglas en inglés), que es un método para evaluar la actividad simpática sobre el lecho vascular, es menor en las mujeres jóvenes. En los hombres jóvenes se ha demostrado que existe una relación directa entre la MSNA y la resistencia vascular periférica e inversa con el gasto cardíaco; sin embargo, esta última relación no se observa en las mujeres jóvenes.^{15,18}

Desde el punto de vista anatómico, las mujeres tienen menores diámetros de la pared del ventrículo izquierdo, así como menor volumen de este al concluir la diástole. También se ha observado que las mujeres presentan mayor vasodilatación por acción beta adrenérgica que los hombres.¹⁷ En este sentido, los estrógenos inducen la expresión de receptores beta adrenérgicos en los vasos sanguíneos, lo cual favorece la actividad dilatadora sobre la alfa constrictora. Además, la síntesis de óxido nítrico es estimulada por esta hormona, lo que pudiera justificar el hecho de que la resistencia periférica en las mujeres jóvenes sea inferior a la de los hombres.¹⁹

Respecto al patrón hemodinámico observado en el grupo de hipertensos, este se corresponde con el descrito para los primeros estadios de la hipertensión arterial, caracterizado por una frecuencia y gasto cardíaco elevado. Este patrón hipercinético del hipertenso joven obedece a un incremento de los impulsos simpáticos y disminución de la inhibición parasimpática producida a nivel de los centros de control cardiovascular integradores del tronco encefálico. Se considera actualmente que la taquicardia es el marcador precoz del síndrome hipercinético y un predictor de la hipertensión arterial establecida.²⁰

La respuesta hemodinámica a la prueba isométrica es el resultado, entre otros factores, del balance autonómico y de la influencia de las hormonas adrenalina y noradrenalina, y otras sustancias vasoactivas sobre el sistema cardiovascular.

Las diferencias de género observadas en condiciones basales se mantuvieron durante el ejercicio, con un incremento de las medias en la mayoría de las variables estudiadas. En un estudio realizado en jóvenes normotensos e hipertensos, S. Chrysant²¹ informó un incremento considerable de la FC, la PA y el GC en los normotensos y no de la resistencia vascular periférica; este autor concluyó que la elevación de la PA era consecuencia del aumento del IC. En el presente trabajo se obtuvo un incremento de la FC y el IRVS, pero los valores alcanzados en el IC fueron similares a los basales. A diferencia de lo referido por S. Chrysant,²¹ la elevación de la PA se debió al incremento de la RVS y no al aumento del GC, lo que pudiera explicarse por el rango de edad de la población estudiada y las características de la prueba utilizada que incluye un grupo mayor de músculos.

Los valores de presión arterial, sistólica, diastólica y media, se elevaron en todas las categorías durante el ejercicio; la diastólica fue la que mayor incremento presentó en ambos sexos, hecho que se explica por el aumento significativo de la resistencia vascular sistémica. Con relación al género, aunque no se obtuvieron diferencias estadísticas, los valores alcanzados por las mujeres en la prueba isométrica fueron ligeramente superiores a los hombres, excepto en el grupo de hipertensos, contrario a lo informado por algunos autores.^{10,22} Jones²³ considera que el nivel de estrés utilizado no siempre es equivalente en hombres y mujeres ante diferentes estímulos. Este autor, al aplicar estímulos mentales y de respuesta al frío, no encontró diferencias en las respuestas entre ambos sexos; en cambio, al utilizar la prueba isométrica con *handgrip*, la respuesta en los hombres fue superior a las mujeres. Rajasekhar y colaboradores,²⁴ también encontraron diferencias entre los sexos en los valores de PAS, PAD y PAM al concluir el ejercicio con dinamómetro.

A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticas en la magnitud de los cambios hemodinámicos por efecto del ejercicio entre los sexos, es necesario señalar que el volumen sistólico en las féminas disminuyó en todos los grupos y el índice cardíaco presentó un comportamiento diferente en los hombres del grupo de hipertensos. Se ha demostrado que las mujeres muestran menor respuesta ventricular que los hombres ante la realización de ejercicios físicos, y que en estos últimos se incrementa más la fracción de eyección. Este hecho es independiente a las diferencias de género en el control autonómico del nodo sinusal y de la regulación miocárdica, y puede estar relacionado con diferencias en el acoplamiento de la excitación-contracción en los cardiomiocitos y el balance del calcio.¹⁶

Es de significar que las diferencias encontradas entre los sexos en los grupos de normotensos y prehipertensos no se observaron en los hipertensos. Este grupo mostró una actividad cronotropa superior al resto de los individuos, y la magnitud del incremento de la FC (ΔFC) fue mayor, aunque el de la RVS (ΔRVS) fue inferior. Por otro lado, los normotensos y prehipertensos presentaron mayor incremento de la resistencia vascular (ΔRVS y $\Delta IRVS$). Se ha demostrado que la MSNA es superior en los individuos hipertensos,¹⁵ hecho que pudiera justificar los valores de resistencia vascular más elevados en estos individuos. Además, tienen una menor complianza arterial y, por tanto, presentan menor variación en el tono vascular entre el reposo y el ejercicio, lo que justifica el hecho del menor incremento de la resistencia vascular.

CONCLUSIONES

En condiciones basales, las mujeres de todos los grupos presentaron un patrón hemodinámico con valores superiores de las variables relacionadas con la actividad cardíaca y los hombres, de las relativas al tono vascular. Durante el ejercicio isométrico se mantienen las diferencias de género, y el incremento de la presión arterial obedeció, fundamentalmente, al aumento de la resistencia vascular sistémica. En los hipertensos, una vez establecidos los cambios hemodinámicos de la enfermedad, disminuyen las diferencias de género en estas variables.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en el presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vrachimis A, Hadjicharalambous M, Tyler C. The Effect of Circuit Training on Resting Heart Rate Variability, Cardiovascular Disease Risk Factors and Physical Fitness in Healthy Untrained Adults. Health [internet]. 2016 Jan. [citado 12 sep. 2017];8:[aprox. 12 p.]. Disponible en: https://file.scirp.org/pdf/Health_2016012817162200.pdf
2. Benet Rodríguez M, Espinosa Chang LJ, Apollinaire Pennini JJ, León Regal ML, Casanova González MF. Hiperreactividad cardiovascular y predicción de la hipertensión arterial en la comunidad. Medisur [internet]. 2006 [citado 12 sep. 2017];4(3):[aprox. 9 p.]. Disponible en: <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/218>
3. Benet Rodríguez M, Morejón Giraltoni A. Hiperreactividad cardiovascular: un marcador de riesgo poco conocido en la predicción de la hipertensión arterial [internet]. 2012 [citado 12 sep. 2017]. Disponible en: <http://files.sld.cu/boletincnscs/files/2013/02/6-hiperreactividad-cardiovascular.pdf>
4. Santana López S, Perdomo Hernández MC, Montero Díaz R. Hiperreactividad cardiovascular al estrés físico predice hipertensión arterial en población trabajadora: 4 años de seguimiento. Clín Invest Arterioscler [internet]. 2014 Nov.-Dec. [citado 27 mar. 2016];26(6):[aprox. 6 p.]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0214916814000382>

5. Paz Basanta H, Ventura Espina JL, Rojas Rodríguez I, Rivero de la Torre JR, González Paz H, Menéndez Carrasco J. Valor de la prueba del peso sostenido para pesquisajes de hipertensión arterial a la población. *Medicent Electrón* [internet]. 1997 [citado 3 mar. 2012];1(2):[aprox. 7 p.]. Disponible en: <http://www.medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/9/9>
6. Dos Santos Antonio AM, Cardoso MA, do Amaral J. AT, de Abreu LC, Valentil VE. Cardiac autonomic modulation adjustments in isometric exercise. *Med Express*. 2015;2(1):6.
7. Weippert M, Behrens K, Rieger A, Stoll R, Kreuzfeld S. Heart Rate Variability and Blood Pressure during Dynamic and Static Exercise at Similar Heart Rate Levels. *PLoS One*. 2013;8(12):e836-90.
8. Alegret JM, Beltrán-Debón R, La Gerche A, Franco-Bonafonte L, Rubio-Pérez F, Calvo N, et al. Acute effect of static exercise on the cardiovascular system: assessment by cardiovascular magnetic resonance. *Eur J Appl Physiol* [internet]. 2015 Jan. 10 [citado 25 mayo 2016];115(6):[aprox. 9 p.]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25576263>
9. Watanabe K, Ichinose M, Tahara R, Nishiyasu T. Individual differences in cardiac and vascular components of the pressor response to isometric handgrip exercise in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* [internet]. 2014 [citado 25 mayo 2016]; 306(2):[aprox. 10 p.]. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/ajpheart.00699.2013>
10. Melrose D. Diferencias de género en la respuesta cardiovascular al ejercicio isométrico realizado en diferentes posiciones. *PubliCE Prem*. 2005;8(4):29-35.
11. Ministerio de Salud Pública. Programa Nacional de Prevención, Diagnóstico, Evaluación y Control de la hipertensión arterial. *Rev Cubana Med Gen Integr* [internet]. 1999 ene.-feb. [citado 25 mayo 2016];15(1):[aprox. 41 p.]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21251999000100009
12. Sathyaprabha TN, Pradhan C, Rashmi G, Thennarasu K, Raju T. Noninvasive Cardiac Output Measurement by Transthoracic Electrical Bioimpedance: Influence of Age and Gender. *J Clin Monit Comput*. 2008;22(6):401-8.
13. Drukteinis JS. Cardiac and Systemic Hemodynamic Characteristics of Hypertension and Prehypertension in Adolescents and Young Adults The Strong Heart Study. *Circulation*. 2007;115(2):221-7.
14. Lyrio dos Santos R, Bragança da Silva F, Ribeiro Jr. RF, Stefanon I. Sex hormones in the cardiovascular system [internet]. 2014 May 24 [citado 19 jul. 2017];18(2):[aprox. 15 p.]. Disponible en: <http://www.degruyter.com/view/j/hmbci.2014.18.issue-2/hmbci-2013-0048/hmbci-2013-0048.xml>
15. Joyner MJ, Barnes JN, Hart EC, Gunnar Wallin B, Charkoudian N. Neural Control of the Circulation: How Sex and Age Differences Interact in Humans. *Compr Physiol* [internet]. 2015 Jan. [citado 14 jul. 2017];5(1):[aprox. 23 p.]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4459710/>
16. Parks RJ, Howlett SE. Sex differences in mechanisms of cardiac excitation–contraction coupling. *Pflugers Arch*. 2013;465(5):747-63.
17. Hart EC, Charkoudian N. Sympathetic Neural Regulation of Blood Pressure: Influences of Sex and Aging. *Physiology* [internet]. 2014 Jan. [citado 23 mayo 2016]; 29(1):[aprox. 8 p.]. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/abs/10.1152/physiol.00031.2013>
18. Briant L. JB, Charkoudian N, Hart EC. Sympathetic regulation of blood pressure in normotension and hypertension: when sex matters. *Exp Physiol*. 2016;101(2):219-29.
19. Ballesteros Hernández M, Guirado Blanco O. Los estrógenos como protectores cardiovasculares. *Medicent Electrón* [internet]. 2012 jul.-sep. [citado 23 ene. 2015];16(3):[aprox. 6 p.]. Disponible en: <http://www.medicentro.sld.cu/index.php/medicentro/article/view/1273/1197>
20. Feldstein C, Julius S. The complex interaction between overweight, hypertension, and sympathetic overactivity. *J Am Soc Hypertens*. 2009;3(6):353-65.
21. Chrysant SG. Current Evidence on the Hemodynamic and Blood Pressure Effects of Isometric Exercise in Normotensive and Hypertensive Persons. *J Clin Hypertens* [internet]. 2010 Sep. [citado 17 mar. 2013];12(9):[aprox. 6 p.]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1751-7176.2010.00328.x>

22. Hogarth A, Mackintosh A, Mary D. The effect of gender on the sympathetic nerve hyperactivity of essential hypertension. *J Human Hypertens.* 2007;21(3):239-45.
22. Jones PP, Spraul M, Matt KS, Seals DR, Skinner JS, Ravussin E. Gender does not influence sympathetic neural reactivity to stress in healthy humans. *Am J Physiology-Heart and Circulatory Physiology* [internet]. 1996 Jan. [citado 30 abr. 2014];270(1):[aprox. 8 p.]. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/abs/10.1152/ajpheart.1996.270.1.H350>
23. Rajasekhar P, Veena CN, Hemasankar CJ. Gender Differences in the Cardiovascular Autonomic Response during Isometric Handgrip Exercise. *J Evid Based Med Health Care.* 2015;2(37):5854-58.

Recibido: 24 de noviembre de 2017

Aprobado: 18 de febrero de 2018

Alexis Rodríguez Pena. Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara. Cuba. Correo electrónico: alexisrp@infomed.sld.cu