

Entrenamiento, presión arterial y lípidos en adultos con prehipertensión

Training, blood pressure and lipids in adults with prehypertension

*Oviedo, Guillermo R.; **Niño, Oscar; ***Bellomío, Cayetano; ***González, Roque D. y *Guerra, Miriam
*Universitat Ramon Llull, Barcelona, España **Universitat de Barcelona, España ***Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Resumen. El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de un programa de ejercicio físico sobre la presión arterial, el perfil lipídico y la condición física en 16 adultos (9 hombres, 7 mujeres; 54 ± 5 años) prehipertensos, sin la presencia de otra enfermedad crónica. El grupo participó en un programa de ejercicios físicos aeróbico y de fuerza durante 16 semanas, 1.5 horas, 3 veces por semana. La presión arterial, el perfil lipídico, la condición física y medidas antropométricas fueron evaluadas al inicio y al final del programa. El test de Wilcoxon-Cox se utilizó para evaluar los cambios pre-post en las variables. Se encontraron disminuciones estadísticamente significativas en la presión arterial sistólica y diastólica basal de $\sim 12/9$ mmHg ($p < .05$) respectivamente, el VO_2 pico incrementó ~ 8 ml/Kg/min ($p < .05$), la potencia en cicloergómetro aumentó ~ 51 Watts ($p < .05$); el IMC decreció ~ 2 puntos ($p < .05$); triglicéridos disminuyeron ~ 21 mg/dL ($p < .05$); colesterol disminuyó ~ 19 mg/dL ($p < .05$); HDL incrementó ~ 10 mg/dL ($p < .05$) y LDL decreció ~ 36 mg/dL ($p < .05$). Conclusiones: el programa de ejercicios físicos produjo mejoras significativas en la presión arterial, el perfil lipídico y la condición física en este grupo de adultos prehipertensos.

Palabras clave. hipertensión arterial, ejercicio, condición física, lípidos.

Abstract. The purpose of the study was to determine the effect of a physical exercise program on blood pressure, lipid profile and physical fitness on 16 (9 men, 7 women; 54 ± 5 years old) prehypertensive adults, without any other chronic illness. The group followed a physical exercise program for 16 weeks, which last 1.5 hour, three times a week consisting of aerobic activities and strength training. Blood pressure, lipid profile, physical fitness and anthropometric measurements were assessed pre and post training. Wilcoxon-Cox test was used to compare within group changes. Statistically significant reductions were found in basal systolic and diastolic blood pressure by $\sim 12/9$ mmHg ($p < .05$) respectively; VO_2 peak increased by ~ 8 ml/Kg/min ($p < .05$); the peak power achieved during the cycle-ergometer test increased by ~ 51 Watts ($p < .05$); BMI decreased by ~ 2 points ($p < .05$); triglycerides decreased by ~ 21 mg/dL ($p < .05$); cholesterol decreased by ~ 19 mg/dL ($p < .05$); HDL increased by ~ 10 mg/dL ($p < .05$); LDL decreased by ~ 36 mg/dL ($p < .05$). Conclusions: this intervention showed significant improvements in blood pressure, lipid profile and physical fitness in this group of adults with prehypertension.

Key words. arterial hypertension, exercise, physical fitness, lipids.

Introducción

La hipertensión arterial (HTA), que se define como una elevación crónica de la presión arterial sistólica (PAS) y/o diastólica (PAD), constituye una de las enfermedades más frecuentes de las muchas que azotan a la humanidad. La presión arterial en sí misma no es más que una cifra, y adquiere importancia en cuanto a que a mayor nivel tensional, tanto sistólico como diastólico, mayor es la morbilidad y la mortalidad de los individuos (Ezzati et al., 2002).

Más de un cuarto de la población adulta en el mundo en el año 2000 tenía HTA y se estima que para el año 2025 aumentará al 29%, además tanto los hombres como las mujeres tienen una prevalencia a sufrir HTA y ésta aumenta con la edad, de manera consistente en todas las regiones del mundo (Kearney et al., 2005).

La relación positiva entre riesgo de enfermedades cardiovasculares (ECV) y la PA se da con valores tan bajos como $115/75$ mm Hg y se duplica por cada $20/10$ mm Hg de incremento. Una persona normotensa, a los 55 años de edad tiene un 90% de riesgo de desarrollar HTA durante el transcurso de su vida (Vasan et al., 2002). La clasificación de la PA como «prehipertensión» (PAS 120-139 o PAD 80-89 mm Hg) ha sido introducida para hacer notar en salud pública la importancia de reducir la PA y prevenir la HTA promoviendo un estilo de vida saludable para todas las personas (Chobanian et al., 2003).

La HTA en reposo, por encima de los 140 mm Hg en la PAS y/o 90 mm Hg en la PAD, es uno de los factores de riesgo de ECV (enfermedades de las arterias coronarias, infarto, hipertrofia ventricular, etc.) cuya posibilidad de modificación sigue siendo significativamente alta (López, Mathers, Ezzati, Jamison & Murray, 2006).

Por estas razones, el Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (Chobanian et al., 2003), la Organización Mundial de la Salud (Whitworth, World Health Organization & International Society of Hypertension Writing Group, 2003), el European Society of Hypertension (Mancia et al., 2013) y el National High Blood Pressure Education Program

(Whelton et al., 2002), recomiendan propuestas como la actividad física (AF) regular, que mejoran la condición física, para la prevención y tratamiento de la HTA.

Las modificaciones en el estilo de vida resultan de gran importancia para la prevención, tratamiento y control de la HTA. Dentro de estas modificaciones resulta de vital importancia la inclusión de programas de ejercicio físico (PEF) aeróbico ya que éstos previenen el desarrollo de HTA y disminuye sus valores en aquellos que la padecen (Rossi, Dikareva, Bacon & Daskalopoulou, 2012).

Diversos estudios demostraron que la PA, independientemente de sus valores, se redujo en aquellas personas que participaron en PEF regulares, encontrándose disminuciones medias en la PAS/PAD iguales a $7,4/5,8$ mm Hg en hipertensos y de $3,2/2,7$ mm Hg en normotensos (Cornelissen, Buys & Smart, 2013; Kelley, Kelley & Tran, 2001).

En la mayoría de los estudios analizados por el American College of Sports Medicine en su comunicado especial del año 2004 sobre ejercicio e HTA (Pescatello et al., 2004), los participantes fueron hombres y el rango etario fue de 18 a 79 años de edad. La duración promedio de los programas de entrenamiento fue de 16 semanas. Dos tercios de los programas analizados consistían en tres sesiones de AF por semana, con una duración media por sesión de 40 minutos. Los ejercicios realizados incluyeron caminatas, caminata veloz, carrera, trabajos en bicicletas y otros tipos de actividades aeróbicas.

Con respecto a los triglicéridos plasmáticos, distintos estudios mostraron que es posible disminuirlos con la AF (Grandjean, Crouse, O'Brien, Rohack & Brown, 1998; Kokkinos et al., 1998). Las mayores reducciones se observaron en las personas con las cifras más elevadas y en las que eran sedentarias (Kokkinos et al., 1995; Seip et al., 1993; Wilson et al., 1998).

La HTA y la hipercolesterolemia son factores muy importantes a la hora de determinar el riesgo de ECV de las personas, y su importancia radica en que los efectos arterioescleróticos de ambas patologías se potencian exponencialmente cuando se dan en un mismo sujeto. El aumento en los niveles de colesterol incrementa de forma gradual y continua el riesgo vascular del hipertenso, además de contribuir también, al desarrollo y mantenimiento de la HTA (Lewington et al., 2007).

Los lípidos de baja densidad (LDL) son un poderoso predictor de riesgo de ECV y está elevado en personas cuya dieta está basada,

predominantemente, en la ingesta de grasas, especialmente saturadas (Ziogas, Thomas & Harris, 1997). El LDL plasmático usualmente disminuye después de un programa de entrenamiento aeróbico (Despres et al., 1998; Kokkinos et al., 1995; Thompson et al., 1997; Williams, 1997; Wood et al., 1983).

Las partículas de LDL están divididas de acuerdo a sus diferentes rangos de densidad, marcando cada uno de ellos distintos niveles de riesgo de ECV. Las partículas más densas y pequeñas correlacionan directamente con la incidencia de ECV y podrían depender de la elevada concentración de triglicéridos. Williams et al. (1989) y Williams, Krauss, Vranizan & Wood (1990) no encontraron cambios en las partículas más pequeñas después de un año de entrenamiento físico en hombres sanos pero con sobrepeso; sin embargo, la distancia recorrida por semana y la reducción de la masa grasa se correlacionaron de forma significativa con la disminución del LDL más pequeño. Halle et al. (1997) en un estudio para evaluar hombres hipercolesterolémicos (colesterol > 240 mg/dL), encontraron menores niveles de triglicéridos y LDL a medida que los niveles de AF aumentaban.

Los lípidos de alta densidad (HDL), que están asociados con la reducción en el riesgo de padecer ECV, responden generalmente al entrenamiento aeróbico y aumentan en forma proporcional al incremento del gasto energético. Los mejores resultados se observan cuando el entrenamiento dura más de 12 semanas, encontrándose aumentos de 2 a 8 mg/dL. Tran et al. (1983) completaron un metaanálisis y encontraron una correlación inversa entre los niveles iniciales de HDL y los cambios en éste luego del entrenamiento físico.

Los estudios analizados nos permiten advertir las relaciones entre el ejercicio físico, la PA y los lípidos, quedando en evidencia la importancia de la implementación de diversos PEF para este grupo poblacional.

Así, en nuestro estudio determinamos los efectos producidos por un PEF sobre la PA, los lípidos, la condición física y variables antropométricas en un grupo de adultos prehipertensos.

Metodología

Participantes

Se realizó un ensayo clínico no controlado con un grupo de 16 personas (9 hombres y 7 mujeres) prehipertensas, entre 45 y 60 años (54 ± 5 años), que concurren al Servicio de Medicina del Deporte - Hospital Centro de Salud (San Miguel de Tucumán, Argentina), diagnosticados desde hacía 3 meses como máximo de pre HTA esencial (Chobanian et al., 2003). Los criterios de exclusión que se aplicaron fueron: estar bajo algún tratamiento farmacológico, haber padecido un infarto reciente, dolor en el pecho o mareos concomitantes con la AF, padecer una enfermedad metabólica no controlada y trastornos músculo-esqueléticos que pudieran verse agravados con la AF, no debían tener instrucción sobre hábitos alimentarios ni haber participado en programas previos de ejercicios físicos. No se tuvo en cuenta al peso corporal como criterio de exclusión.

Previamente a la participación, se realizó una reunión para explicar la naturaleza, objetivos y criterios de exclusión e inclusión del estudio. Cada participante firmó un consentimiento informado, conociendo éstos los riesgos y beneficios que conllevan la participación en un programa que incluye actividades físicas. Se aseguró y resguardó el completo anonimato de los participantes.

Luego de firmar el consentimiento informado, se procedió a realizar una revisión médica previa a las evaluaciones iniciales para descartar posibles contraindicaciones a la práctica de AF.

El estudio se desarrolló cumpliendo con las guías de la Declaración de Helsinki, revisadas en 1975 y fue aprobado por el comité de bioética del Hospital Centro de Salud (Argentina).

Diseño

Las evaluaciones fueron realizadas al inicio (pre) y al finalizar las 16 semanas del PEF (post). Durante la duración de la intervención, a los participantes se les solicitó de no participar en otros PEF.

Para la valoración antropométrica se utilizaron las normas, medidas y recomendaciones de la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (Norton, Whittingham, Carter, Kerr, Gore, & Marfell-Jones, 1996). Todos los sujetos, descalzos y con la menor ropa posible, fueron pesados en una báscula con precisión 0,1 kg y medidos con un tallímetro con precisión 0,1 cm (CAM base, Manrique Hnos. SRL, BsAs, Argentina). Con la altura y el peso se obtuvo el índice de masa corporal (IMC). También se evaluó el perímetro de cintura y cadera (cinta antropométrica Sanny, Brasil) y se determinó el índice cintura/cadera (ICC). Se midieron los pliegues grasos tricipital, subescapular, suprailíaco y abdominal con un plicómetro FAGA (FAGA Calsize, FAGA SRL, Argentina) y se obtuvo el porcentaje graso mediante la ecuación de Yuhasz modificada por Faulkner (Faulkner, 1968).

Con el participante sentado y luego de 10 minutos de reposo, la PA fue evaluada tres veces en el brazo izquierdo con una separación de 2 minutos entre cada toma (Monitor Omicom FT, RGB Medical Devices, Madrid, España). Los valores de la PAS máxima (PAS máx) y la PAD máxima (PAD máx) fueron obtenidos durante el último minuto de la prueba en cicloergómetro.

La condición cardiorrespiratoria fue evaluada mediante un cicloergómetro mecánico (Zuccolo 500C, BsAs, Argentina) utilizando el protocolo de Astrand-Ryhming (Astrand & Ryhming, 1954). El consumo de oxígeno pico (VO_2 pico) se obtuvo mediante el nomograma de Astrand (Astrand & Ryhming, 1954). Durante la prueba, cada participante fue monitorizado constantemente mediante un electrocardiograma de 12 derivaciones (CardioScan v.4.0, DM Software, Stateline, Nevada, USA) el cual también monitorizó constantemente la frecuencia cardíaca (FC).

Para obtener las muestras de sangre, los participantes concurren al centro entre las 8-9 horas de la mañana con al menos 8 horas de ayuno. Las siguientes variables fueron analizadas utilizando kits de diagnóstico (Roche Diagnostics, Basilea, Suiza) para las lipoproteínas de alta densidad (HDL)-C (PEG + colesterol oxidasa), triglicéridos (fosfato de glicerol - PAP) y colesterol total (colesterol-oxidasa - PAP). Las lipoproteínas de baja densidad (LDL)-C fueron calculadas del colesterol total, triglicéridos y HDL-C.

El PEF (Tabla 1) consistió en la realización de AF aeróbica y de fuerza durante 16 semanas, 1,5 horas, 3 veces por semana, respetando las normas aconsejadas por el American College of Sport Medicine (American College of Sports Medicine, 2009, 2011; Pescatello et al., 2004).

Con el propósito de llevar un control eficiente sobre las intensidades de los ejercicios y su correcta ejecución, se formaron 2 grupos de 8 participantes. Todas las actividades fueron supervisadas por dos Licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Cada sesión de AF fue organizada de la siguiente manera:

- Entrada en calor o acondicionamiento previo, cuya duración fue de 10 minutos por sesión.
- Entrenamiento aeróbico: las actividades desarrolladas fueron caminata, caminata veloz y carrera. Las sesiones del PEF se realizaron

Tabla 1.
Programa de ejercicio físico empleado en la intervención

Fase	Semana (número)	Entrenamiento Aeróbico				Fuerza		
		Tiempo (minutos)	Intensidad (% FC máx)	Distancia (km semanales)	Actividad	Tiempo (minutos)	Intensidad (Escala OMNI-RES)	Series y repeticiones
1	1	20	40%	3	Caminata	30	5	3s x 8r
	2		50%	7			5	3s x 8r
	3		50%	9			5	3s x 10r
	4		60%	8			5	3s x 10r
2	5	20 a 30	60%	10	Caminata y Caminata veloz	30-35	5	3s x 12r
	6		60%	13			5	3s x 12r
	7		65%	16			5	3s x 12r
	8		70%	18			6	3s x 10r
	9		70%	17			6	3s x 10r
3	10	40	70%	19	Caminata veloz y Carrera	30-35	6	3s x 12r
	11		75%	22			6	3s x 12r
	12		75%	25			6	3s x 12r
	13		80%	24			7	3s x 10r
	14		80%	27			7	3s x 10r
	15		85%	28			7	3s x 12r
	16		85%	30			7	3s x 12r

a intensidades comprendidas entre el 40% y el 85% de la FC máx., tal como se describe en la tabla 1. Para el cálculo de las intensidades de trabajo se utilizó la FC de reserva. La FC máx de cada participante se determinó mediante la fórmula $FC\ máx = 208 - (0,7 * edad)$ (Tanaka, Monahan & Seals, 2001). Durante las sesiones la FC de cada participante fue controlada mediante pulsómetros Polar FT4 (Polar Electro OY, Finlandia).

- El entrenamiento de la fuerza se realizó en circuito, empleando el propio cuerpo y bandas elásticas Theraband® de resistencia media, fuerte o extrafuerte, según la fuerza del participante. El trabajo de fuerza se realizó a intensidades que permitan la ejecución de 3 series de 8 a 12 repeticiones a intensidades que alcanzaban puntuaciones de 5-7 en la escala OMNI-RES (Robertson et al., 2003). Se realizó una serie de ejercicios para miembros superiores, tronco y miembros inferiores y un descanso de 2 minutos luego de los tres ejercicios. Se trabajó de esta forma hasta completar 3 series. Se ejecutaron ejercicios de bíceps, tríceps, deltoides, dorsales, abdominales, lumbares, cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemio.

- Vuelta a la calma: se utilizaron ejercicios de estiramientos de la musculatura más solicitada en cada sesión, caminata en forma relajada (40% FC máx.) y ejercicios para la mecánica respiratoria. La duración fue de 10 minutos.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de las variables involucradas en este estudio (media \pm desviación estándar (DE)). Todas las variables ofrecían una distribución normal (test de Kolmogorov-Smirnov); sin embargo, debido al tamaño muestral se optó por realizar pruebas no paramétricas. Se utilizó el test de Wilcoxon-Cox para evaluar cambios entre los momentos pre y postentrenamiento.

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS v.19.0 (IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, USA). Se tomó como nivel de significación $p < .05$.

Resultados

Los datos descriptivos y antropométricos de los participantes se muestran en la tabla 2. Al finalizar el PEF los participantes disminuyeron significativamente ($p < .05$) el peso, IMC, los perímetros de cintura y cadera, el ICC y el porcentaje de masa grasa.

En la tabla 3 podemos observar los valores de la condición física, la presión arterial y el perfil lipídico de los participantes. Al finalizar el PEF los valores de la FC basal, PAS, PAD, Colesterol, triglicéridos y LDL disminuyeron significativamente ($p < .05$).

Tabla 2. Características descriptivas de los participantes

Variables	Preentrenamiento	Postentrenamiento
	Total (n = 16)	Total (n = 16)
Edad (años)	53.87 \pm 5.54	54 \pm 5.58
Talla (cm)	168.00 \pm 8.01	168.08 \pm 8.02
Peso (kg)	88.69 \pm 14.12	81.75 \pm 11.98*
IMC	31.39 \pm 4.47	28.95 \pm 3.92*
Perímetro cintura (cm)	102.06 \pm 10.71	92.43 \pm 8.88*
Perímetro cadera (cm)	114.93 \pm 6.07	109.75 \pm 5.54*
ICC	0.88 \pm .07	0.84 \pm .06*
Porcentaje masa a gras a (%)	25.11 \pm 2.87	22.33 \pm 2.25*

Nota: valores son medias \pm desviación estándar. Abreviaciones: IMC = índice de masa corporal; ICC = índice cintura cadera. * Diferencia a significatividad entre preentrenamiento y postentrenamiento ($p < .05$).

Tabla 3. Valores de la condición física, presión arterial y perfil lipídico de los participantes

Variables	Preentrenamiento	Postentrenamiento
	Total (n = 16)	Total (n = 16)
FC basal (ppm)	84.12 \pm 8.53	74.12 \pm 4.81*
FC de trabajo en cicloergómetro (ppm)	157.81 \pm 12.98	158.87 \pm 11.97
PAD basal (mmHg)	85.31 \pm 5.67	75.75 \pm 5.91*
PAS basal (mmHg)	125.62 \pm 4.81	113.18 \pm 5.54*
PAD máx (mmHg)	84.62 \pm 9.02	76.37 \pm 6.37*
PAS máx (mmHg)	171.56 \pm 21.88	173.12 \pm 16.31
VO ₂ pico (L/min)	1.87 \pm .53	2.42 \pm .60*
VO ₂ pico (ml/kg/min)	21.02 \pm 4.78	29.42 \pm 4.84*
Potencia (watt)	127.04 \pm 59.53	178.15 \pm 53.49*
Colesterol (mg/dl)	199.43 \pm 33.35	180.81 \pm 23.70*
Triglicéridos (mg/dl)	132.81 \pm 46.23	112.06 \pm 37.55*
HDL (mg/dl)	53.31 \pm 14.53	63.72 \pm 11.75*
LDL (mg/dl)	151.03 \pm 45.01	114.99 \pm 33.83*

Nota: valores son medias \pm desviación estándar. Abreviaciones: FC = frecuencia cardíaca; PAD = presión arterial diastólica; PAS = presión arterial sistólica; HDL = lípidos de alta densidad; LDL = lípidos de baja densidad.

* Diferencia significativa entre preentrenamiento y postentrenamiento ($p < .05$).

Los valores del VO₂ pico absoluto y relativo, la potencia y el HDL al finalizar el PEF fueron significativamente más altos ($p < .05$).

La figura 1 ilustra el cambio relativo en el VO₂ pico absoluto (35%), el VO₂ pico relativo (46%), la potencia (59%) y la potencia en relación al peso corporal (72%).

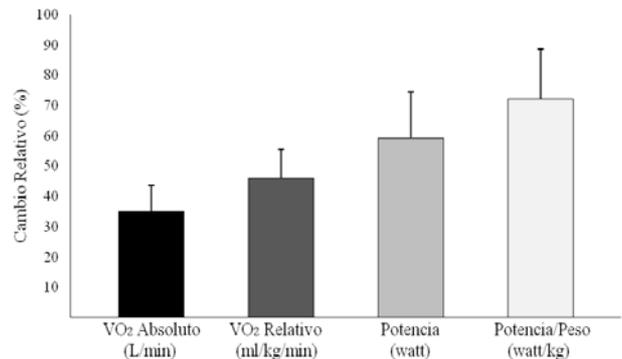


Figura 1. Cambio relativo en el VO₂ absoluto (L/min), VO₂ relativo (ml/kg/min), potencia (watt) y potencia con respecto al peso (watt/kg). Valores son medias \pm error estándar.

Discusiones

Las modificaciones en la PA y el entrenamiento

Los mecanismos mediante los cuales la AF produce efectos hipotensores crónicos no son todavía completamente conocidos. Sin embargo, unos pocos han sido demostrados: aumento del tono parasimpático a nivel del miocardio (Pagani et al., 1988), la mejora del efecto vasodilatador de la función endotelial (Beck, Casey, Martin, Emerson & Braith, 2013; Higashi & Yoshizumi, 2004), la disminución de las resistencias periféricas (Lacombe, Goodman, Spragg, Liu & Thomas, 2011; Martin et al., 1991), la mejora en la elasticidad a nivel aórtico (Beck, Martin, Casey & Braith, 2013; Collier et al., 2008) y la disminución de las anomalías neuro-hormonales relacionadas a la HTA (Kiyonaga, Arakawa, Tanaka & Shindo, 1985).

Entre las mejoras estructurales inducidas por la AF, se ha observado en ratas con HTA una disminución en la PA en el grupo entrenado, que estaba relacionada con el aumento en la densidad capilar miocárdica (Amaral, Zorn & Michelini, 2000). En los seres humanos, a nivel muscular, la AF produce cambios en la estructura vascular que incluyen incrementos en la longitud y diámetro de arterias y venas así como angiogénesis (Pescatello et al., 2004). Otros beneficios de la AF también fueron encontrados por Tanaka et al. (2000), que encontraron mejoras del 20% en los parámetros de elasticidad de la carótida en personas que participaron en un programa de caminatas cuya duración fue de 3 meses. En el presente estudio es posible que algunas de estas modificaciones hayan permitido la mejora en los valores de la PA en respuesta al PEF realizado, donde la intensidad y duración de las actividades fue mayor que las empleadas por Beck et al. (2013) y Tanaka et al. (2000).

Pescatello et al. (2004), en un metaanálisis describe que la duración promedio de los PEF en esta población fue de 16 semanas y que la PA, independientemente de sus valores iniciales, se redujo en aquellas personas que participaron en los programas de ejercicio físico regulares, encontrándose disminuciones medias en la PAS/PAD basales de ~7/6 mm Hg en hipertensos.

Así mismo, un análisis que comprende 6 artículos para un total de 48.448 hombres y 47.625 mujeres hipertensos, los cuales participaron en distintos programas de AF redujeron entre un 16% a 67% su riesgo de mortalidad cardiovascular (Rossi et al., 2012). Otros estudios han descrito descensos en la PAS/PAD de ~7/5 mm Hg después de 8 semanas de entrenamiento aeróbico en hombres y mujeres con prehipertensión (Liu, Goodman, Nolan, Lacombe & Thomas, 2012).

Estos cambios se ven aumentados cuando las intervenciones son también en el control de la dieta, pérdida de peso y ejercicio, dándose disminuciones en la PA basal de ~10/6 mm Hg. Reducciones de esta

magnitud en los valores de la PA pueden llegar a ser similares a aquellas logradas a través de la farmacoterapia (Miller et al., 2002).

En la misma línea que los trabajos anteriores, en nuestro estudio también encontramos disminuciones en la PA de ~12/9 mm Hg. Estos valores son ligeramente superiores a aquellos obtenidos en los estudios antes mencionados (Liu et al., 2012; Miller et al., 2002; Rossi et al., 2012). Estas disminuciones tienen una gran relevancia clínica ya que disminuciones de 10 mm Hg en la PAS y 5 mm Hg en la PAD estarían, a largo plazo, asociadas a disminuciones del 40% en el riesgo de muerte por accidente cerebrovascular y del 30% en el riesgo de muerte por enfermedades cardíacas (Lewington, Clarke, Qizilbash, Peto & Collins, 2002).

El comportamiento de los lípidos

Numerosos estudios demuestran que los triglicéridos plasmáticos disminuyen con la AF (Grandjean et al., 1998; Kokkinos et al., 1998), encontrándose disminuciones medias de ~7 mg/dL (Miller et al., 2002). En nuestro trabajo, las reducciones medias fueron de ~20 mg/dL.

Con respecto al colesterol total, la bibliografía analizada (Miller et al., 2002) muestra disminuciones de ~19 mg/dL en los valores, al igual que en nuestro trabajo, donde encontramos reducciones de ~18 mg/dL. Por lo expuesto en el estudio de Lewington et al. (2007) existiría una relación aditiva entre colesterol y aumento de la PA con el consiguiente incremento en el riesgo de ECV, por lo cual en el presente estudio se podría decir que el riesgo de padecer ECV bajó también debido a las disminuciones del colesterol total.

El LDL, que usualmente disminuye después de un programa de entrenamiento aeróbico (Despres et al., 1988; Kokkinos et al., 1995; Thompson et al., 1997; Williams, 1997; Wood et al., 1983), en nuestro trabajo disminuyó en ~36 mg/dL. Estos valores son mayores que los de otro estudio donde la disminución media fue de ~5 mg/dL (Miller et al., 2002).

Con respecto al HDL, nuestro trabajo coincide con la bibliografía que indica que este responde al entrenamiento aeróbico. En un estudio con hombres que sufrían sobrepeso (Thompson et al., 1997) el incremento medio del HDL fue de ~4 mg/dL. En nuestro estudio se observaron aumentos de ~10 mg/dL.

Pero en otro estudio se encontraron resultados contrarios, con disminuciones medias de ~9 mg/dL en el HDL (Miller et al., 2002). Esto podría deberse a la dieta baja en grasas y alta en carbohidratos que utilizaron en este estudio.

Es por ello importante realizar mejores seguimientos y control en la dieta de cada uno de los participantes en los PEF, ya que como podemos observar en los estudios anteriores (Grandjean et al., 1998; Kokkinos et al., 1998), esto influye de manera importante en el aumento o disminución en todos los lípidos plasmáticos. En nuestro estudio las disminuciones en los lípidos plasmáticos podrían estar favorecidas por la inclusión de ejercicios dinámicos para el entrenamiento de la fuerza (Kelley & Kelley, 2009).

Distintos autores describen mecanismos fisiológicos que relacionan a las dislipemias con la HTA. Por ejemplo se ha propuesto que el aumento del flujo de los ácidos grasos libres desde la grasa visceral hasta el hígado, originando hiperactividad del sistema nervioso simpático, es un mecanismo importante en la patogenia de la HTA relacionada con la obesidad (Grekin, Dumont, Vollmer, Watts & Webb, 1997; Reaven, Lithell & Landsberg, 1996). Además, el aumento del flujo de ácidos grasos libres reduce la función del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal, originando un aumento de la secreción de cortisol y retención de sodio, que contribuyen también a la HTA (Kelly, Mangos, Williamson & Whitworth, 1998; Rosmond, Dallman & Björntorp, 1998).

El aumento del flujo de los ácidos grasos libres desde la grasa visceral directamente hasta el hígado puede también contribuir a la hipersecreción de lipoproteínas de muy baja densidad ricas en triglicéridos desde el hígado (Riches et al., 1999). El aumento de la secreción y la reducción de la eliminación (Cabezas et al., 1993) de lipoproteínas de muy baja densidad origina un aumento de las concentraciones en plasma

de restos de lipoproteínas aterogénicas, que también constituyen un enlace entre la dislipidemia y la HTA.

La reducción de la vasodilatación dependiente del óxido nítrico se ha asociado con la concentración en plasma de lipoproteínas aterogénicas ricas en triglicéridos y a los ácidos grasos libres no esterificados (Bredie, Tack, Smits & Stalenhoef, 1997). Por tanto, es muy importante la disminución y control de estos residuos ya que pueden contribuir al desarrollo de aterosclerosis prematuras y a la expresión de la HTA.

Condición física

Con respecto a las intensidades, el ACSM (2004) recomienda trabajar al 40-60% del VO_2 de reserva. En nuestro estudio utilizamos la FC de reserva y el entrenamiento aeróbico se desarrolló a intensidades comprendidas entre el 40% y 85% de la FC máx estimada para cada participante.

El tipo de actividad seleccionada coincide con las propuestas por el ACSM (2004, 2011), es decir, caminata, caminata veloz y carrera utilizando ejercicios de fuerza como complemento.

Como se puede observar en los resultados obtenidos, encontramos mejoras en el VO_2 pico de ~8 ml/kg/min estimado en cicloergómetro, lo que equivaldría a un aumento de 2.4 METs.

Por lo observado a través de los antecedentes, donde nos dice que por cada MET de incremento en la capacidad del ejercicio le otorga un 12% de posibilidades de supervivencia a todos los sujetos normales y con ECV (Myers et al., 2002) y otro estudio que indica que por cada MET de incremento en la capacidad máxima obtenida hay una reducción del 14% en los eventos cardíacos entre personas menores de 65 años y un 18% entre los mayores de 65 (Goraya et al., 2000), se podría afirmar que en este programa los participantes lograron entre el ~29% más de posibilidades de supervivencia ante cualquier tipo de enfermedad, y una reducción de ~34% en el riesgo de padecer un evento cardíaco.

La FC en reposo disminuyó en un estudio analizado ~9 ppm (Stevens et al., 2001) mientras en nuestro estudio disminuyó una media de ~10 ppm.

Como se ilustra en la figura 1, al finalizar el PEF hubo incrementos en la potencia absoluta (59%) y en la potencia relativa al peso (72%). Tales incrementos nos indican mejoras en la fuerza de los miembros inferiores así como también mejoras en la economía del esfuerzo realizado dado que los participantes fueron capaces de desarrollar más potencia sin incrementos en la FC ni en la PA y las cargas obtenidas al inicio del PEF fueron alcanzadas con menores valores de VO_2 y FC.

Con respecto al peso, en estudios observados donde se tuvo en cuenta la dieta, la PA y la actividad física, hubo descensos de ~5 kg (Stevens et al., 2001) y en nuestro estudio se dieron disminuciones medias de ~7 kg. Estas disminuciones en el peso corporal y el IMC de los participantes en el presente estudio favorecerían la disminución de sus valores de PA ya que se ha visto que la reducción del peso corporal, del IMC y la AF tienen un efecto sinérgico en la reducción de las cifras de la PA y reducen el riesgo de padecer HTA (Gelber, Gaziano, Manson, Buring & Sesso, 2007; Hu et al., 2004; Pescatello et al., 2004).

La mayoría de los estudios encontrados describen con poca precisión los PEF desarrollados para hipertensos. En ellos se mencionan actividades generales (caminata, trote, entrenamiento en cicloergómetro o en cinta), duración e intensidad y en pocos los volúmenes de las actividades aeróbicas realizadas.

Conclusiones

En definitiva, el impacto producido por un PEF en forma regular y monitorizada en el grupo de personas participantes fue muy positivo, permitiendo mejorar la condición física, reducir la PA, porcentaje de grasa y mejorar los niveles plasmáticos de colesterol, triglicéridos, LDL y HDL.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio reflejan los beneficios de la AF y la avalan como una parte fundamental en las terapias de

prevención, tratamiento y control de la HTA.

Creemos que la prescripción de la AF y hábitos de vida saludables son parte de una estrategia de cambio de comportamiento, que llevarán a la adopción de un estilo de vida físicamente activo y una dieta sana y equilibrada. Como tal, es muy importante tener en cuenta el estilo de vida, el medio ambiente, y la situación social de las personas a fin de proponer un guión adaptado a cada necesidad. Es sólo de esta manera que la adopción de hábitos de vida saludables serán sostenibles en el tiempo.

Limitaciones

En nuestro estudio no contamos con un grupo control para poder comparar los efectos del PEF. También sería muy importante el incremento y aleatorización de la muestra.

Si bien se emplearon técnicas internacionalmente aceptadas, por motivos económicos nos resultó imposible la evaluación de la condición física de los participantes mediante pruebas de laboratorio directas para obtener valores más exactos y tampoco pudimos controlar el comportamiento de la PA de manera ambulatoria.

La dieta es un factor importante a tener en cuenta en futuros estudios y que en el nuestro no fue controlado.

También consideramos que el uso de acelerometría para monitorizar la intensidad y cantidad de AF, antes, durante y luego del PEF, se debería tener en cuenta en futuros estudios.

Una vez finalizados estos programas de AF, sería importante realizar el seguimiento de los participantes para evaluar el comportamiento a lo largo del tiempo de las distintas variables analizadas.

Referencias

- Amaral, S. L., Zorn, T. M., & Michelini, L. C. (2000). Exercise training normalizes wall-to-lumen ratio of the gracilis muscle arterioles and reduces pressure in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Hypertension*, 18(11), 1563–1572.
- American College of Sports Medicine. (2009). Exercise and Physical Activity for Older Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1510–1530.
- American College of Sports Medicine. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359.
- Astrand, P. O., & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7(2), 218–221.
- Beck, D. T., Casey, D. P., Martin, J. S., Emerson, B. D., & Braith, R. W. (2013). Exercise training improves endothelial function in young prehypertensives. *Experimental Biology and Medicine (Maywood, N.J.)*, 238(4), 433–441.
- Beck, D. T., Martin, J. S., Casey, D. P., & Braith, R. W. (2013). Exercise training reduces peripheral arterial stiffness and myocardial oxygen demand in young prehypertensive subjects. *American Journal of Hypertension*, 26(9), 1093–1102.
- Bredie, S. J., Tack, C. J., Smits, P., & Stalenhoef, A. F. (1997). Nonobese patients with familial combined hyperlipidemia are insulin resistant compared with their nonaffected relatives. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 17(7), 1465–1471.
- Cabezas, M. C., de Bruin, T. W., Jansen, H., Kock, L. A., Kortlandt, W., & Erkelens, D. W. (1993). Impaired chylomicron remnant clearance in familial combined hyperlipidemia. *Arteriosclerosis and Thrombosis/ : A Journal of Vascular Biology / American Heart Association*, 13(6), 804–814.
- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L. . . . Roccella, E. J. (2003). Seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. *Hypertension*, 42(6), 1206–1252.
- Collier, S. R., Kanaley, J. A., Carhart, R., Frechette, V., Tobin, M. M., Hall, A. K. . . . Fernhall, B. (2008). Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *Journal of Human Hypertension*, 22(10), 678–686.
- Comelissen, V. A., Buys, R., & Smart, N. A. (2013). Endurance exercise beneficially affects ambulatory blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Hypertension*, 31(4), 639–648.
- Despres, J. P., Moorjani, S., Tremblay, A., Poehlman, E. T., Lupien, P. J., Nadeau, A. . . . Bouchard, C. (1988). Heredity and changes in plasma lipids and lipoproteins after short-term exercise training in men. *Arteriosclerosis (Dallas, Tex.)*, 8(4), 402–409.
- Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A., Vander Hoorn, S., Murray, C. J., & Comparative Risk Assessment Collaborating Group. (2002). Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet*, 360(9343), 1347–1360.
- Faulkner, J. A. (1968). Physiology of swimming and diving. In H. Falls, Exercise Physiology (pp. 415–446). Baltimore: Academic press.
- Gelber, R. P., Gaziano, J. M., Manson, J. E., Buring, J. E., & Sesso, H. D. (2007). A prospective study of body mass index and the risk of developing hypertension in men. *American Journal of Hypertension*, 20(4), 370–377.
- Goraya, T. Y., Jacobsen, S. J., Pellikka, P. A., Miller, T. D., Khan, A., Weston, S. A. . . . Roger, V. L. (2000). Prognostic value of treadmill exercise testing in elderly persons. *Annals of Internal Medicine*, 132(11), 862–870.
- Grandjean, P. W., Crouse, S. F., O'Brien, B. C., Rohack, J. J., & Brown, J. A. (1998). The effects of menopausal status and exercise training on serum lipids and the activities of intravascular enzymes related to lipid transport. *Metabolism*, 47(4), 377–383.
- Grekin, R. J., Dumont, C. J., Vollmer, A. P., Watts, S. W., & Webb, R. C. (1997). Mechanisms in the pressor effects of hepatic portal venous fatty acid infusion. *The American Journal of Physiology*, 273(1), 324–330.
- Higashi, Y., & Yoshizumi, M. (2004). Exercise and endothelial function: role of endothelium-derived nitric oxide and oxidative stress in healthy subjects and hypertensive patients. *Pharmacology & Therapeutics*, 102(1), 87–96.
- Hu, G., Barengo, N. C., Tuomilehto, J., Lakka, T. A., Nissinen, A., & Jousilahti, P. (2004). Relationship of physical activity and body mass index to the risk of hypertension: a prospective study in Finland. *Hypertension*, 43(1), 25–30.
- Kearney, P. M., Whelton, M., Reynolds, K., Muntner, P., Whelton, P. K., & He, J. (2005). Global burden of hypertension: Analysis of worldwide data. *Lancet*, 365(9455), 217–223.
- Kelley, G. A., Kelley, K. A., & Tran, Z. V. (2001). Aerobic exercise and resting blood pressure: A meta-analytic review of randomized, controlled trials. *Preventive Cardiology*, 4(2), 73–80.
- Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2009). Impact of progressive resistance training on lipids and lipoproteins in adults: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine*, 48(1), 9–19.
- Kelly, J. J., Mangos, G., Williamson, P. M., & Whitworth, J. A. (1998). Cortisol and hypertension. *Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology. Supplement*, 25, S51–S56.
- Kiyonaga, A., Arakawa, K., Tanaka, H., & Shindo, M. (1985). Blood pressure and hormonal responses to aerobic exercise. *Hypertension*, 7(1), 125–131.
- Kokkinos, P. F., Narayan, P., Colleran, J., Fletcher, R. D., Lakshman, R., & Papademetriou, V. (1998). Effects of moderate intensity exercise on serum lipids in african-american men with severe systemic hypertension. *The American Journal of Cardiology*, 81(6), 732–735.
- Kokkinos, P. F., Holland, J. C., Narayan, P., Colleran, J. A., Dotson, C. O., & Papademetriou, V. (1995). Miles run per week and high-

- density lipoprotein cholesterol levels in healthy, middle-aged men. A dose-response relationship. *Archives of Internal Medicine*, 155(4), 415-420.
- Lacombe, S. P., Goodman, J. M., Spragg, C. M., Liu, S., & Thomas, S. G. (2011). Interval and continuous exercise elicit equivalent postexercise hypotension in prehypertensive men, despite differences in regulation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(6), 881-891.
- Lewington, S., Whitlock, G., Clarke, R., Sherliker, P., Emberson, J., Halsey, J., ... Collins, R. (2007). Blood cholesterol and vascular mortality by age, sex, and blood pressure: a meta-analysis of individual data from 61 prospective studies with 55,000 vascular deaths. *Lancet*, 370(9602), 1829-1839.
- Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R., & Collins, R. (2002). Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet*, 360(9349), 1903-1913.
- Liu, S., Goodman, J., Nolan, R., Lacombe, S., & Thomas, S. G. (2012). Blood pressure responses to acute and chronic exercise are related in prehypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(9), 1644-1652.
- López, A. D., Mathers, C. D., Ezzati, M., Jamison, D. T., & Murray, C. J. (2006). Global and regional burden of disease and risk factor, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet*, 367, 1747-1757.
- Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redon, J., Zanchetti, A., Bohm, M., ... Zannad, F. (2013). 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 34(28), 2159-2219.
- Martin, W. H., Ogawa, T., Kohrt, W. M., Malley, M. T., Korte, E., Kieffer, P. S., & Schechtman, K. B. (1991). Effects of aging, gender, and physical training on peripheral vascular function. *Circulation*, 84(2), 654-664.
- Miller, E. R., 3rd, Erlinger, T. P., Young, D. R., Jehn, M., Charleston, J., Rhodes, D., ... Appel, L. J. (2002). Results of the diet, exercise, and weight loss intervention trial (DEW-IT). *Hypertension*, 40(5), 612-618.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., & Atwood, J. E. (2002). Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England Journal of Medicine*, 346(11), 793-801.
- Norton, K., Whittingham, N., Carter L., Kerr, D., Gore, C., & Marfell-Jones, M. (1996). Measurement techniques in anthropometry. In K. Norton Ian, & T. Olds (Eds.), *Anthropometrica* (pp. 22-75). Sydney: UNSW.
- Pagani, M., Somers, V., Furlan, R., Dell'Orto, S., Conway, J., Baselli, G., ... Malliani, A. (1988). Changes in autonomic regulation induced by physical training in mild hypertension. *Hypertension*, 12(6), 600-610.
- Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., Ray, C. A., ... Chester, A. R. (2004). American college of sports medicine position stand. Exercise and hypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 533-553.
- Reaven, G. M., Lithell, H., & Landsberg, L. (1996). Hypertension and associated metabolic abnormalities—the role of insulin resistance and the sympathoadrenal system. *The New England Journal of Medicine*, 334(6), 374-381.
- Riches, F. M., Watts, G. F., Hua, J., Stewart, G. R., Naoumova, R. P., & Barrett, P. H. (1999). Reduction in visceral adipose tissue is associated with improvement in apolipoprotein B-100 metabolism in obese men. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 84(8), 2854-2861.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341.
- Rosmond, R., Dallman, M. F., & Björntorp, P. (1998). Stress-related cortisol secretion in men: relationships with abdominal obesity and endocrine, metabolic and hemodynamic abnormalities. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 83(6), 1853-1859.
- Rossi, A., Dikareva, A., Bacon, S. L., & Daskalopoulou, S. S. (2012). The impact of physical activity on mortality in patients with high blood pressure: A systematic review. *Journal of Hypertension*, 30(7), 1277-1288.
- Seip, R. L., Moulin, P., Cocke, T., Tall, A., Kohrt, W. M., Mankowitz, K., ... Schonfeld, G. (1993). Exercise training decreases plasma cholesteryl ester transfer protein. *Arteriosclerosis and Thrombosis: A Journal of Vascular Biology / American Heart Association*, 13(9), 1359-1367.
- Stevens, V. J., Obarzanek, E., Cook, N. R., Lee, I. M., Appel, L. J., Smith West, D., ... Cohen, J. (2001). Long-term weight loss and changes in blood pressure: Results of the trials of hypertension prevention, phase II. *Annals of Internal Medicine*, 134(1), 1-11.
- Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102(11), 1270-1275.
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156.
- Thompson, P. D., Yurgalevitch, S. M., Flynn, M. M., Zmuda, J. M., Spannaus-Martin, D., Saritelli, A., ... Herbert, P. N. (1997). Effect of prolonged exercise training without weight loss on high-density lipoprotein metabolism in overweight men. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 46(2), 217-223.
- Vasan, R. S., Beiser, A., Seshadri, S., Larson, M. G., Kannel, W. B., D'Agostino, R. B., & Levy, D. (2002). Residual lifetime risk for developing hypertension in middle-aged women and men: The framingham heart study. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 287(8), 1003-1010.
- Whelton, P. K., He, J., Appel, L. J., Cutler, J. A., Havas, S., Kotchen, T. A., ... Karimbakas, J. (2002). Primary prevention of hypertension: Clinical and public health advisory from the national high blood pressure education program. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 288(15), 1882-1888.
- Whitworth, J. A., World Health Organization & International Society of Hypertension Writing Group. (2003). 2003 World Health Organization (WHO)/International Society of Hypertension (ISH) statement on management of hypertension. *Journal of Hypertension*, 21(11), 1983-1992.
- Williams, P. T. (1997). Relationship of distance run per week to coronary heart disease risk factors in 8283 male runners. the national runners' health study. *Archives of Internal Medicine*, 157(2), 191-198.
- Wilson, P. W., D'Agostino, R. B., Levy, D., Belanger, A. M., Silbershatz, H., & Kannel, W. B. (1998). Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation*, 97(18), 1837-1847.
- Wood, P. D., Haskell, W. L., Blair, S. N., Williams, P. T., Krauss, R. M., Lindgren, F. T., ... Farquhar, J. W. (1983). Increased exercise level and plasma lipoprotein concentrations: A one-year, randomized, controlled study in sedentary, middle-aged men. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 32(1), 31-39.
- Ziogas, G. G., Thomas, T. R., & Harris, W. S. (1997). Exercise training, postprandial hypertriglyceridemia, and LDL subfraction distribution. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8), 986-991.

