

Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular  
Universidad Agraria de La Habana

## EJERCICIO FÍSICO Y ELASTICIDAD ARTERIAL EN SUJETOS NORMALES MAYORES DE 55 AÑOS

*Dr. Alfredo Aldama, Lic. Alberto Viera, Lic. Vivian Mena, Lic. Francisco Porto y Lic. Nancy Rial*

### RESUMEN

Se realizó un estudio de corte transversal con el objetivo de cuantificar el efecto que una combinación de ejercicios físicos producía sobre la elasticidad arterial en sujetos sanos mayores de 55 años. Se estudiaron 9 sujetos sanos que habían participado en un plan de ejercicios físicos aerobios y de resistencia durante 2 años y frecuencia diaria de lunes a viernes durante 45 min y con una intensidad ligera. Se estudió igualmente un grupo de 9 sujetos sanos que no habían realizado ejercicio alguno durante el mismo período. Ambos grupos fueron sometidos a una batería de pruebas diagnósticas que incluyó la medición de las presiones arteriales sistólica, diastólica y media; se midió la presión de pulsos y los diámetros arteriales diastólico y sistólico, así como el grosor del complejo íntima-media de la arteria carótida derecha con ultrasonido de alta resolución. Con estos elementos se calculó la distensibilidad, la compliancia, el índice de rigidez y el módulo elástico. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de estudio, a pesar de que el grupo ejercitado fue como promedio 7 años más viejo ( $p < 0,05$ ) y tuvo un grosor del complejo íntima-media mayor ( $p < 0,1$ ) que el grupo control. Se concluyó que el plan de ejercicios físicos realizados pudo haber producido un efecto de disminución de la progresión del deterioro de la elasticidad arterial dependiente de la edad.

*Palabras clave:* Ejercicio físico, elasticidad arterial, envejecimiento, arteriosclerosis.

El ejercicio físico impacta favorablemente sobre el sistema cardiovascular actuando sobre diferentes propiedades: la captación máxima de oxígeno, las funciones hemodinámicas centrales, el sistema nervioso autónomo, el sistema vascular periférico, la función muscular y la capacidad de trabajo físico.<sup>1</sup>

La actividad física se ha visto inversamente relacionada con la mortalidad en sujetos de los 2 sexos, observándose

una relación directa entre la intensidad del ejercicio y el riesgo de enfermedad coronaria o infarto cerebral.<sup>2-4</sup>

Una de las más importantes funciones del sistema vascular es conducir la sangre desde el corazón hasta los tejidos, en los cuales se producirán los procesos de intercambio de oxígeno y sustancias nutritivas. Para lograr cumplir de forma efectiva esta función es necesario transformar la energía cinética, producida por el corazón y

entregado en forma de un movimiento sanguíneo rápido y pulsátil, en un flujo lento y continuo en la microcirculación, que permita un intercambio adecuado de gases y sustancias nutritivas. Este proceso, habitualmente conocido como propiedad amortiguadora del sistema vascular depende, sobre todo, de la elasticidad arterial.

La elasticidad es una propiedad de la pared arterial necesaria para el buen funcionamiento de las arterias de grande y mediano calibre. En los últimos años, la pérdida de la elasticidad arterial se ha asociado a un grupo de enfermedades como la hipertensión arterial, la aterosclerosis y la enfermedad coronaria, que provocan una gran morbilidad y mortalidad sobre la población y pudieran ser beneficiadas por la práctica sistemática de ejercicio físico.<sup>5</sup>

La etiología del envejecimiento cardiovascular se encuentra bajo la lupa en la investigación internacional. Los más señalados factores responsables son el estrés oxidativo, la glicozilación no enzimática, la inflamación y las alteraciones genéticas. El envejecimiento vascular se asocia a cambios funcionales y orgánicos como el engrosamiento del complejo íntima-media, la dilatación arterial y el deterioro de las propiedades elásticas de la pared vascular.<sup>6</sup>

El deterioro de la elasticidad arterial se asocia, desde el punto de vista estructural, con una pérdida de la relación entre las concentraciones de colágeno y elastina en la pared arterial acompañada, eventualmente, por una proliferación e hipertrofia de las células musculares lisas.<sup>7,8</sup>

Las propiedades elásticas de las arterias carótidas son influenciadas, principalmente, por los cambios producidos por el envejecimiento, como es habitual en las arterias elásticas, a diferencia de lo que ocurre en las arterias musculares, donde la presión arterial desempeña el papel modulador más importante.<sup>9</sup> *Tanaka* y otros

han reportado una marcada disminución de los efectos del envejecimiento sobre la elasticidad arterial en sujetos de los 2 sexos que realizan ejercicios físicos aerobios en gran intensidad.<sup>10,11</sup> En sujetos sedentarios, la compliancia de las arterias de gran calibre de la región cardioráfrica disminuye con el envejecimiento.<sup>5</sup>

El envejecimiento poblacional es un proceso que se observa en países con un sistema de salud eficiente, Cuba entre estos, que provoca la aparición de grandes masas poblacionales, que disminuyen de forma progresiva tanto la actividad física rutinaria y en consecuencia las aptitudes físicas generales, como la elasticidad arterial. Se considera que actualmente cerca de la tercera parte de la población cubana se encuentra por encima de los 50 años.

En los últimos años se ha desarrollado en Cuba un amplio proceso de realización de forma masiva de ejercicios físicos en personas de la tercera edad. Si este proceso es capaz de detener o disminuir el efecto que sobre la elasticidad arterial produce el envejecimiento está por demostrarse.

Si el ejercicio físico de intensidad ligera es capaz de atenuar o revertir el aumento de rigidez arterial que se observa en el envejecimiento no está, todavía, determinado, por lo que se realiza el siguiente estudio que presenta como objetivo básico determinar la efectividad de una combinación de ejercicios físicos sobre la elasticidad arterial en sujetos sanos mayores de 55 años.

## MÉTODOS

Se realizó un estudio de tipo corte transversal en el cual se evaluaron 10 sujetos normales mayores de 55 años y de los 2 sexos que realizaron ejercicio físico de forma sistemática (45 min diariamente, excepto sábado y domingo), como parte de un

sistema de entrenamiento dirigido por un licenciado en cultura física y supervisado por un médico de familia. Se seleccionaron los 9 pacientes que habían realizado ejercicios físicos durante, al menos, los 2 años anteriores al estudio de forma sistemática, y que fueron definidos como el grupo experimental. Entre los sujetos evaluados uno ingería medicamentos para una afección cardiovascular y fue excluido del análisis. De este grupo, 5 refirieron antecedentes de hipertensión arterial, aunque no ingerían ningún tipo de medicamento para esta enfermedad. El resto de los sujetos evaluados solo ingería como medicamento ácido acetil salicílico (80 mg/d).

Se estudiaron igualmente 9 sujetos mayores de 55 años supuestamente sanos y de igual sexo que el grupo experimental pertenecientes al mismo consultorio, que no realizaban ningún tipo de actividad física sistemática y que fueron definidos como grupo control. De estos sujetos, 5 ingerían de forma sistemática ácido acetil salicílico (80 mg/d).

Ninguno de los participantes en el estudio fumaba en el momento de su realización, aunque 2 del grupo control refirieron haber fumado con anterioridad.

Los pacientes fueron citados temprano en la mañana, después de haber ingerido un desayuno ligero, aunque se le indicó abstenerse de ingerir café hasta no haber concluido el estudio.

Los pacientes reposaron en una habitación confortable por espacio de 10 min antes de ser sometidos a un estudio ultrasonográfico de la región lateral derecha del cuello con un Duplex Scanning de alta resolución P-700 de la firma Philips equipado con un transductor lineal de 7,5 MHz.

Se obtuvo una imagen longitudinal de la porción cefálica de la carótida común derecha, cerca de 2 cm proximal a la bifur-

cación, con ultrasonido modo B. Con el transductor aproximadamente a 90 grados, de forma tal que se pudiera observar con nitidez las interfaces correspondientes a las paredes cercanas y lejanas de la pared arterial con la luz del vaso, y con el máximo de ampliación posible de la imagen, se procedió a medir el grosor del complejo íntima-media. Si existía alguna placa de ateroma se trasladaba ligeramente la región de medición hasta lograr un lugar donde no interfiriera. Esta medición se realizó por triplicado en una distancia de menos de 1 cm, y los valores obtenidos fueron promediados.

Posteriormente se pasaba al modo M del ultrasonido, en el cual se medía el diámetro sistólico y el diámetro diastólico en 3 complejos consecutivos, para obtener un promedio.

Se midió la presión arterial y la frecuencia cardiaca en la arteria braquial con el sujeto acostado, por intermedio de un monitor automático de la presión arterial BPM-100 de la firma VSM MedTech Ltd. Vancouver, Canadá, muy amablemente donado por esta firma.

Se obtuvieron de forma directa las variables siguientes:

El grosor del complejo íntima-media (IMT) en milímetros (mm), el diámetro arterial diastólico (Dd) en mm, el diámetro arterial sistólico (Ds) en mm, la presión arterial diastólica (PAD) en milímetros de mercurio (mm Hg), la presión arterial sistólica (PAS) en mm Hg, la frecuencia cardiaca (FC) en segundos a la menos uno ( $\text{seg}^{-1}$ ).

Además, se calcularon las variables siguientes:

Diferencia de diámetros arteriales (Ds-Dd) en mm, la presión arterial me-

dia (PAM) en mm Hg según la expresión  $PAM = PAD + 1/3 (PAS - PAD)$ , la presión de pulso (PP) = (PAS - PAD) en mm Hg, la compliancia (Ca) =  $\pi Dd (Ds - Dd) / (Ps - Pd)$ , que se expresa en mm<sup>2</sup>/Kpa, la distensibilidad (D) =  $(2 [Ds - Dd] / Dd) / (Ps - Pd)$ , que se expresa en KPa<sup>-1</sup>, el índice de rigidez (IR) =  $\ln (Ps / Pd) / (Ds - Dd) / Dd$ , que se expresa en forma de número sin unidades y el módulo elástico (ME) =  $Ds (Ps - Pd) / 2h (Ds - Dd)$ , que se expresa en mm Hg/cm<sup>2</sup>.

Los pacientes incluidos en el grupo de entrenamiento fueron sometidos a un plan de entrenamiento físico sistemático de 45 min de duración de lunes a viernes durante 9 meses del año dividido en 3 trimestres durante 2 años.

Se trabajaron las capacidades siguientes: movilidad articular, flexibilidad, coordinación, equilibrio, rapidez de reacción, rapidez de traslación y fuerza-resistencia.

Se dividió el plan de ejercicios en 3 etapas que presentaron las características siguientes:

#### *Primera etapa* (septiembre-noviembre):

Ejercicios que estimularan los sistemas cardiovasculares y respiratorios y propiciaran el mejoramiento de la movilidad articular. Igualmente se trató de iniciar la estimulación de las capacidades intelectuales, tonificando el sistema nervioso central y periférico.

Se realizaron ejercicios como flexiones y estiramientos, círculos amplios de brazos y piernas y marcha. Se sumaron juegos sencillos que tonificaran la velocidad de reacción y la memoria.

#### *Segunda etapa* (diciembre-febrero):

Se mantuvieron los ejercicios anteriores y se agregaron ejercicios que trabajaran la coordinación de movimientos en di-

ferentes planos. Se comenzó a mejorar el equilibrio y se incrementaron las cargas ligeramente con respecto a la etapa anterior.

Se realizaron ejercicios de flexiones y rotaciones del cuello. Movimientos de piernas en correspondencia con movimientos de brazos. Ejercicios en parejas en un solo pie, sumándose juegos de mayor complejidad que en la etapa anterior.

#### *Tercera etapa* (marzo-mayo):

Se incrementaron los ejercicios de fuerza y se combinaron con los de estiramiento. Se mantuvo el trabajo de la movilidad articular y la coordinación. Se trabajó la rapidez de traslación y se mantuvo el trabajo del equilibrio y la resistencia.

Se incrementaron los ejercicios en parejas que incluían fuerza, resistencia y estiramiento. Se lanzaron objetos a poca distancia y se realizaron ejercicios con pequeños pesos. Se intentó fortalecer la pared abdominal y se hicieron flexiones progresivas con pequeños pesos hasta llegar a las cuclillas.

Se realizaron juegos más complejos que incluían pasarse objetos, movimientos rápidos, cuclillas, etcétera.

#### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo de las variables incluidas en la investigación, divididas en los 2 grupos de estudio: ejercitados y no ejercitados, empleando como medida de resumen la media y la desviación típica.

Para las pruebas de hipótesis se utilizó el test U de Mann Whitney por el pequeño grupo de sujetos incluidos en cada grupo y por tratarse de variables cuantitativas no pareadas.

El estudio se hizo en concordancia con lo establecido en las Declaraciones de la

XVIII y XLI Asambleas Médicas Mundiales de Helsinki (1964) y Hong Kong (1989) y en las regulaciones vigentes en la República de Cuba, y se contó, además, con la voluntariedad de todos los sujetos incluidos, que dieron su consentimiento de participación, mediante la firma de un modelo de *consentimiento informado* confeccionado al efecto.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran la edad y el sexo de los pacientes estudiados. Se observa que el grupo sometido al ejercicio físico es aproximadamente 7 años mayor que el grupo control ( $p < 0,05$ ).

En la tabla 2 se pueden observar las presiones sistólicas, diastólicas y medias,

así como la diferencia de presiones y la frecuencia cardiaca para los pacientes estudiados. No existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos estudiados.

El diámetro sistólico, el diámetro diastólico y la diferencia de ambos diámetros se muestra en la tabla 3. No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos.

En la figura 1 se puede observar el grosor del complejo íntima media de los grupos estudiados. El grupo de pacientes ejercitados presentó un grosor del complejo íntima media mayor ( $p < 0,1$ ) que el grupo control.

En la figura 2 se muestra la compliancia para ambos grupos de pacientes. El grupo ejercitado presentó una compliancia de  $1,29 \pm 0,65 \text{ mm}^2/\text{KPa}$  que es similar al ob-

**TABLA 1.** Edad y sexo de los grupos estudiados

	Controles	Ejercitados	Significación
Edad	60,67 $\pm$ 4,66	67,89 $\pm$ 6,07	$p < 0,05$
Sexo (femenino)	7 (78 %)	7 (78 %)	NS

**TABLA 2.** Presiones arteriales, presión de pulso y frecuencia cardiaca de los grupos estudiados

	Controles	Ejercitados	Significación
Presión sistólica	141,33 $\pm$ 21,35	144,4 $\pm$ 15,74	NS
Presión diastólica	77,33 $\pm$ 13,67	82,78 $\pm$ 6,15	NS
Presión media	98,33 $\pm$ 14,91	102,56 $\pm$ 8,97	NS
Presión de pulso	64 $\pm$ 17,2	62,7 $\pm$ 12,5	NS
Frecuencia cardiaca	79,11 $\pm$ 13,0	78 $\pm$ 5,65	NS

**TABLA 3.** Diámetros arteriales en los grupos estudiados

	Controles	Ejercitados	Significación
Diámetro sistólico	6,88 $\pm$ 0,75	7,03 $\pm$ 0,42	NS
Diámetro diastólico	6,32 $\pm$ 0,66	6,54 $\pm$ 0,38	NS
Diferencia de diámetros	0,5 $\pm$ 0,2	0,48 $\pm$ 0,19	NS

servado en el grupo control donde la compliancia alcanzó  $1,34 \pm 0,46 \text{ mm}^2/\text{KPa}$ . Es necesario destacar la presencia en el grupo ejercitado de 3 sujetos que presentaron compliancias muy bajas (por debajo de 0,90), mientras que las 2/3 partes restantes presentaron compliancias mucho más elevadas.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo ejercitado y el grupo control en relación con la distensibilidad en los grupos estudiados (fig. 3).

En cuanto a lo ocurrido con el índice de rigidez, el grupo control presentó un índice de rigidez de  $3,11 \pm 0,73$  similar al encontrado en el grupo sometido al ejercicio físico ( $3,90 \pm 2,06$ ). Es necesario destacar la muy alta variabilidad de esta variable para el grupo que realizó ejercicios. Una tercera parte de los enfermos incluidos en este grupo presentaron índices de rigidez muy altos (por encima de 5,50), mientras que el resto presentó índices que promediaron 2,61 (fig. 4).

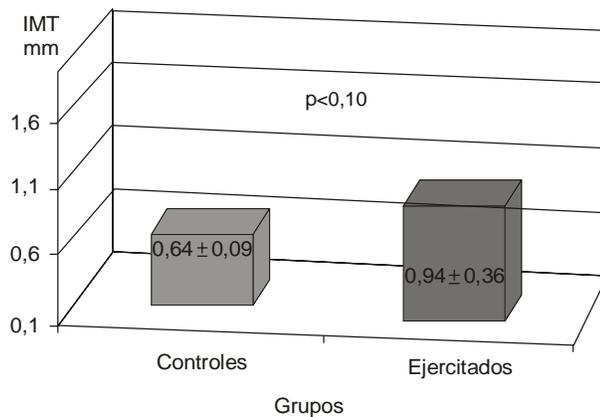


Fig. 1. Grosor del complejo intima-media en los grupos estudiados ( $p < 0,1$ ).

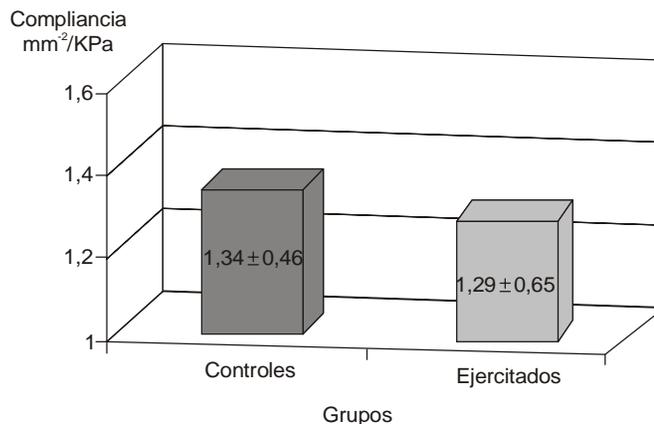


Fig. 2. Compliancia en los grupos ejercitados y controles.

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos para el módulo elástico. Al igual que en las variables anteriores que describen la elasticidad arterial, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

## DISCUSIÓN

La arteriosclerosis carotídea es uno de los principales factores etiológicos en el desarrollo de la enfermedad isquémica

cerebrovascular. Por lo tanto el acercamiento cuantitativo a este factor es de vital importancia para la prevención de esa enfermedad. Los 2 elementos fundamentales de la arteriosclerosis son la estenosis, como consecuencia de la placa de ateroma, y la falta de elasticidad arterial o esclerosis como consecuencia de los cambios degenerativos de la pared arterial.

La arteria carótida, en su condición de arteria elástica central, recibe una marcada influencia por el envejecimiento, a dife-

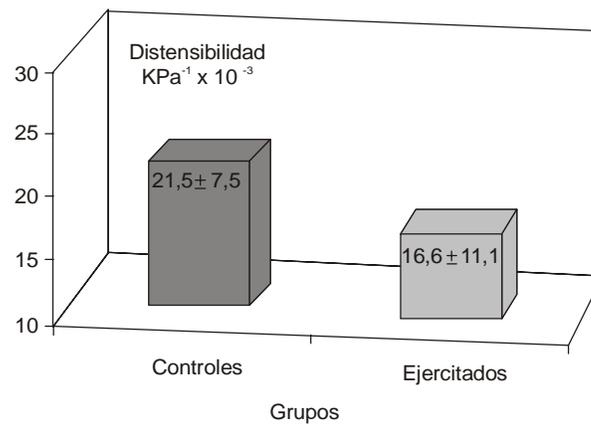


Fig. 3. Distensibilidad para los grupos control y ejercitados.

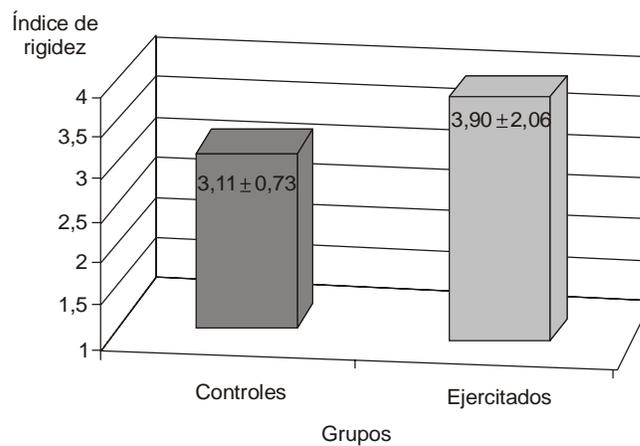


Fig. 4. Índice de rigidez en los grupos estudiados.

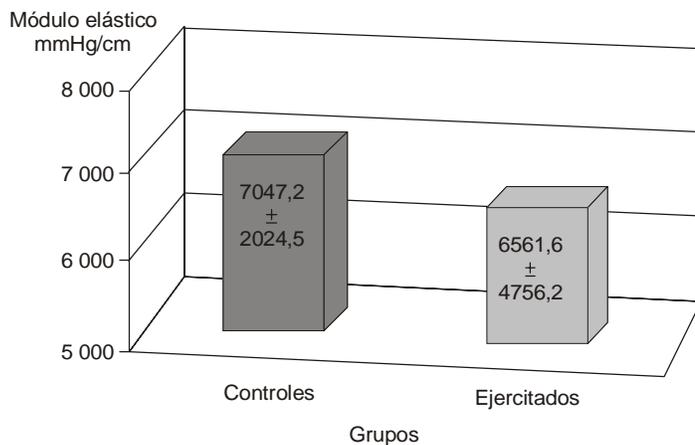


Fig. 5. Módulo elástico en los grupos estudiados.

rencia de las arterias musculares, en las cuales la presión arterial actúa como factor predisponente fundamental.<sup>9</sup>

Los resultados de este estudio, diseñado para evaluar los efectos de un plan de ejercicio físico sobre la elasticidad arterial, aplicado a personas mayores de 55 años, se pudieran resumir afirmando que el plan utilizado no mostró ningún tipo de efecto importante sobre las variables estudiadas. Se considera, sin embargo, que deben ser realizadas algunas precisiones relacionadas con las condiciones concretas que rodearon a este ensayo.

En primer lugar se observa que el grupo control de este estudio resultó ser cerca de 7 años más jóvenes que el grupo de individuos sometidos al plan de ejercicio. Este elemento debe haber traído como consecuencia, al menos teóricamente, que el grupo ejercitado debe, *a priori*, presentar un nivel de envejecimiento vascular mayor que el grupo control, como quiera que esté perfectamente demostrado el papel de la edad en el deterioro de las funciones elásticas arteriales.<sup>10,11</sup>

En segundo lugar el grupo sometido al ejercicio presentó un grosor del complejo íntima-media mayor que el observado en el

grupo control, lo cual reafirma la suposición anterior referente al mayor envejecimiento arterial del grupo ejercitado. El grosor del complejo íntima-media es una variable morfológica poco influenciada por el ejercicio físico y por tanto pudiera servir como marcador estructural de la edad vascular de los pacientes estudiados. En este sentido Wada y otros (1994) muestran la relación directa existente entre el grosor del complejo íntima-media y el índice de rigidez arterial, como una evidencia del valor del engrosamiento arterial para predecir los daños elásticos de la pared.<sup>12</sup> De forma tal que, ante niveles similares de presiones arteriales, de presión de pulso y de frecuencia cardíaca cabría preguntarse si el ejercicio físico realizado ha sido capaz de disminuir la progresión esperada para las variables arteriales en función de la diferencia de edad, dando como consecuencia que, a pesar de presentar edades diferentes, los niveles de elasticidad arterial sean similares.

De ser esta la situación real del estudio, entonces se estarían discutiendo resultados bien diferentes, en los cuales el ejercicio físico realizado, a pesar de su ligera intensidad, ha provocado en estos pacientes

una mejoría importante de su salud arterial, lo cual pudiera repercutir en la protección cerebral de estos enfermos.

Se impone, igualmente, dedicar algunos comentarios al posible efecto individual que ha producido el ejercicio físico realizado.

En lo referente a las variables elásticas, fundamentalmente la compliancia e índice de rigidez, se observa que solo la tercera parte de los sujetos entrenados muestran modificaciones importantes hacia el empeoramiento de las funciones elásticas, mientras que el resto muestra valores que se corresponden con los mejores observados en el grupo control. Este pudiera ser otro elemento a considerar, el cual hablaría de efectos individuales que pudieran haberse producido y pudieran estar relacionados con algunas variables de confusión no controladas y poco aleatorizadas.

En lo referente a los mecanismos que pueden haber propiciado el posible efecto sobre la elasticidad arterial observado en este estudio, solo se puede especular. La elasticidad arterial depende fundamentalmente de las propiedades elásticas intrínsecas de la pared arterial: esto es del contenido relativo de colágeno y elastina y del papel del músculo liso vascular.<sup>7,8,13</sup> Los cambios estructurales que condicionan la modificación de la relación colágeno-elastina es muy poco probable que se hayan producido con un ejercicio de tan poca intensidad, a pesar de su duración.

Un aumento de la presión de pulso provocaría una distensión de la capa de músculo liso con modificaciones de la elasticidad arterial,<sup>14</sup> pero en este estudio no se produjo modificación de esa variable. Modificaciones de la presión de pulso durante el ejercicio físico pueden provocar distensiones cíclicas de las paredes arteriales, lo cual, al menos teóri-

camente, pudiera modificar sus condiciones elásticas.

Otra posible explicación para las modificaciones de la elasticidad arterial transita por las modificaciones en la modulación del tono adrenérgico simpático sobre el músculo liso vascular, bien directamente o bien aumentando el efecto inhibitorio simpático del óxido nítrico.<sup>15</sup>

En general se considera que estos 2 últimos mecanismos pudieran haber desempeñado algún papel en los resultados alcanzados, aunque la participación de cada uno por separado no pueda ser definida.

Los resultados de este estudio tienen una serie de implicaciones clínicas potencialmente importantes. Una ausencia del esperado empeoramiento de las funciones elásticas de la pared arterial con el envejecimiento, pudiera contribuir de forma importante a la disminución de la frecuencia de las enfermedades cardiovasculares en sujetos de edad avanzada. Este efecto sobre la arteria carótida, y probablemente sobre la aorta y otros vasos de gran calibre, puede contribuir a la disminución de la enfermedad isquémica cerebral, de las taquiarritmias ventriculares y de la muerte súbita por intermedio de su efecto sobre los barorreceptores.<sup>16</sup> En este sentido los planes establecidos de ejercicio físico masivo para el adulto mayor se convertirían en un arma de gran importancia en la prevención de las enfermedades cardiovasculares.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y, a pesar de las limitaciones que se derivan del pequeño número de sujetos evaluados, se concluye que el ejercicio físico empleado no influyó sobre la presión arterial, la presión de pulso, la frecuencia cardíaca ni las dimensiones arteriales, pero sí pudiera haber sido capaz de detener el deterioro esperado de la elasticidad en función de la diferencia de edades entre los grupos de pacientes estudiados.

## PHYSICAL EXERCISE AND ARTERIAL ELASTICITY IN NORMAL SUBJECTS OVER 55

### SUMMARY

A cross-sectional study was conducted aimed at quantifying the effect that a combination of physical exercises produced over elasticity in sound individuals over 55. 9 healthy subjects that had participated in a plan of aerobic and endurance physical exercises with a mild intensity from Monday to Friday during 45 min each day for 2 years, were studied. Another group composed of 9 sound individuals that had not practiced any exercise during the same period was also studied. Both groups took part in a battery of diagnostic tests that included the reading of systolic, diastolic and median arterial pressure. The pulse pressure, the arterial diastolic and systolic diameters, as well as the thickness of the intima-media complex of the right carotid artery were measured by high resolution ultrasound. With these elements, the distensibility, compliance, rigidity index and elastic modulus were calculated. No statistically significant differences were observed between both study groups, in spite of the fact that the group practicing exercises was as an average 7 years older ( $p < 0.05$ ) and had a thickness of the intima-media complex greater ( $p < 0.1$ ) than the control group. It was concluded that the plan of physical exercises carried out could have produced a reduction of the deterioration of arterial elasticity depending on age.

*Key words:* Physical exercise, arterial elasticity, aging, arteriosclerosis.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Shepard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation* 1999;99:963-72.
2. US Department of Health and Human Services: Physical activity and health: a report of the Surgeon General. Atlanta, Ga: US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
3. Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing A, Hsieh C. Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N Engl J Med* 1986;314:605-13.
4. Manson JE, Stampfer MJ, Willett WC, Colditz GA, Speizer FE, Hennekens CH. Physical activity and incidence of coronary heart disease and stroke in women. *Circulation* 1995;9:927. Abstract.
5. Arnett DK, Evans GW, Riley WA. Arterial stiffness: A new cardiovascular risk factor? *Am J Epidemiol* 1994;140:669-82.
6. Schmidt-Trucksass A, Grathwohl D, Schmid A, Boragk R, Upmeier C, Keul J, et al. Structural, functional, and hemodynamic changes of the common carotid artery with age in male subjects. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1999;19:1091-7.
7. Bruel A, Oxlund H. Changes in biomechanical properties, composition of collagen and elastin, and advanced glycation end products of the rat aorta in relation to age. *Atherosclerosis* 1996;127:155-65.
8. Bank AJ, Wang H, Holte JE, Mullen K, Shammass R, Kubo H. Contribution of collagen, elastin, and smooth muscle to in vivo human brachial artery wall stress and elastic modulus. *Circulation* 1996;94:3263-70.
9. Benetos A, Asmar R, Gautier S, Salvi P, Safar M. Heterogeneity of the arterial tree in essential hypertension: a noninvasive study of the terminal aorta and the common carotid artery. *J Human Hypertension* 1994;8:501-7.
10. Tanaka H, DeSouza CA, Seals DR. Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1998;18:127-32.
11. Tanaka H, Dinenna FA, Kevin D, Monahan MS, Clevenger CM, DeSouza CA, et al. Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation* 2000;102:1270-5.
12. Wada T, Kodaira K, Fujishiro K, Maie K, Ysukiyama E, Fukumoto T, et al. Correlation of ultrasound-measured common carotid artery stiffness with pathological findings. *Arterioscler Thromb* 1994;14:479-82.
13. Bank AJ. Physiologic aspects of drug therapy and large artery elastic properties. *Vascular Medicine* 1997;2:44-50.

14. Dart AM, Kingwell BA. Pulse pressure. A review of mechanisms and clinical relevance. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:975-84.
15. Zanzinger J. Role of nitric oxide in the neural control of cardiovascular function. *Cardiovasc Res* 1999;43:639-49.
16. Monahan KD, Dinunno FA, Tanaka H, Clevenger CM, DeSouza CA, Seals DR. Regular aerobic exercise modulates age-associated declines in cardiovascular baroreflex sensitivity in healthy men. *J Physiol* 2000;1:263-71.

Recibido: 19 de diciembre de 2004. Aprobado: 4 de febrero de 2005.

Dr. *Alfredo Aldama*. Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vascular. Calzada del Cerro No. 1551, municipio Cerro, Ciudad de La Habana, Cuba. Correo electrónico: [aldama@infomed.sld.cu](mailto:aldama@infomed.sld.cu)