

## Medición de la Presión Arterial en Ejercicio Aeróbico: Aportes para la Rehabilitación Cardíaca

Emanuel Couto Furtado<sup>1</sup>, Plínio dos Santos Ramos<sup>1</sup>, Claudio Gil Soares de Araújo<sup>1,2</sup>

Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho<sup>1</sup>; Clínica de Medicina do Exercício - CLINIMEX<sup>2</sup>, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

### Resumen

**Fundamento:** Documentos institucionales recomiendan que las variables hemodinámicas - frecuencia cardíaca (FC) y presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) - se mantengan bajo control en la parte aeróbica de sesiones de ejercicio bajo supervisión para cardiópatas.

**Objetivo:** : a) Determinar el comportamiento y la reproductibilidad de la PA a lo largo de 15 minutos de ejercicio de intensidad constante y moderada; b) Comparar la medición de PA obtenida con aparatos digital y convencional en el ejercicio.

**Métodos:** Se evaluaron a 30 adultos de ambos sexos (de  $65 \pm 11$  años) en 15 minutos en el cicloergómetro de miembros inferiores. La PA se midió a cada 2 minutos: entre el 3º y el 13º minutos, por esfigmomanómetro digital Tango (Suntech, Estados Unidos de América) y, en el 14º minuto, por esfigmomanómetro de columna de mercurio. Luego de 7 días y en horario similar, 6 individuos repitieron el protocolo para evaluar la reproductibilidad.

**Resultados:** La PAD no varió a lo largo del ejercicio ( $p > 0,05$ ), mientras que la PAS aumentó del 3º al 7º minuto ( $146 \pm 4,1$  versus  $158 \pm 4,5$  mm Hg,  $p < 0,05$ ) y después se mantuvo prácticamente constante. Las mediciones digital y convencional se correlacionaron fuertemente -  $r = 0,83$  para PAS y  $0,84$  para PAD -, sin diferencias para PAS ( $163 \pm 4,5$  versus  $162 \pm 4,3$  mm Hg;  $p > 0,05$ ) y una pequeña diferencia para la PAD ( $72 \pm 2,4$  versus  $78 \pm 2,3$  mm Hg;  $p < 0,05$ ).

**Conclusión:** Para ejercicios de intensidad moderada y constante en el cicloergómetro con 15 minutos de duración, la medición de la PA se deberá llevar a cabo a partir del 7º minuto. Las mediciones digitales con el aparato Tango y las convencionales de PA resultaron, para efectos clínicos, muy semejantes y reproducibles. (AArq Bras Cardiol 2009;93(1):43-50)

**Palabras-clave:** Presión arterial, ejercicio, rehabilitación.

### Introducción

Hay consenso de que ejercicio físico regular es un componente importante para prevenciones primaria y secundaria de la enfermedad coronaria<sup>1</sup>. Documentos institucionales<sup>2,3</sup> sugieren que el componente aeróbico del ejercicio físico debe prescribirse en términos de frecuencia semanal y de duración e intensidad de la sesión. Aunque la tasa de eventos cardiovasculares desfavorables sea relativamente baja durante las sesiones de ejercicio bajo supervisión<sup>4</sup>, parece apropiado que, en cardiópatas con condición de mayor severidad, haya un control más preciso e individualizado de la prescripción aeróbica<sup>5</sup>.

Se sabe que la frecuencia cardíaca (FC) aumenta rápidamente en los primeros segundos de un ejercicio dinámico, primariamente por retirada de la acción vagal cardíaca<sup>6</sup>, y que sigue aumentando gradualmente con el tiempo, sobretodo cuando la intensidad del esfuerzo es igual o mayor que el 80% de la carga en que se detectó el umbral anaeróbico<sup>7</sup>. Sin embargo, aunque se recomienda medir la presión arterial (PA) con frecuencia en sesiones de ejercicio bajo supervisión, poco se conoce sobre su comportamiento en un esfuerzo de 10 a 20 minutos en intensidad constante.

Los valores de la FC se los obtienen fácilmente por frecuencímetros o en registros electrocardiográficos, mientras que la medición de la PA presenta más dificultades y limitaciones técnicas, a empezar por su naturaleza discontinua. Si, por un lado, la variabilidad intraevaluador puede limitarse por el empleo de aparatos digitales durante el ejercicio físico, sobretodo en función de los ruidos inherentes a la actividad, el uso es más problemático.

Recientemente, se ha desarrollado y validado un esfigmomanómetro digital que asocia los sonidos captados por

**Correspondencia:** Claudio Gil S. de Araújo •

Rua Siqueira Campos, 93/101, Copacabana, 22031-070, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

E-mail: cgil@cardiol.br, cgaraujo@iis.com.br

Artículo recibido el 30/07/08; revisado recibido el 02/09/08; aceptado el 15/09/08.

el micrófono a la señal del electrocardiograma para identificar el momento de la despolarización ventricular para su empleo durante el ejercicio físico<sup>8</sup>. Con ese aparato, fue posible cuantificar la respuesta de la PA en diversos momentos de un ejercicio de intensidad constante hecho en cicloergómetro de miembros inferiores, procurando controlar sesgos y otras causas de variabilidad intraevaluador.

Los objetivos de ese estudio fueron: a) determinar el comportamiento de la PA a lo largo de 15 minutos de ejercicio de intensidad constante y moderada y b) comparar y determinar la fiabilidad de las mediciones de la PA en el ejercicio en cicloergómetro de miembros inferiores obtenidas con aparato digital específico y convencional.

## Métodos

### Muestra

Se seleccionaron por conveniencia a 30 adultos (28 varones) que atendían a los siguientes criterios de inclusión: a) frecuentar, regularmente, a un Programa de Ejercicio bajo Supervisión (PES) desde hace tres meses como mínimo; b) haber completado un mínimo de 30 sesiones; c) realizar, en la parte aeróbica de la sesión, ejercicio constante y sin interrupciones por 15 minutos, con carga previamente establecida con base en los resultados de la prueba cardiopulmonar de ejercicio máximo y periódicamente ajustada para mantener el individuo dentro del área de objetivo de FC en cicloergómetro de miembros inferiores; d) estar en ritmo cardiaco sinusal y con hasta 3 extrasístoles por minuto. Las principales condiciones clínicas y de uso de medicaciones están presentadas en la Tabla 1.

### Protocolo experimental

Primeramente, se les explicaban los procedimientos a los pacientes y se les suministraba un formulario de consentimiento informado. Todos los individuos habían sido previamente sometidos a una prueba de ejercicio cardiopulmonar máximo en cicloergómetro de miembros

inferiores, con medición y análisis de gases expirados, en el cual se obtuvieron los datos necesarios para la prescripción individualizada del ejercicio aeróbico.

Tras poner un frecuencímetro (Polar®, Finlandia) en la muñeca izquierda y después de averiguar el peso, se obtenían la PA y la FC preesfuerzo, medidas por esfigmomanómetro digital profesional Omron modelo XML-907 (Omron, Estados Unidos de América)<sup>9</sup>, bajo supervisión directa del médico. Después de ese procedimiento, si los valores obtenidos no excedieran los límites de variación dentro del habitualmente observado, se posicionaba al individuo en el cicloergómetro de miembros inferiores Cateye modelo EC-1600 (Cateye, Japón). Así que se ponían, en el brazo derecho, el manguito del esfigmomanómetro digital Suntech modelo Tango (Suntech™, Estados Unidos de América) y tres electrodos torácicos, para obtener la derivación CC5.

Se configuró, entonces, el esfigmomanómetro digital para averiguar automáticamente la PA en el 3º, 5º, 9º, 11º y 13º minuto del ejercicio, inflando automáticamente el manguito hasta 30 mm Hg arriba de la presión arterial sistólica máxima que se alcanzó en sesiones anteriores en las mismas condiciones de ejercicio. La tasa de desinsuflación se fijó en 8 mm Hg/s, correspondiendo a aproximadamente 35 segundos para inflar y desinflar el manguito a cada medición.

Luego de la última medición realizada por el aparato en el 13º minuto, se removía el manguito, y, en el mismo miembro, se posicionaba un manguito de esfigmomanómetro convencional de columna de mercurio. Mientras tanto, otro evaluador, que hasta ese momento no había participado del procedimiento, obtenía un valor de la PA. El evaluador posicionó el brazo del individuo en la altura del corazón apoyándolo. El protocolo experimental se puede visualizar en la Figura 1.

En el intento de estandarizar la técnica de medición, los individuos evaluados fueron orientados a poner el brazo derecho en posición supina, con la mano apoyada en el manillar del cicloergómetro, siempre que el aparato Tango™ empezaba a insuflar. La medición realizada con el esfigmomanómetro convencional es estandarizada en nuestro grupo de investigación, de modo a realizarse inflando el manguito hasta aproximadamente 30 mm Hg arriba de la PAS previamente conocida del individuo y, desde ahí, desinflando el manguito a una tasa de 2 a 4 mm Hg/s.

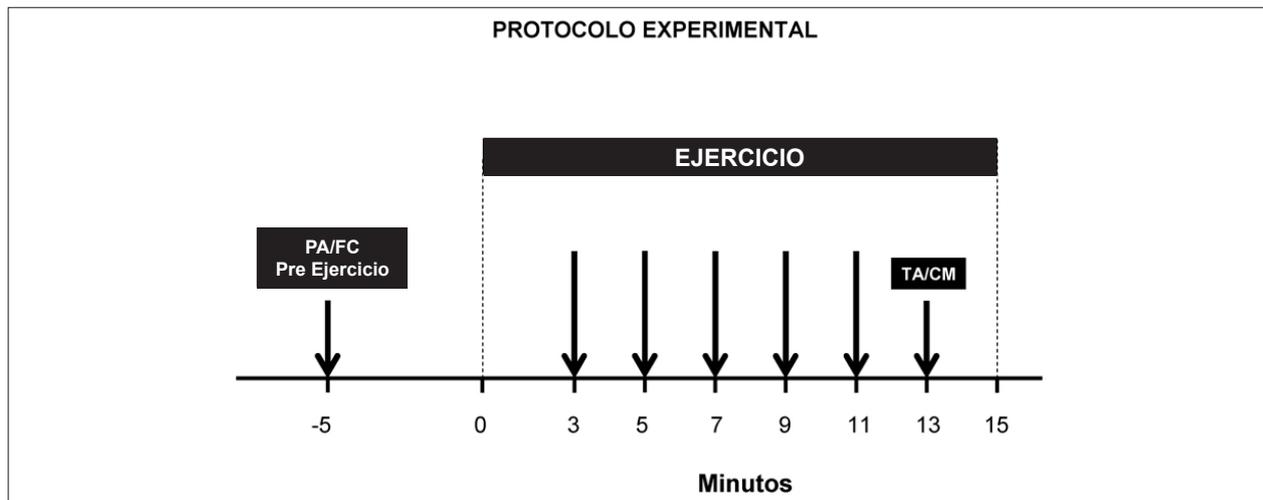
Según las características del cicloergómetro utilizado en el estudio, en los tres primeros minutos, la carga aumenta progresivamente hasta alcanzar la carga establecida, que es entonces mantenida hasta el 15º minuto del ejercicio. La carga en el cicloergómetro era individualmente establecida en función de la prueba de ejercicio cardiopulmonar máximo y de las sesiones anteriores del PES, de modo que se alcanzara el área de objetivo propuesta de FC para entrenamiento aeróbico.

Posteriormente, 6 individuos (el 20% de la muestra seleccionada para el estudio) se reevaluaron, con un intervalo de una semana entre las dos evaluaciones, en horarios semejantes y en las mismas condiciones de uso de medicación regular.

**Tabla 1 - Condições clínicas e anti-hipertensivos utilizados pelos indivíduos**

Datos	nº/Total (% de los individuos)
Enfermedad arterial coronaria	20/30 (70)
Síndrome metabólico	2/30 (6,7)
Hipertensión arterial sistémica	15/30 (50)
β-bloqueante	18/30 (60)
IECA	13/30 (43)
Bloqueante Ca <sup>2+</sup>	7/30 (23)
Antagonista AT2	7/30 (23)
Diuréticos	3/30 (10)

IECA - inhibidor de la enzima convertora de angiotensina; Bloqueante de Ca<sup>2+</sup> - bloqueante de canal de calcio; AT2 - Antagonista de angiotensina II. Obs.: Algunos individuos hacen tratamiento con más de un tipo de fármaco antihipertensivo, lo que explica el total de los porcentajes exceder el 100%.



**Figura 1** - Protocolo experimental. La primera flecha representa la medición de PA y FC antes del inicio del ejercicio, las flechas siguientes representan los momentos en que se media la PA por el esfigmomanómetro digital, y la última flecha representa el momento en que se retiró el esfigmomanómetro digital Tango (TA) y se averiguó la PA con el esfigmomanómetro convencional de columna de mercurio (CM).

### Estadística

Para la descripción de los datos de la muestra, se utilizaron promedio, desviación-estándar y valores mínimos y máximos o porcentajes. En los procedimientos inferenciales, la variabilidad de los resultados se expresa mediante el error estándar del promedio. Para la comparación de los promedios de los valores de FC y de PA en cada uno de los intervalos de tiempo elegidos, se utilizó la ANOVA para mediciones repetidas, seguida de la prueba de Bonferroni para localizar las diferencias. Para la comparación de las mediciones de la PA entre los dos aparatos y también en las comparaciones entre los resultados de PA en las dos evaluaciones, se utilizaron la prueba-t emparejada, y se obtuvieron los respectivos coeficientes de correlación. Diagramas de Bland-Altman también se obtuvieron para evaluar la reproducibilidad de las mediciones. El tamaño mínimo de la muestra se calculó como igual a 29, estimado a partir de la variación esperada de 5 mm Hg en las mediciones de PA a lo largo del ejercicio de intensidad moderada y constante. Los cálculos estadísticos se realizaron en el GraphPad Prism versión 5 (GraphPad, Estados Unidos de América) y el nivel de significancia se estableció en el 5%.

## Resultados

### Características demográficas

El promedio de edad de los 30 individuos evaluados fue de  $65 \pm 11$  años, variando entre 46 y 86 años de edad, con estatura de  $170 \pm 6,5$  cm y peso de  $79 \pm 6,5$  kg. El 70% de la muestra presentaba enfermedad arterial coronaria, de estos, diez individuos habían sido sometidos a revascularización miocárdica, y la mitad de los individuos de la muestra poseía diagnóstico y se trataba para hipertensión arterial.

En cuanto al empleo de medicaciones antihipertensivas, se observó que los  $\beta$ -bloqueantes eran los más utilizados, seguidos por los inhibidores de la enzima convertidora de

angiotensina (IECA), en el 57% y el 43% de la muestra, respectivamente.

La PA sistólica (PAS), la PA diastólica (PAD) y la FC en reposo eran, respectivamente,  $125 \pm 14$ ,  $68 \pm 8$  mm Hg y  $65 \pm 10$  lpm.

### PA y FC en el ejercicio

La parte superior de la Figura 2 muestra que la FC aumenta a lo largo de los 15 minutos de ejercicio con carga constante en el cicloergómetro, inicialmente de forma más rápida ( $p < 0,05$ ) y, después, de forma más gradual. De ese modo, los valores diferían cuando comparados a los averiguados en el 3<sup>er</sup> minuto,  $95 \pm 2,4$  lpm, alcanzando en el 7<sup>o</sup>, 9<sup>o</sup>, 11<sup>o</sup> y 13<sup>o</sup> minuto, los valores de  $102 \pm 2,7$  lpm,  $104 \pm 2,9$  lpm,  $105, \pm 3,2$  lpm y  $107 \pm 3,2$  lpm, respectivamente.

En la Figura 1 está presentado el incremento de la PAS hasta el 7<sup>o</sup> minuto de ejercicio ( $p < 0,05$ ), cuando, desde ahí, los valores se mantienen estables ( $p > 0,05$ ), específicamente entre el 9<sup>o</sup> y el 13<sup>o</sup> minuto de ejercicio, cuando resultaron virtualmente idénticos. Ya la PAD presentó comportamiento estable durante todo el ejercicio, no habiendo diferencia en los valores recolectados entre el 3<sup>o</sup> y el 13<sup>o</sup> minuto ( $p > 0,05$ ).

### Mediciones digital y convencional de la PA en el ejercicio

Otra observación obtenida en los instantes finales del ejercicio permitió comparar las mediciones digital y convencional de la PA, verificándose valores semejantes para la PAS -  $163 \pm 4,5$  versus  $162 \pm 4,3$  mm Hg ( $p > 0,05$ ) - y discretamente distintas para la PAD -  $72 \pm 2,4$  versus  $78 \pm 2,3$  mm Hg ( $p > 0,05$ ).

Los diagramas de dispersión en las dos mediciones para PAS y PAD están presentados en las Figuras 3 y 4, con coeficientes de correlación bastante semejantes de, respectivamente, 0,83 y 0,84. La diferencia entre las mediciones de PAS llevadas a cabo con los esfigmomanómetros digital y convencional

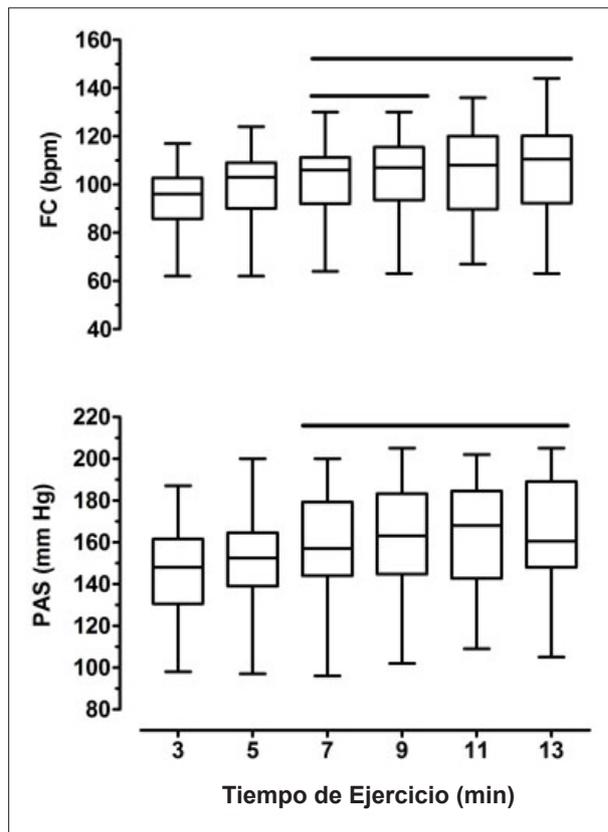
excedió 10 mm Hg en 13 individuos (más de 10% en cinco casos). Con relación a la PAD, esa misma diferencia fue encontrada en 9 individuos.

### Reevaluación

La repetición del protocolo en 6 individuos mostró valores muy similares en las diversas mediciones obtenidas a lo largo de los 15 minutos de ejercicio. Los valores en el 13º minuto para PAS ( $p = 0,31$ ) y para PAD ( $p = 0,53$ ) no diferían, sino como también presentaron correlaciones expresivas -  $r$  de 0,99 para PAS ( $p < 0,05$ ) y  $r$  de 0,65 para PAD ( $p > 0,05$ ). La semejanza entre los resultados puede ser más bien visualizada por los respectivos diagramas de Bland-Altman (Figuras 5 y 6).

### Discusión

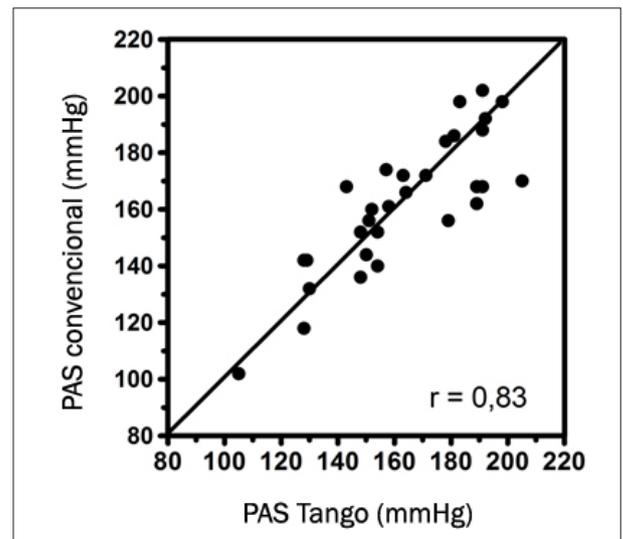
El posicionamiento del *American College of Sports Medicine*<sup>10</sup> sobre ejercicio e hipertensión y la Directriz Brasileña de Hipertensión<sup>11</sup> incentivan la práctica de ejercicio físico regular para portadores de HAS y de otras enfermedades cardiovasculares. Esa recomendación propone la realización de ejercicios aeróbicos en la mayoría de los días, por 30 minutos como mínimo, en una intensidad moderada.



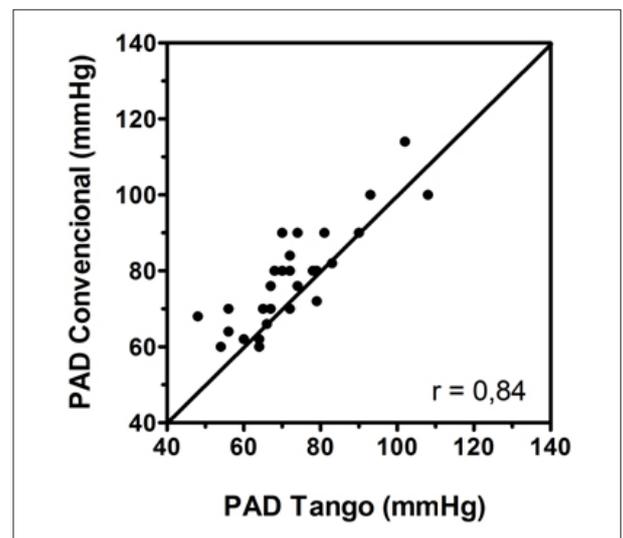
**Figura 2** - Comportamiento de la PAS y de la FC durante el ejercicio aeróbico de intensidad constante realizado en cicloergómetros de miembros inferiores medido por el esfigmomanómetro digital. Los intervalos de tiempo subrayados por la misma línea no presentan diferencia significativa entre sí ( $p > 0,05$ ). Las líneas en la figura representan, respectivamente, valor mínimo, percentil 25, mediana, percentil 75 y valor máximo.

Aunque se recomiendan medir con regularidad la FC, sorprendentemente, no hay - ni en esos documentos anteriormente mencionados, ni en aquel en que la Sociedad Brasileña de Cardiología normaliza los procedimientos para sesiones de ejercicio bajo supervisión y programas de rehabilitación cardíaca<sup>12</sup> - cualquier mención sobre una sistematización de la medición de PA durante un ejercicio aeróbico (intensidad moderada y constante con duración igual o superior a diez minutos), tanto a valores-límite como el momento en que se debe averiguar esa medición.

Diversos autores<sup>13-15</sup> estudiaron el comportamiento de las variables cardiovasculares durante ejercicios prolongados



**Figura 3** - Correlación entre las mediciones de presión arterial sistólica averiguadas por esfigmomanómetro digital y esfigmomanómetro convencional de columna de mercurio en los últimos minutos de un ejercicio constante. Coeficiente de correlación -  $r = 0,83$ .



**Figura 4** - Correlación entre las mediciones de presión arterial sistólica averiguadas por esfigmomanómetro digital y esfigmomanómetro convencional de columna de mercurio en los últimos minutos de un ejercicio constante. Coeficiente de correlación -  $r = 0,84$ .

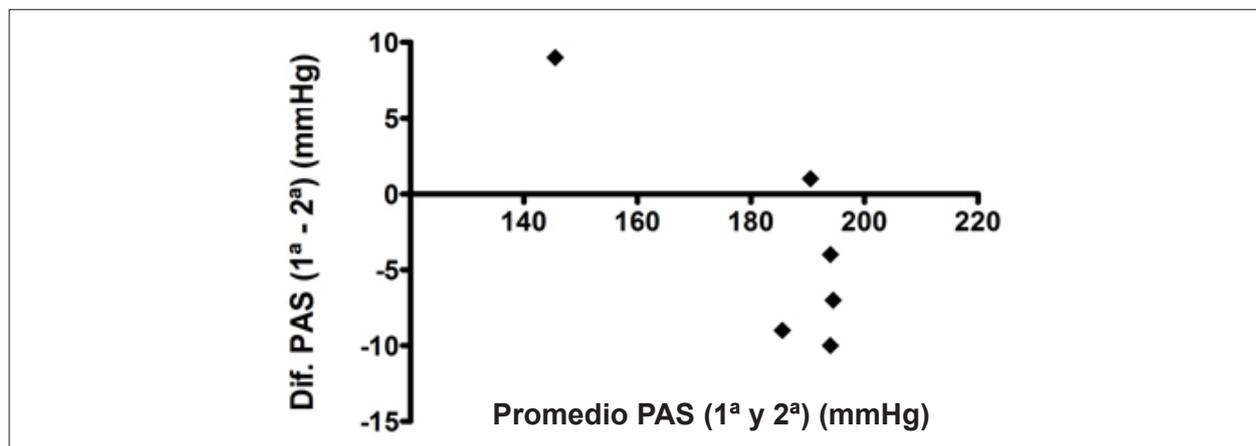


Figura 5 - Diagrama de Bland-Altman, representando la diferencia de presión arterial sistólica entre la primera y la segunda evaluación, realizadas con esfigmomanómetro digital en el 13º minuto de ejercicio aeróbico constante.

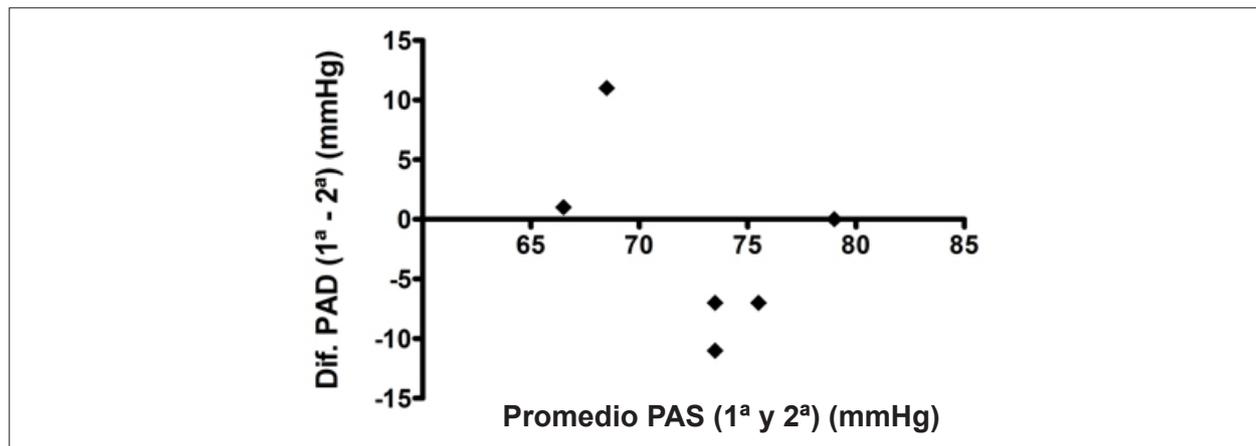


Figura 6 - Diagrama de Bland-Altman, representando la diferencia de presión arterial diastólica entre la primera y la segunda evaluación, realizadas con esfigmomanómetro digital en el 13º minuto de ejercicio aeróbico constante.

de intensidad moderada, destacándose el concepto de *cardiovascular drift*, descrito, originariamente, por Saltin et al<sup>16</sup> en 1964, y que corresponde al discreto, sin embargo sistemático, aumento progresivo de la FC con el ejercicio.

Según Araújo<sup>7</sup>, en ejercicio realizado en cicloergómetro con intensidad del 80% del umbral anaeróbico individual por adultos jóvenes y sanos, habría un incremento de, aproximadamente, 0,6 lpm para cada minuto de ejercicio a partir del 10º minuto. El resultado obtenido en el presente estudio, una variación promedio de tres latidos entre el 9º y el 13º minutos de ejercicio, es bastante semejante al encontrado por Araújo<sup>7</sup>.

Ese aumento de la FC sería resultado de un descenso del volumen sistólico, objetivaría minimizar una reducción del gasto cardiaco y sería influenciado por la actividad simpática, por la temperatura corporal y por la redistribución del flujo sanguíneo periférico, pudiendo resultar en una discreta reducción de la PAS tras 15 minutos de ejercicio. Interesantemente, aunque en la gran mayoría de las situaciones de ejercicio bajo supervisión para cardiopatas

el ejercicio constante tiene una duración más típica de 10 a 30 minutos, el comportamiento de la PA en esa situación es virtualmente desconocido.

Si por una parte la cuantificación de la FC en el ejercicio es mucho más sencilla, siendo posible efectuarla de modo no invasivo, continuamente, con alta fiabilidad y coste bastante bajo, el mismo no ocurre con la PA. La medición invasiva y sofisticada de alta calidad no se aplica, sin embargo, a las situaciones cotidianas de los programas de ejercicio bajo supervisión o de rehabilitación cardiaca. Aparatos que permiten la medición continua y no invasiva de la PA - latido-a-latido - son poco prácticos, de coste elevado y sujetos a interferencias y dificultades técnicas que hacen inviable su uso frecuente en situaciones de ejercicio más prolongado.

De esa forma, en la práctica clínica, se averigua la medición de la PA durante el ejercicio de forma discontinua (en general, solamente una única medición para un ejercicio de intensidad constante y moderada con duración entre 10 y 30 minutos), utilizándose esfigmomanómetros convencionales y técnica auscultatoria en condiciones de ejercicio realizada por un

profesional específicamente entrenado en esa medición. Aún teniendo en cuenta las dificultades específicas de los esfigmomanómetros aneroides mecánicos para situaciones de ejercicio, la gran mayoría de los servicios que controlan la PA durante el ejercicio utiliza los esfigmomanómetros de columna de mercurio.

En los últimos años, el empleo de esfigmomanómetros de mercurio ha sido objeto de críticas debido a sus posibles implicaciones ambientales, notadamente en países europeos<sup>17</sup>, aunque, en el Brasil, la temática no ha sido más ampliamente discutida todavía. Aparatos con tecnología digital han sido lanzados al mercado desde hace algunas décadas, objetivando, primariamente, la población leiga, sin embargo, más recientemente, proponiéndose a atender a los estándares de calidad más alta con nivel de fiabilidad compatible con el empleo clínico pleno<sup>18</sup>. No obstante, esa cuestión sigue abierta a discusión y está lejos de ser consensual, con muchos considerándola ese método centenario y clásico de medición, como el "patrón-oro" en el control de la PA<sup>19-21</sup>.

Una cuestión que ha sido poco discutida en la utilización de la tecnología digital para la averiguación de la PA es la validez de la medición realizada durante condiciones de ejercicio. Llevar a cabo esta medición representa algunos desafíos adicionales - aun para profesionales expertos - que resultan de FC más alta, movimiento y posición del brazo, ruidos ambientales, inclusive aquellos asociados al aparato en el que se está utilizando en el ejercicio.

Cameron et al<sup>8</sup> presentaron una cuestión en la que emplearon un esfigmomanómetro digital (Tango), previamente validado por el *Food and Drug Administration* (FDA), y compararon sus mediciones de PA con los valores obtenidos de modo invasivo, logrando resultados bastante favorables en individuos sometidos a prueba de ejercicio con protocolo de Bruce modificado en cinta rodante.

Ese aparato utiliza un recurso adicional para reducir o eliminar los artefactos y ruidos que dificultan o no hacen viable la medición de la PA en condiciones de ejercicio. La obtención de mediciones válidas de PA por ese esfigmomanómetro digital durante el ejercicio se volvió posible por un ingenioso proceso de selección de los sonidos obtenidos por la amplificación de los sonidos de Korotkoff por micrófono embutido en el manguito por medio de la obtención simultánea de una señal de electrocardiograma a través de electrodos posicionados en el tórax de los individuos. De esa forma, se permite al aparato seleccionar cuales sonidos son verdaderos o resultantes de artefactos y ruidos externos irrelevantes, resultando en mediciones válidas y fiables.

Al menos en el contexto del presente estudio, la cicloergometría de miembros inferiores, los promedios de las mediciones de PA con esfigmomanómetros digital y convencional no difirieron y resultaron fuertemente asociadas. En un porcentaje muy pequeño de casos (< 20%), las diferencias suplantaron 10 mm Hg, sin que se haya definido un estándar uniforme de sub o súper estimación de uno de los esfigmomanómetros, y podrían tener alguna relevancia clínica.

Además, las mediciones digitales también resultaron bastante reproducibles cuando se las repitieron con un

intervalo de una semana. Vale, sin embargo, resaltar que en algunos raros casos (< 5% de individuos) no fue posible obtenerse mediciones de la PA con el aparato digital. Eso ocurrió en un individuo en uso de marcapaso y en un otro extremadamente obeso, probablemente por dificultades en la identificación de la onda R del electrocardiograma.

Por otro lado, raras extrasístoles aisladas no parecen influir de modo importante en la obtención de las mediciones digitales de PA. La medición digital parece ser todavía extremadamente reproducible en mediciones repetidas y secuenciales en un mismo individuo, y las pequeñas diferencias individuales no parecen ser clínicamente relevantes.

El presente estudio no tuvo por objeto evaluar o comparar ventajas operacionales y viabilidad económica en la incorporación rutinaria del aparato digital utilizado en PES o en situaciones de prueba de ejercicio.

Los resultados comparativos entre las mediciones digital y convencional de PAD fueron distintos de aquellos observados en la PAS. La PAD medida por el esfigmomanómetro digital fue cerca de 6 mm Hg más baja que el valor medido por evaluador experto, utilizando un esfigmomanómetro convencional de columna de mercurio.

Se sabe que el criterio preciso para la medición de la PAD siempre fue un desafío, ya que, al contrario del inicio de un sonido claro y repetitivo que caracteriza la primera fase de los sonidos de Korotkoff cuando se mide la PAS, no hay un consenso si la PAD corresponde mejor al amortiguamiento del sonido y al cambio del estándar del sonido o a su completo desaparecimiento<sup>22</sup>, ese eventualmente ausente en condiciones de ejercicio.

Teniendo en cuenta ese último aspecto, la estandarización de la medición de la PAD en el esfuerzo por nuestro grupo se hace con el amortiguamiento o por el cambio de tonalidad, lo que quizá justifique la diferencia significativa, sin embargo clínicamente poco relevante, de 6 mm Hg en la medición de la PAD, que, inclusive, no varía a lo largo del ejercicio de intensidad moderada y constante con 15 minutos de duración. De acuerdo con esa discusión, la reproducibilidad de la medición de PAD resultó más baja que la de PAS.

Según el protocolo y la muestra del presente estudio, hay algunas limitaciones que se deben considerar: a) no es posible asegurar que, en ejercicios de intensidad moderada y constante con duración superior a 15 minutos, la PAS y la PAD se mantendrán indefinidamente constantes a partir del 7º minuto de ejercicio; b) es posible que, en ambientes climáticamente desfavorables, con niveles más altos de temperatura y de humedad ambiente, capaces de inducir algún grado de deshidratación, el comportamiento de la PA pueda ser diferente; c) las mediciones con esfigmomanómetro digital se obtuvieron en ejercicios hechos en cicloergómetros, sin que se haya estudiado el comportamiento de la PA durante esfuerzo en estera rodante o en otros aparatos y d) en pacientes hipertensos sin control clínico adecuado, es posibles que respuestas distintas puedan obtenerse.

Conforme señalado anteriormente, la literatura es muy limitada en la descripción del comportamiento de la PA durante ejercicios constantes de duración de 10 a 20 minutos, forma más frecuente en sesiones de ejercicio, en comparación

a exhaustiva descripción de la respuesta de la presión arterial al ejercicio sub máximo.

El empleo de un esfigmomanómetro digital de alta tecnología y previamente validado para condiciones de ejercicio en el presente estudio posibilitó controlar, de modo eficaz, la posibilidad de variaciones intraevaluador en las mediciones de PAS y PAD, condición fundamental para la obtención de los resultados del estudio. Ese abordaje es original y permite considerar que las eventuales variaciones obtenidas en las lecturas de PAS y PAD durante el esfuerzo eran debidas únicamente a las respuestas fisiológicas, sin cualquier influencia del médico-evaluador.

Teniendo todo ello en cuenta, el presente estudio trae un aporte importante para el corpus de conocimiento, sobretodo en el área de rehabilitación cardiaca y de programas de ejercicios bajo supervisión: en ejercicio en cicloergómetros de miembros inferiores y con carga constante, se puede averiguar la medición de la PA, sin cualquier daño, a partir del 7º minuto de ejercicio, visto que no sufrirá cambio significativo hasta el final del ejercicio.

Con base en esa información, se pretende contribuir a la mejora de la calidad de la información y la mayor seguridad clínica, específicamente para aquellos individuos que necesitan un seguimiento más estrecho de sus variables hemodinámicas durante la sesión de ejercicio.

### Conclusión

Por fin, se concluye que en ejercicios realizados en

cicloergómetro de miembros inferiores y con intensidad moderada y constante por 15 minutos de duración, la PA tiende a subir inicialmente, alcanzando un nivel alrededor del 7º minuto, obteniendo en adelante valores clínica y estadísticamente semejantes de PAS.

Las mediciones realizadas con esfigmomanómetro digital resultaron fiables y reproducibles, conforme evidenciado durante la reevaluación de los individuos realizada una semana más tarde.

### Agradecimientos

Soporte financiero parcial del CNPq: Dr. Claudio Gil Soares de Araújo es becario de productividad en investigación nivel 1A, y Emanuel Couto y Plínio Ramos son becarios de maestría.

### Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

### Fuentes de Financiación

El presente estudio fue parcialmente financiado por el CNPq.

### Vinculación Académica

Este artículo forma parte de disertación de Maestría de Emanuel Couto Furtado por el Programa de Postgrado en Educación Física de la Universidad Gama Filho.

### Referencias

1. Fraker TD Jr, Fihn SD, Gibbons RJ, Abrams J, Chatterjee K, Daley J, et al. 2007 chronic angina focused update of the ACC/AHA 2002 Guidelines for the management of patients with chronic stable angina: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Writing Group to develop the focused update of the 2002 Guidelines for the management of patients with chronic stable angina. *Circulation*. 2007; 116 (23): 2762-72.
2. Graham I, Atar D, Borch-Johnsen K, Boysen G, Burell G, Cifkova R, et al. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: executive summary. Fourth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice constituted by representatives of nine societies and by invited experts. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*. 2007; 14 (Suppl 2): E1-40.
3. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*. 2007; 116 (9): 1094-105.
4. Thomas RJ, King M, Lui K, Oldridge N, Pina IL, Spertus J, American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation ACC/AHA 2007 performance measures on cardiac rehabilitation for referral to and delivery of cardiac rehabilitation/secondary prevention services. *Circulation*. 2007; 116 (14): 1611-42.
5. ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription. 7th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
6. Araújo CG, Nobrega AC, Castro CL. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. *Clin Auton Res*. 1992; 2 (1): 35-40.
7. Araújo CG. Resposta cardiorrespiratória a um exercício submáximo prolongado. *Arq Bras Cardiol*. 1983; 41 (1): 37-45.
8. Cameron JD, Stevenson I, Reed E, McGrath BP, Dart AM, Kingwell BA. Accuracy of automated auscultatory blood pressure measurement during supine exercise and treadmill stress electrocardiogram-testing. *Blood Press Monit*. 2004; 9 (5): 269-75.
9. Mattioli GM, Teixeira FP, Castro CL, Araújo CG. Frequência cardíaca e pressão arterial em repouso: variação de 10 dias em participantes de um programa de exercício supervisionado. *Rev SOCERJ*. 2006; 19 (5): 404-8.
10. Pescatello L, Franklin B, Fagard R, Farquhar W, Kelley G, Ray C. American College of Sports Medicine. Exercise and hypertension: position stand. *Med Sci Sports Exerc*. 2004; 36 (3): 533-53.
11. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretriz brasileira de reabilitação cardíaca. *Arq Bras Cardiol*. 2005; 84 (5): 431-40.
12. Araújo CG, Carvalho T, Castro CL, Costa RV, Moraes RS, Oliveira Filho JA, et al. Normatização de equipamentos e técnicas de reabilitação cardiovascular supervisionada. *Arq Bras Cardiol*. 2004; 83 (5): 448-52.
13. Lafrenz A, Wingo J, Ganio M, Cureton K. Effect of ambient temperature on cardiovascular drift and maximal oxygen uptake. *Med Sci Sports Exerc*. 2008; 40 (6): 1065-71.
14. Dawson E, Shave R, Whyte G, Ball D, Selmer C, Jans O, et al. Preload maintenance and the left ventricular response to prolonged exercise in men. *Exp Physiol*. 2006; 92 (2): 383-90.
15. Coyle E, González-Alonso J. Cardiovascular drift during prolonged exercise: new perspectives. *Exerc Sport Sci Rev*. 2001; 29 (2): 88-92.

16. Saltin B, Stenberg J. Circulatory response to prolonged severe exercise. *J Appl Physiol.* 1964; 19: 833-8.
17. O'Brien E. Replace the mercury sphygmomanometer. *BMJ.* 2000; 320: 815-6.
18. El Assaad MA, Topouchian JA, Darne BM, Asmar RG. Validation of the Omron HEM-907 device for blood pressure measurement. *Blood Press Monit.* 2002; 7 (4): 237-41.
19. Turner M, Speechly C, Bignell N. Sphygmomanometer calibration--why, how and how often? *Aust Fam Physician.* 2007; 36 (10): 834-8.
20. Jones D, Frohlich E, Grim C, Grim E, Taubert K. Mercury sphygmomanometers should not be abandoned: an advisory statement from the Council for High Blood Pressure Research, American Heart Association. *Hypertension.* 2001; 37: 185-6.
21. Varughese GI, Lip GY. Goodbye mercury? Blood pressure measurement and its future. *J R Soc Med.* 2005; 98 (3): 89-90.
22. Perloff D, Grim C, Flack J, Frohlich E, Hill M, McDonald M, et al. Human blood pressure determination by sphygmomanometry. *Circulation.* 1993; 88 (5 Pt 1): 2460-70.