PubliCE, (PubliCE) 1998

Revision of Literature

20 Años de Seguimiento de la Potencia Aeróbica y la Composición Corporal en Atletas Ancianos

Carl Foster[1], Michael L Pollock[1], Larry J Mengelkoch[1], James E Graves[1], David T Lowenthal[1], Marian C Limacher[1] y Jack H Wilmore[1]

[1]Departments of Medicine and Exercise and Sport Sciences, Center for Exercise Science, University of Florida, and Geriatric Research, Education and Clinical Center, Veterans Affairs Medical Center, Gainesville, Florida 32610.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la potencia aeróbica (máximo consumo de oxígeno) y la composición corporal en atletas de pista ancianos luego de 20 años de seguimiento (T3). Hace 20 años, 21 individuos [edades medias: 50.5±8.5 años en la evaluación inicial (T1), 60.2 ± 8.8 años a los 10 años de seguimiento (T2), y 70.4±8.8 años a los 20 años de seguimiento (T3)] fueron divididos en tres grupos de intensidad: alta (H; seguían siendo elite; n=9); moderada (M; continuaban con entrenamientos frecuentes de resistencia de moderado a riguroso; n=10); y baja (L; entrenamiento muy reducido; n=2). Todos los grupos disminuyeron el consumo máximo de oxígeno en cada punto de evaluación (H, 8 y 15 %; M, 13 y 14%; y L, 18 y 34% desde T1 a T2 y desde T2 a T3 respectivamente). La frecuencia cardiaca máxima mostró una disminución lineal de ~5-7 latidos.min^{-1}.decada^{-1} y fue independiente del estado de entrenamiento. El peso corporal permaneció estable para los grupos H y M y el porcentaje de grasa se incremento ~2-2.5 %/década. Aunque el peso libre de grasa disminuyó en cada punto de la evaluación, hubo una tendencia de un mayor mantenimiento para aquellos que comenzaron con entrenamiento de pesas. Los análisis transversales en T3 mostraron que la fuerza de las piernas y la densidad mineral ósea generalmente se mantuvo desde la edad de 60 a los 89 años. Aquellos que realizaron entrenamiento de pesas tuvieron una mayor densidad mineral ósea en la región del brazo que aquellos que no. Estos datos longitudinales muestran que las capacidades fisiológicas de atletas ancianos están reducidas, a pesar del continuo ejercicio de resistencia intenso, a lo largo de un periodo de 12 años (~8-15%/década). Los cambios en la composición corporal parecen ser menores que aquellos mostrados para la población sedentaria saludable y estuvieron relacionados a cambios en los hábitos de entrenamiento.

Palabras Clave: consumo máximo de oxígeno, entrenamiento con pesas, densidad mineral ósea

INTRODUCCION

Luego de la maduración, el consumo máximo se oxígeno (VO_2 máx.), la ventilación pulmonar (VE máx.), y la frecuencia cardiaca (FC máx.) declinan con la edad (2, 5, 9, 11, 16,17, 19, 23, 25, 28, 29, 33). El peso libre de grasa (FFW) y la fuerza muscular también disminuyen (7, 14, 23, 27, 30), mientras que la grasa corporal se incrementa significativamente con la edad (23, 26). En una revisión de múltiples estudios, Heath y cols. (9) determinaron que en hombres saludables el VO_2 máx. declina ~9%/década luego de la edad de 25 años. Los mismos autores y otros (5, 12, 17, 23, 29) han mostrado que si las personas continúan siendo físicamente activas y el peso corporal permanece medianamente estable, la declinación en el

VO_2 máx. con la edad será de 5%/década.

Aunque ha sido sugerido que las pendientes de la regresión en el VO_2 máx. con la edad pueden ser similares para personas activas y sedentarias, esta interpretación puede haber sido consecuencia de la utilización de datos transversales en lugar de resultados de estudios longitudinales (5). Estudios longitudinales llevados a cabo en sujetos tanto por debajo, como por encima de los 50 años mostraron que las disminuciones en el VO_2 máx. son mayormente afectadas por el nivel inicial de capacidad aeróbica y el cambio en el nivel de actividad (5, 23, 26, 28).

La reducción en la FC máx. con la edad ha mostrado ser lineal, con una declinación de ~20 latidos•min^{-1}•$década^{-1}$ (16, 26). Estos hallazgos parecen estar respaldados mas por datos transversales que por estudios longitudinales. Datos longitudinales sugieren una reducción de 5-7 latidos/min en la FC máx. con la edad, particularmente en grupos por debajo de los 55 años de edad (2, 11, 17, 23, 29, 33). Los estudios longitudinales con participantes ancianos son más variables y generalmente carecen de valor (11, 33).

Los cambios en la composición corporal con la edad son también mayormente afectados por el nivel de actividad, con los individuos más activos teniendo menos grasa y siendo capaces de mantener el FFW (27). Aunque estos hallazgos son consistentes con la literatura de estudios longitudinales a corto plazo (~6 meses a 1 año) y estudios transversales (26), existen pocos datos de estudios de mayor duración.

Por ello, el propósito de esta investigación fue determinar la potencia aeróbica y la composición corporal en atletas de pista ancianos luego de un seguimiento de 20 años. Esta información es de particularmente importante debido a que la mayoría de los estudios longitudinales han sido realizados en personas de menos de 60 años de edad.

METODOS

Sujetos

Veintisiete atletas de pista varones fueron reclutados para participar en la evaluación inicial (T1) (25). Para calificar para el estudio, los atletas tenían que haber entrenado regularmente por al menos los 2 años precedentes y tenían que haber estado ubicados primeros, segundos, o terceros en eventos de competición en carreras (800 m o menos, n=6; 1500 m o más, n=17) o caminata (5000 o mayor, n=2) dentro del año precedente. Veinticinco sujetos regresaron para la evaluación a los 10 años de seguimiento [T2; 9.8 ± 1.4 (DS) años]. Un sujeto que no era del grupo original en T1 fue evaluado luego de que el manuscrito fuese aceptado para la publicación en T2 (n=24) (23). Dos individuos fallecieron (homicidio; cáncer), y uno de los individuos no estuvo disponible para la evaluación. Veintiuno de los individuos originales regresaron para las evaluaciones a los 20 años de seguimiento (T3; 20.0 ±1.3 años). Los cuatro individuos restantes no estaban disponibles para las evaluaciones en T3; dos tenían condiciones ortopédicas que impedían el entrenamiento regular (artritis severa de cadera; dolor en la espalda baja), uno tuvo la enfermedad de Alzheimer, y uno no pudo ser ubicado.

En T3, el rango de edad de los individuos fue desde 60 a 92 años (70.4±8.8 años; 20 blancos; 1 negro; 15 corredores; 16 caminantes). Los resultados de los cuestionarios de actividad y entrevistas personales sobre la intensidad de entrenamiento y nivel de competición de los individuos en T3 fueron utilizados para determinar la asignación de los sujetos en los grupos de alta (H; n=9); moderada (M: n=10); y baja intensidad (L; n=2). El grupo H incluyo sujetos cuya intensidad usual de entrenamiento era de ~60-85% FC máx. de reserva. Además realizaban una sesión de entrenamiento intervalado o de entrenamiento en el umbral aeróbico (≥85 % de la FC máx. de reserva) ≥ 1 veces por semana, y continuaban su participación en la competición de alto nivel. Además mantenían su estado atlético de elite ubicándose primeros, segundos, terceros en su grupo de edad en campeonatos nacionales o internacionales en el año previo. El grupo M incluyo sujetos cuya intensidad usual de entrenamiento era de ~60-80%FC máx. de reserva. Estos sujetos solo competían ocasionalmente. El grupo L cambio su modo de actividad de correr a caminar. Su intensidad usual de entrenamiento era ≤70% de la FC máx. de reserva, y no competían. Los dos individuos en el grupo L redujeron sus niveles de actividad entre T2 y T3 debido a limitaciones físicas (reemplazo total de la cadera; meniscectomía de la rodilla y cirugía de próstata).

Ningún sujeto utilizó medicación en T1 o T2. En T3, uno de los individuos (grupo L, edad 75 años) tomaba medicación para el tratamiento de la hipertensión [una combinación de lisinopril-hidroclorotiazida (25 mg) cuatro veces por día], y otro (grupo M, edad 65 años) utilizaba flecainida acetato (125 mg dos veces por día) para el control de una fibrilación arterial paroxismal.

El presente protocolo (T3) fue aprobado por el Consejo de Revisión Institucional del University of Florida College of Medicine (Gainesville). Todos los individuos proporcionaron un informe de consentimiento.

Los sujetos fueron instruidos para no tomar parte en entrenamientos físicos vigorosos, para abstenerse de beber alcohol por un mínimo de 24 hs antes de la evaluación, y para reportarse al laboratorio alrededor de las 8:00 am, luego de un ayuno de al menos 12 hs. Los sujetos fueron sometidos a una examinación cardiopulmonar por parte de un médico antes de la evaluación. Luego de 15 minutos de reposo sentado, se determinó la presión sanguínea por medio de auscultación y la FC de reposo se midió durante 30 segundos.

Composición Corporal

La composición corporal fue determinada por medio de la altura, el peso, circunferencias, y mediciones de pliegues cutáneos. Los procedimientos antropométricos siguieron las recomendaciones de Pollock y Wilmore (26). Las mediciones de pliegues cutáneos se obtuvieron de siete sitios (pecho, axila, tríceps, subescapular, abdominal, suprailíaco, y muslo anterior). Las circunferencias se midieron en el pecho, cintura, glúteos (cadera), muslo, bíceps, y muñeca. La expansión del pecho fue determinada por medio del calculo de la diferencia entre la expiración total y la inspiración total. Las mediciones de altura y circunferencias fueron tomadas con una apreciación de 0.1 cm., el peso corporal total con una apreciación de 100 g, y los pliegues cutáneos con una apreciación de 0.5 mm. Las variables antropométricas fueron tomadas por el mismo investigador en T1, T2 y T3. El calculo de la densidad corporal, porcentaje de grasa y FFW ha sido descrito previamente (23).

En T3, el porcentaje de grasa a partir de los pliegues cutáneos fue comparado con el porcentaje de grasa obtenido por medio de pesaje subacuático (UWW) y por medio de absorciometría dual por energía de rayos X (DXA). El procedimiento de UWW fue descrito previamente (23). Aunque solo los datos de la grasa a partir de pliegues cutáneos fueron recolectados de todos los sujetos en T1, el UWW se determino en T2 y T3 y el DXA en T3.Los valores medios fueron 14.8 vs 13.2% de grasa para las técnicas de pliegues cutáneos y UWW, respectivamente en T2 (23). En T3, los valores medios fueron 17.1, 18.4 y 16.8% de grasa para los métodos de pliegues cutáneos, UWW, y DXA respectivamente. Así, en nuestra opinión, la utilización de la técnica de pliegues cutáneos, parece ser valida para el uso en esta investigación.

La densidad mineral ósea (BMD) fue valorada no invasivamente con DXA (DPX-L, Lunar Radiation, Madison, WI) solo en T3. Esta información fue utilizada en análisis transversales para comparar la BMD con la edad, años y tipo de entrenamiento, incluyendo actividades de entrenamiento de la fuerza (con pesas). La muestra para este análisis incluyó dos corredores adicionales de maratón (edades 92 y 94 años) que han ganado medallas en una reciente competición de maratón nacional. Se realizaron tres escanéos (exploraciones): cuerpo total anteroposterior, espina lateral (L2 y L3), y cadera supina, proveyendo información sobre el trocánter derecho. El mismo técnico radiólogo realizo y analizo los tres escanéos.

Función Pulmonar

Las mediciones de la función pulmonar fueron determinadas por medio de espirometría mientras los sujetos estaban sentados. Los sujetos realizaron al menos tres maniobras de volúmenes espiratorios forzados en 1 seg. (VEF1) y capacidad vital forzada (CVF). Las pruebas fueron repetidas hasta que dos pruebas estuvieran en coincidieran estrechamente (≤5%). Los valores reportados para la VEF1 y la CVF fueron seleccionados con el método de “mejor prueba” (una sola prueba que da la mayor suma de VEF1 más CVF) (1).

Capacidad Aeróbica

Los sujetos realizaron ejercicio máximo en una cinta motorizada. En T1, todos los sujetos realizaron ejercicios máximos en cinta utilizando tanto un protocolo de etapas múltiples de carrera o caminata (dependiendo de la especialidad de pista del sujeto), el cual ha sido previamente descrito (25). En T2, todos los sujetos realizaron dos evaluaciones máximas de ejercicio en cinta a lo largo de un período de 2 días. Debido a la incrementada edad de los sujetos, se creyó que era necesario una evaluación diagnostica utilizando el protocolo de Bruce, para examinar a los sujetos en el día 1 para descartar manifestaciones de enfermedad cardiaca coronaria (síntomas, arritmias, o isquemia). En el día 2, se utilizo el protocolo original de carrera o caminata. Los valores medios entre las dos evaluaciones fueron similares (protocolo de carrera, 49.7 vs Bruce 48.2 $ml \bullet kg^{-1} \bullet min^{-1}$; $P \geq 0.05$), y el valor más alto alcanzado por cada sujeto fue utilizado para determinar el VO_2 máx. en T2. En T3, el protocolo de Bruce fue utilizado con las siguientes excepciones: el protocolo modificado de Naughton (etapas de 2 minutos) (26) fue utilizado en dos sujetos que tenían limitaciones ortopédicas.

En T1 y T3, el VO_2 máx. se determinó por medio del método de bolsas de Douglas. En T2, el VO_2 máx. se determino mediante un sistema automatizado que ha sido descrito previamente (23). La ventilación de expiración se midió con medidor de gas seco Parkinson-Cowan (modelo CD4), en T1 y T2; y con un espirómetro Tissot de 150 litros (Collins, Braintree, MA) en T3. La frecuencia cardiaca y las mediciones electrocardiográficas se registraron continuamente durante el ejercicio con un registrador electrocardiográfico de múltiples derivaciones, y durante 5-7 minutos de la recuperación. La presión sanguínea fue medida como se describió previamente (23). En T2 y T3, el índice de esfuerzo percibido (RPE) fue determinado al final de cada minuto y en el pico de ejercicio (4).

Evaluación de la fuerza (Solamente T3)

La fuerza lumbar se valoró mediante una evaluación isométrica de los músculos extensores lumbares en siete ángulos diferentes (0, 12, 24, 36, 48,. 60, y 72º de la flexión lumbar), con una máquina para extensiones lumbares MedX (Ocala, FL). Se realizo una repetición máxima en press de banca y prensa de piernas en una máquina Nautilus (Richmond, VA) para press de banca, y Leverage para la prensa de piernas. Los sujetos comenzaron el test levantando un peso liviano. Esto fue seguido de incrementos paulatinos de 2.3-4.5 kg, dependiendo de la dificultad del levantamiento previo. Se permitió un minuto de descanso entre las pruebas. Los sujetos continuaron incrementando el peso levantado hasta que alcanzaron la máxima cantidad de peso que pudieran levantar en una repetición. Generalmente, se usaron cuatro a cinco pruebas para alcanzar la repetición máxima (26):

Entrevistas y Cuestionarios de Actividad Física

T1, T2, y T3 incluyeron los mismos cuestionarios de actividad que proveyeron información acerca del modo de ejercicio y la cantidad y calidad del entrenamiento usado en el año anterior a la evaluación. En T2 y T3 cada sujeto tuvo una extensa entrevista con el mismo investigador. El propósito de esta entrevista fue verificar la información provista en los cuestionarios y documentar año a año (T2, años 0-10, T3 años 10-20) la naturaleza y extensión de su programa de entrenamiento y determinar su nivel de competitividad. Los sujetos tuvieron que participar en un entrenamiento de la fuerza usando tanto las extremidades superiores como las inferiores durante un mínimo de dos veces por semana por un mínimo de 2 años, antes de la evaluación para ser clasificados como levantador de pesas.

Análisis Estadísticos

Los datos longitudinales de entrenamiento para las mediciones antropométricas y metabólicas y los valores de la función pulmonar se compararon con un análisis de varianza para mediciones repetidas de 3 (tiempos) x 3 (grupos) ó 2 (tiempos) x 3 (grupos). Cuando las medias fueron significativamente diferentes, se utilizaron análisis de contrastes para determinar cual de las medias de tratamiento individual era significativamente diferente. Los datos transversales de la fuerza y de la BMD comparados por grupos de edad en T3, fueron analizados por medio de análisis de varianza de una vía. Cuando se observó un índice F significativo, se uso el análisis post hoc Scheffé para determinar cual de las medias de los tratamientos individuales era significativamente diferente. Se utilizo el t-test para muestras independientes para comparar diferencias en las variables entre los sujetos que incluyeron entrenamiento regular de la fuerza entre T2 y T3. Se utilizaron técnicas de regresión simple y múltiple para analizar las correlaciones entre las variables. La significancia estadística fue aceptada con una P□0.05.

RESULTADOS

Sujetos

En T3, el grupo H promedió una edad de 70.4±8.5 años, el grupo M 69.8±10.2 años, y el grupo L 73.5±2.1 años (P≤0.05 entre grupos). La media de años para el seguimiento fue también no significativa entre los grupos (P≤0.05); grupo H 19.3±1.7 años; grupo M, 20.4±0.7 años; y grupo L, 20.9±0 años. Aunque las millas entrenadas por semana fueron generalmente las mismas desde T1 a T2 en los grupos H y M, hubo una reducción significativa en el millaje por semana desde T2 a T3. El total de millas entrenadas entre los grupos H y M en T3 no fueron significativamente diferentes. La principal diferencia en el entrenamiento para los grupos H y M fue su significativa reducción en el millaje desde T2 a T3 (Tabla 1).

n	Todos los Sujetos			Grupo Alta Intensidad			Grupo Moderada Intensidad			Grupo Baja Intensidad		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	21	21	21	9	9	9	10	10	10	2	2	2
Edad (años)	50.5 ±8.5	60.2 * ±8.8	70.4‡ ±8.8	51.2 ±7.6	60.4 * ±8.5	70.4‡ ±8.5	49.5 ±10.3	59.5 * ±10.3	69.8 ‡ ±10.2	52.5 ±2.1	62.5 * ±2.1	73.5 ‡ ±2.1
Seguimiento (años)		9.8 ±1.4	20.0 † ±1.3		9.2 ±1.9	19.3 † ±1.7		10.1 ±0.7	20.4† ±0.7		10.6 ±0.1	20.9† ±0
Millaje (millas/sem.)	32.8 ±23.8	27.1 ±15.2	18.2 * ±11.7	38.3 ±24.3	34.4 ±18.9	21.9 ‡ ±15.2	30.6 ±25.5	23.5 ±8.5	17.0 * ±7.6	18.8 ±5.3	12.0 ±4.2	7.5 ±0.7
Marcha (min/millas)	7.9 ±1.3	8.6 ±1.6	10.4 £ ±3.2	7.9 ±1.4	8.3 ±1.5	9.5‡ ±1.3	7.9 ±1.4	8.7 ±1.8	10.0‡ ±3.4	7.4 ±0.1	8.8 ±0.4	16.3‡ ±1.8
FC reposo (lat/min)	49 ±8	48 ± 8	52† ± 8	46 ± 7	47 ± 9	50 ± 10	52 ± 8	49 ± 7	54 ± 5	50 ± 3	48 ± 11	56 ± 8
FC máx. (lat/min)	174 ±10	167 * ±10	161 * ±9	173 ±13	165 * ±10	160‡ ±9	177 ± 8	171 * ±9	162 ‡ ±9	166 ±6	159 ±8	163 ±3
VO_2 máx. (l/min)	3.792 ±0.615	3.465 ±0.545	2.863 £ ±0.715	3.643 ±0.470	3.390 * ±0.440	2.849‡ ±0.526	3.930 ±0.750	3.593 * ±0.663	3.009‡ ±0.875	3.770 ±0.580	3.165 * ±0.199	2.197‡ ±0.008
(ml·kg^{-1}·min^{-1})	54.3 ±8.0	50.1* ±7.0	40.5 ‡ ±8.7	55.4 ±8.7	52.1* ±6.8	43.2‡ ±6.3	54.2 ±7.7	50.0* ±6.9	48.8‡ ±9.5	50.0 ±8.7	42.3* ±1.3	27.0‡ ±0.1
(ml·kgFFW^{-1}·min^{-1})	61.7 ±7.5	58.7 ±6.8	48.7 £ ±9.8	61.6 ±9.0	59.7 ±7.3	51.1‡ ±8.5	62.3 ±6.4	59.2* ±6.4	49.3‡ ±10.0	59.0 ±9.6	51.4* ±1.7	34.5‡ ±0.2
Pulso de O_2 (ml/lat)	21.9 ±3.7	20.8 ±3.3	17.8 £ ±3.0	21.2 ±3.0	20.5 ±2.3	17.8 ‡ ±3.2	22.3 ±4.6	21.1 ±4.4	18.6‡ ±5.9	22.7 ±2.7	20.0 ±0.3	13.5 ‡ ±0.3
VE máx. (l/min BTPS)	144.0 ±23.4	151.4 ±20.0	117.4 ‡ ±24.7	143.6 ±19.4	148.6 ±18.3	117.5 ‡ ±14.7	145.5 ±29.8	154.6 ±23.9	122.3‡ ±31.1	142.0 ±15.6	147.9 ±2.7	92.2 ‡ ±14.4
RER	1.11 ±0.07	1.11 ±0.05	1.13 ±0.07	1.10 ±0.08	1.11 ±0.06	1.12 ±0.05	1.11 ±0.07	1.09 ±0.05	1.14 ±0.08	1.14 ±0.01	1.14 ±0.02	1.15 ±0.06
Esfuerzo Percibido		19.1 ±0.8	19.2 ±0.8		19.3 ±0.7	19.1 ±0.3		19.0 ±0.9	19.2 ±1.0		18.5 ±0.7	19.5 ±0.7

Tabla 1. *Datos de entrenamiento y mediciones metabólicas. Los valores son presentados como medias±DS; n, nro. de sujetos excepto n=20 para todos los sujetos y 8 para la evaluación inicial (T1) del índice de intercambio respiratorio (RER) del grupo H y n=20 para todos los sujetos y 9 para la frecuencia cardiaca de reposo (FC reposo) y ventilación máxima (VE máx.) del grupo intensidad moderada en T1. T2, 10 años de seguimiento; T3, 20 años de seguimiento, FC máx., frecuencia cardiaca máxima; VO_2 consumo máximo de oxígeno; FFW, peso libre de grasa. Diferencia significativa (P≤0.05): * a partir de T1; †T2 vs. T3; ‡T1 vs. T3 y T2 vs. T3. □ Interacción grupo por tiempo.*

Capacidad Aeróbica Máxima y Variables Relacionadas

La Tabla 1 muestra los datos de los grupos para el VO_2 máx. expresado en litros por minuto y mililitros por kilogramo de peso corporal o FFW por minuto. Los resultados mostraron que el VO_2 máx. disminuyó significativamente en todos los grupos en cada período de la evaluación, pero fue mas pronunciado desde T2 a T3. Fue lo mismo si los datos estuvieron expresados en términos de litros por minuto o mililitros por kilogramo de peso corporal o FFW por minuto, excepto para el grupo H desde T1 a T2, con el VO_2 máx. expresado en mililitros por kilogramo de FFW por minuto. La Figura 1 muestra gráficamente el VO_2 máx. (en ml•kg^{-1}•min^{-1}) para los grupos H, M, y L comparado con una curva estimada de envejecimiento para atletas y personas sedentarias (19). La Figura 1 muestra claramente que el grupo L disminuyó su VO_2 máx. a una mayor tasa desde T2 a T3 que los grupos H y M.

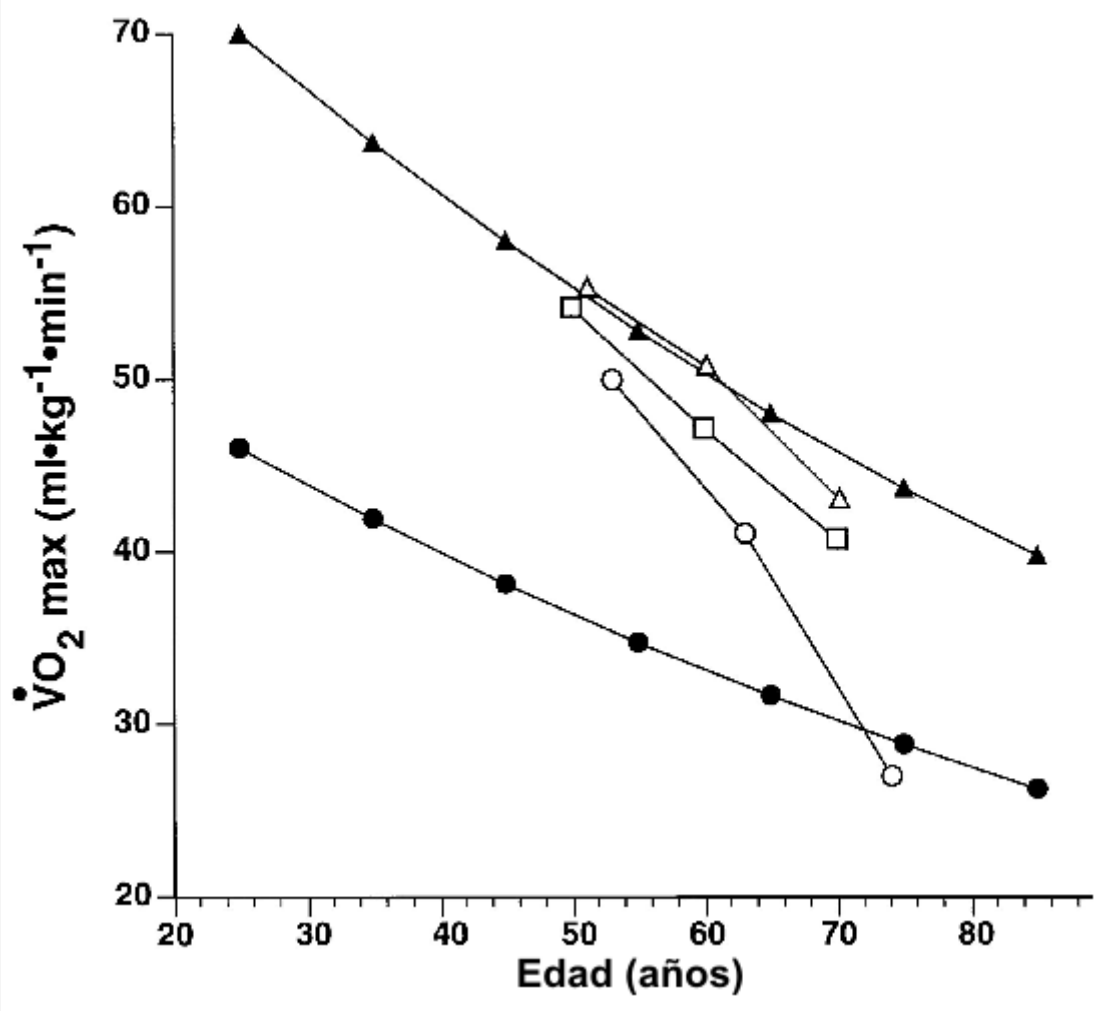


Figura 1. *Consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx.) de atletas de resistencia ancianos que continuaron entrenando a alta (Δ), moderada (□), o baja (○) intensidad luego de 10 y 20 años de seguimiento (estudio actual). Curvas para atletas (▲), y personas desentrenadas saludables (●) en un estudio transversal normalizado de Heath y cols. (9).*

En contraste a los datos de VO_2 máx., el pulso de O_2 y la VE máx. se mantuvieron desde T1 a T2 y entonces disminuyeron significativamente desde T2 a T3 en todos los grupos. La FC máx. mostró una reducción consistente ($P \leq 0.05$) desde T1 a T2 y desde T2 a T3, tanto para el grupo H como para el grupo M, pero se mantuvo en el grupo L. La FC de reposo se incremento, pero permaneció baja y generalmente constante en todos los grupos a lo largo de los 20 años de seguimiento (Tabla 1). Dos marcadores del esfuerzo relativo en la evaluación en cinta, el índice de intercambio respiratorio y la escala de esfuerzo percibido, se muestran en la Tabla 1. El índice de intercambio respiratorio desde T1 a T2 y desde T2 a T3 y la RPE desde T2 a T3 no cambiaron significativamente a lo largo del tiempo en todos los grupos. Estos datos estuvieron claramente en el rango que es reflejo del máximo esfuerzo.

Factores Asociados con el Cambio en la Potencia Aeróbica

Para formarse una idea acerca de los factores potenciales del cambio en el VO_2 máx. (ΔVO_2 máx.), la Tabla 2 presenta datos sobre la edad y diferencias longitudinales (T1 a T2 y T2 a T3) de variables seleccionadas y su relación con el ΔVO_2 máx., descritos mediante una regresión lineal simple. Para valorar más ampliamente estas relaciones, se realizaron análisis de regresión múltiple, con todas las variables ingresadas en la ecuación de regresión en un bloque único. En la valoración del ΔVO_2 máx.), desde T1 a T2, la combinación del Δ% de grasa, ΔVE máx., y el Δ del pulso de O_2 incrementaron la correlación con el ΔVO_2 máx.), a r=0.93 (r2=0.86; $P \leq 0.05$). En la valoración del ΔVO_2 máx. desde T2 a T3, la combinación de la edad, Δ de marcha, ΔVE máx., y el Δ del pulso de O_2 incrementaron la correlación con el ΔVO_2 máx.), a r=0.87 (r2=0.75; $P \leq 0.05$).

	Edad (años)	Δ VO_2 max ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	Δ% de Grasa. (Pliegues Cutáneos)	Δ PLG, (kg)	ΔMillaje (millas/sem.)	Δmarcha (min/milla)	ΔVE máx. (L/min.B TPS)	ΔFC máx. (lat/min)	ΔPulso de O_2 (ml/lat.)
	ΔT1 a T2								
Media±DS *R*	60.2 ± 8.8 0.07	-4.2 ±4.5 1.0	2.5 ± 1.6 0.52*	-2.4 ± 1.2 0.16	-5.7 ±0.4 0.02	0.68 ± 0.93 0.32	8.4 ± 14.4 0.50*	-7 ± 6 0.15	-1.1 ± 1.6 0.88*
Media±DS *r*	70.4 ± 8.8 0.45 *	-9.6 ±4.6 1.0	2.4 ± 2.2 0.29	-0.5 ± 1.9 0.01	-8.9 ± 10.0 0.08	1.82 ± 2.30 0.56*	-34.0 ± 14.9 0.56*	-6 ± 7 0.08	-3.2 ± 2.3 0.85*

Tabla 2. *Cambios longitudinales en variables seleccionadas entre todos los sujetos y modelos de regresión lineal simple de correlación con el Δ VO_2 máx. n = 21 sujetos excepto n = 20 sujetos para el cambio longitudinal (Δ) de la ΔVE máx. desde T1 a T2. Edades para los sujetos en T2 y T3.* P≤0.05.*

Composición Corporal y Datos Antropométricos Seleccionados.

Los datos de la composición corporal y otras mediciones antropométricas seleccionados son mostrados en la Tabla 3. La altura de pie se mantuvo desde T1 a T2 para todos los grupos y disminuyó ligeramente desde T2 a T3 en los grupos H y M. El peso corporal toral se mantuvo constante a lo largo del período de 20 años de evaluaciones para los grupos H y M pero se incrementó significativamente desde T2 a T3 en el grupo L. Aunque los grupos H y M se mantuvieron magros a lo largo del período de 20 años de seguimiento, disminuyeron significativamente su FFW desde T1 a T2 y desde T2 a T3, e incrementaron su grasa corporal a lo largo de los mismos períodos de tiempo. El FFW del grupo L disminuyó inicialmente desde T1 a T2, pero se incremento a sus valores de T1 en T3. El mantenimiento aparente del FFW es engañoso, dado que el grupo L incremento su peso corporal en 6.3 kg y su grasa corporal en 3.7% desde T2 a T3.

n	Todos los sujetos			Grupo Alta Intensidad			Grupo Moderada Intensidad			Grupo Baja Intensidad		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	21	21	21	9	9	9	10	10	10	2	2	2
Altura (cm)	177.4 ±5.9	176.6* ±6.2	175.8‡ ±6.5	175.6 ±5.6	175.5 ±6.0	174.5‡ ±6.6	179.6 ±6.2	178.2* ±6.9	177.6* ±7.0	174.3 ±2.2	173.4 ±1.6	173.1 ±0.5
Peso (kg)	70.1 ±7.8	69.4 ±8.2	70.8‡ ±8.8	66.3 ±5.7	65.3 ±5.9	65.8 ±5.2	72.3 ±8.9	71.9 ±9.3	73.1 ±9.6	75.9 ±1.7	75.2 ±3.0	81.5‡ ±0.1
FFW (kg)	61.4 ±6.2	59.1 ±6.2	58.6£ ±6.5	59.5 ±5.1	57.0* ±5.0	55.7‡ ±4.7	62.7 ±7.5	60.4* ±7.4	60.0* ±7.6	63.9 ±0.6	61.6* ±1.9	63.7† ±0.6
∑7 pliegues (mm)	66.9 ±25.8	75.2* ±25.6	82.6‡ ±26.3	53.7 ±12.7	61.8 ±15.8	70.6* ±19.9	74.5 ±31.4	83.3 ±29.8	87.7* ±28.4	88.0 ±5.7	95.0 ±7.1	111.5* ±6.4
%grasa (pliegues)	12.2 ±4.2	14.6* ±4.2	17.1‡ ±4.2	10.2 ±2.1	12.7* ±2.6	15.3‡ ±2.9	13.2 ±5.3	15.8* ±5.0	17.7‡ ±4.8	15.7 ±1.1	18.1 ±0.8	21.8‡ ±0.6
Circunf. Cintura (cm)	80.0 ±6.0	82.4* ±6.5	85.4‡ 7.3	76.3 ±3.9	79.3* ±5.0	81.2* ±5.5	83.1 ±6.5	84.3* ±7.4	87.4‡ ±7.1	82.7 ±0.7	86.6 ±0.2	94.6‡ ±3.3
Circunf. Cadera (cm)	93.6 ±3.9	92.1* ±4.0	92.9† ±3.8	91.7 ±3.5	90.5 ±3.6	90.9 ±2.2	94.6 ±3.7	92.9 ±4.0	93.6 ±3.8	97.8 ±2.2	95.8 ±1.4	98.6† ±2.8
Circunf. Muslo (cm)	54.1 ±3.8	54.3 ±3.1	53.5 ±3.3	54.1 ±3.8	54.5 ±2.4	52.3 ±2.3	55.0 ±4.6	54.4 ±3.6	53.8 ±3.6	57.5 ±1.8	54.9 ±1.8	57.8 ±0.8
Circunf. Bíceps (cm)	30.5 ±2.2	30.5 ±2.3	30.7 ±2.4	29.2 ±1.7	29.3 ±1.5	29.2 ±1.5	31.2 ±1.9	31.0 ±2.4	31.3 ±2.2	33.9 ±0.2	33.2 ±1.0	34.8 ±0.8
Circunf. Pecho en expansión (cm)	7.3 ±1.8	7.8 ±1.4	7.1† ±1.8	7.0 ±1.5	7.8 ±1.2	6.7† ±1.5	7.2 ±1.7	7.5 ±1.3	7.2 ±1.9	9.1 ±3.8	9.7 ±1.3	7.9 ±3.1

Tabla 3. *Mediciones antropométricas. Los valores son presentados como medias±DS; n, nro. de sujetos excepto n = 20 para todos los sujetos y 9 para el perímetro de la cintura y perímetro de la cadera del grupo intensidad moderada en T1, n=19 para todos los sujetos y 8 para la perímetro del muslo y perímetro del bíceps del grupo de intensidad moderada en T1, y n = 18 para todos los sujetos y 8 para el perímetro del pecho en expansión para cada grupo alta intensidad y moderada intensidad en T1. Diferencia significativa (P≤0.05): * a partir de T1; † T2 vs. T3; ‡ T1 vs. T3 y T2 vs. T3. □ Interacción grupo por tiempo.*

La circunferencia de la cintura siguió el mismo patrón de incremento que aquel hallado en los valores de grasa corporal y fue particularmente evidente desde T2 a T3 en el grupo L. En contraste, las circunferencias de la cadera, muslo, y bíceps se mantuvieron generalmente en todos los grupos, excepto por un incremento en el ancho de la cadera desde T2 a T3 en el grupo L. La expansión del pecho se mantuvo generalmente en todos los grupos a lo largo de los 20 años de seguimiento excepto por una disminución significativa desde T2 a T3 en el grupo H. Debido a que no hubo diferencias significativas en

la expansión del pecho desde T1 a T3 en el grupo H, la disminución anteriormente mencionada desde T2 a T3 fue probablemente más un reflejo del pequeño incremento hallado entre T1 y T2.

Función Pulmonar

Los resultados de la espirometría (VFE1, CVF, el índice VFE1 a CVF) están disponibles para 20 de 21 sujetos en T1, T2 y T3. Los valores medios permanecieron similares parra todos los sujetos y todos los grupos desde T1 a T2 (Tabla 4). En T3, se observó una declinación significativa en el VEF1 y CVF. La mayor declinación en la CVF en comparación con el VFE1 resultó en un incremento significativo en el índice VFE1/CVF en T3 en comparación con T2.

n	Todos los Sujetos			Grupo Alta Intensidad			Grupo Moderada Intensidad			Grupo Intensidad Baja		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	20	20	20	9	9	9	10	10	10	1	1	1
VEF_1 (litros)	3.906 ±0.559	3.840 ±0.619	3.392‡ ±0.467	3.742 ±0.467	3.656 ±0.499	3.282‡ ±0.498	4.013 ±0.640	3.971 ±0.721	3.469‡ ±0.764	4.313 ±0	4.190 ±0	3.620* ±0
CVF (litros)	5.187 ±0.848	5.248 ±0.742	4.376‡ ±0.692	4.980 ±0.459	5.009 ±0.579	4.211‡ ±0.591	5.445 ±1.080	5.447 ±0.872	4.527‡ ±0.806	5.289 ±0	5.420 ±0	4.340‡ ±0
VEF_1/CVF (%)	76 ±6	73 ±7	78† ±6	77 ±6	73 ±7	78† ±6	74 ±5	73 ±7	76† ±7	82 ±0	77 ±0	83 ±0
VR (litros)		2.514 ±0.426	2.530 ±0.469		2.365 ±0.384	2.463 ±0.403		2.507 ±0.347	2.416 ±0.326		3.217 ±0.428	3.403 ±0.675
CPT (litros)		7.712 ±0.974	6.838† ±0.885		7.374 ±0.778	6.674† ±0.750		7.954 ±1.115	6.943† ±1.047		8.335 ±0	7.265† ±0
VR/CPT (%)		32 ±3	36† ±4		32 ±4	37† ±3		32 ±3	35† ±3		35 ±0	40 ±0

Tabla 4. *Cambios en la función pulmonar. Los valores son presentados como medias±DS; n, nro. de sujetos excepto n = 21 para todos los sujeto y 2 para el volumen residual (VR) del grupo intensidad baja. VEF1 volumen espiratorio forzado en 1 seg.; CVF, capacidad vital forzada; CPT, capacidad pulmonar total. Diferencia significativa (P≤0.05): * de T1, † T2 vs. T3, ‡ T1 vs. T3 y T2 vs. T3.*

El volumen residual (VR), la capacidad pulmonar total (CPT), y el índice VR/CPT se determinó en todos los sujetos en T2 y T3. En T3, el VR permaneció similar a los valores en T2, mientras que la CPT declinó significativamente. La declinación en la CPT resultó en un incremento significativo del índice VR a CPT.

Datos transversales sobre la Fuerza y la BMD en T3

Los datos de la fuerza y la BMD por edad son presentados en la Tabla 5. Los resultados muestran que la fuerza en las piernas fue bien mantenida hasta los 79-89 años y reducida significativamente a la edad de +90 años. En contraste, el torque pico de extensión lumbar fue significativamente menor a los +79 años. Hubo una tendencia general de declinación en la fuerza en el press de banca con cada década de edad y particularmente luego de los 79 años, pero solo fue significativa a los +90 años. Todas las mediciones de la BMD generalmente se mantuvieron para todos los grupos de edad 60-90+ años excepto para el valor de la BMD corporal total para 60-69 vs 90+ años.

	Grupo total	*n*	60-69 años	*n*	70-78 años	*n*	79-89 años	*n*	+90 años	*n*
RM en Prensa de Piernas (kg)	120.7 ± 32.9	21	134.4 ± 29.3	9	126.4 ± 9.7	5	126.7 ± 21.9	4	62.1 ± 17.2†	3
RM en Press de Banca (kg)	54.9 ± 17.1	22	65.4 ± 13.5	9	57.6 ± 14.3	6	44.9 ± 12.4	4	31.0 ± 5.7*	3
Torque pico lumbar (N·m)	292.2 ± 58.0	22	326.4 ± 50.0‡	10	297.8 ± 50.0	5	234 ± 28.1	4	245.4 ± 45.4	3
Densidad Mineral Osea (g/cm^2)										
L2	1.126 ± 0.119	23	1.163 ± 0.134	10	1.082 ± 0.131	6	1.098 ± 0.066	4	1.128 ± 0.115	3
L3	1.181 ± 0.125	23	1.177 ± 0.132	10	1.186 ± 0.147	6	1.190 ± 0.120	4	1.174 ± 0.126	3
L1-4	1.148 ± 0.112	23	1.157 ± 0.1320	10	1.124 ± 0.127	6	1.154 ± 0.085	4	1.157 ± 0.075	3
Cuerpo Total	1.185 ± 0.050	23	1.203 ± 0.057	10	1.185 ± 0.022	6	1.182 ± 0.046	4	1.129 ± 0.041*	3
Trocánter	0.859 ± 0.103	23	0.888 ± 0.117	10	0.839 ± 0.105	6	0.834 ± 0.051	4	0.837 ± 0.133	3

Tabla 5. *Datos transversales de la fuerza y la densidad mineral ósea por edad en T3. Los valores son presentados como medias±DS; n, nro. de sujetos, 1RM, 1 repetición máxima. De 23 sujetos evaluados para la densidad mineral ósea, dos sujetos de más de 90 años*

*fueron evaluados solamente en T3. Diferencias significativas (P≤0.05): * 90+ años vs.. 60-69 años, † 90+ años vs.. 69-69 años, 70-78, y 79-89 años; ‡60-69 años vs. 79-89 y 90+ años*

Entrenamiento de la Fuerza

Todos los sujetos que reportaron participar regularmente en entrenamiento de pesas entre T2 y T3 (n=16) fueron comparados en T3 con aquellos que no lo hicieron (n=5). Los datos de la tabla 6 representan los cambios en los valores desde T2 a T3 en variables seleccionadas. No hubo diferencias significativas entre los grupos en ninguna de las variables seleccionadas.

	n	Edad (años)	Δ Peso (kg)	ΔPLG (kg)	Δ% de grasa (pliegues)	Δcircunferencia expansión del pecho (cm)	Δcircunferencia del Bíceps (cm)	Δcircunferencia del muslo (cm)	VO_{2max} ml·kg^{-1}·min^{-1}
Fuerza y Aeróbico	16	70.3 ± 9.6	0.6 ± 3.9	-0.4 ± 2.1	2.3 ± 2.3	-0.6 ± 1.2	0.4 ± 1.1	-0.06 ± 3.0	-9.9 ± 5.1
Aeróbico	5	71.0 ± 6.4	0.9 ± 3.1	-1.0 ± 1.0	2.9 ± 2.0	-1.3 ± 0.8	-0.2 ±0.9	-1.4 ± 1.6	-8.9 ± 2.9

Tabla 6. *Comparación de los sujetos que reportaron realizar entrenamiento regular de la fuerza en T3 con cambios longitudinales desde T2 a T3. Los valores son presentados como medias ± DS; n, nro. de sujetos. No se hallaron diferencias significativas entre los grupos*

DISCUSION

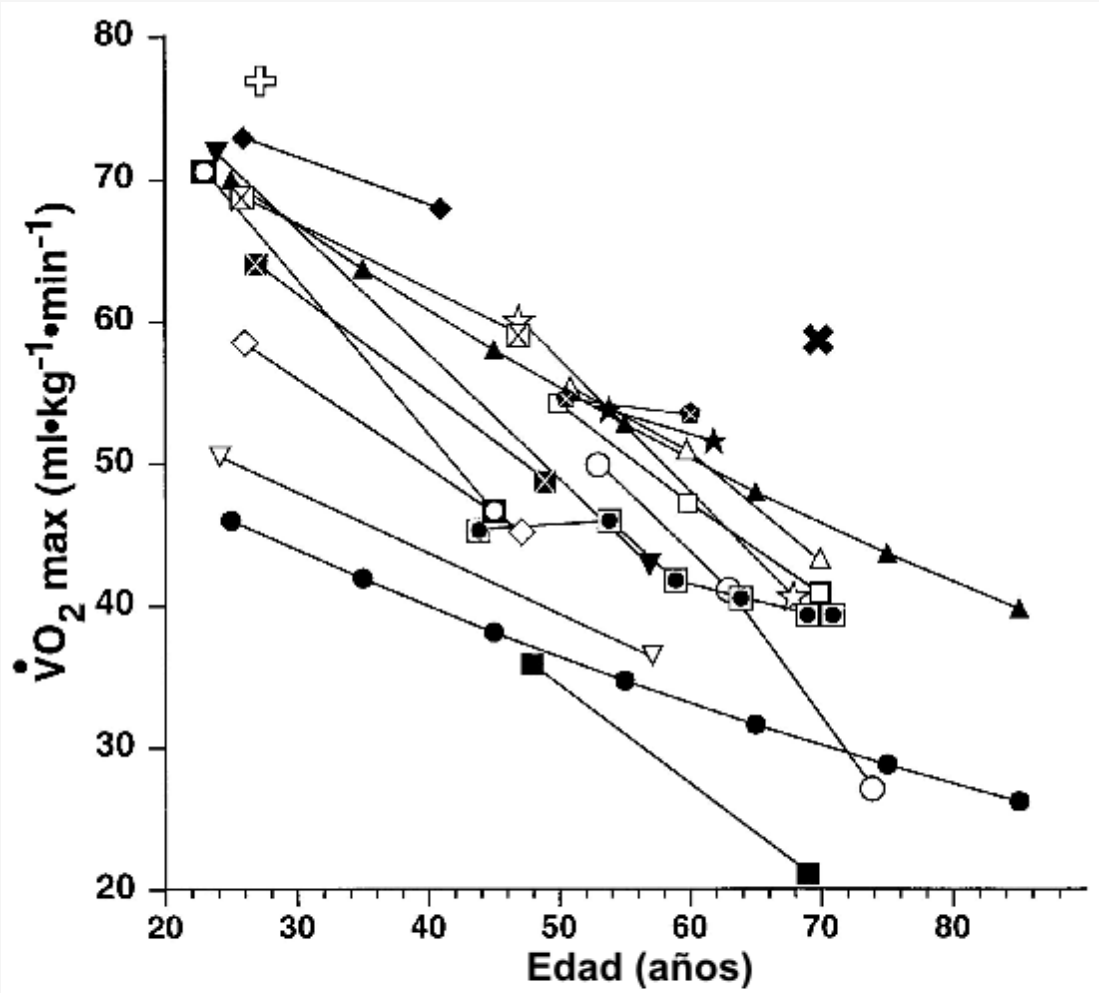
Capacidad Aeróbica

Estudios previos (2, 5, 9, 28, 29, 33) han encontrado un 5-15% de reducción/década en el VO_2 máx. en hombres de 20-75 años de edad. Algunos investigadores han sugerido que los atletas de resistencia altamente entrenados y participantes con aptitud física promedio pueden tener menos de un 5% de declinación/década en el VO_2 máx. si continúan con el entrenamiento de alto nivel. En contraste, los atletas de resistencia altamente entrenados quienes se volvieron sedentarios tienen una reducción mayor que la reducción promedio en el VO_2 máx. con la edad (5, 28, 33). Parte de la disparidad en los reportes del cambio y/o en la declinación del VO_2 máx. con la edad esta relacionada a si los datos fueron reportados desde estudios transversales o longitudinales. Dehn y Bruce (5) manifestaron que la información reportada a partir de estudios longitudinales es mas precisa. Los estudios transversales pueden representar una muestra parcial, generalmente incluyendo personas mas aptas que quieren ser voluntarios y proveer un esfuerzo máximo durante la evaluación (5).

El estilo de vida o el cambio en los hábitos de actividad pueden afectar significativamente la tasa de declinación del VO_2 máx. con la edad (10, 11, 23). Jackson y cols (10), en un análisis transversal de 1499 hombres saludables de 25-70 años de edad, hallaron que el VO_2 máx. era menor en los grupos de más edad y que la edad explicaba el 50% de la variación asociada con los índices de actividad física reportados por la persona y los valores de porcentaje de grasa. Esto fue confirmado en un seguimiento de 4.1 años de una submuestra de 156 hombres. Aun así, la falta de información reportada concerniente al estado de actividad de varios estudios frecuentemente hacen difícil la interpretación de los datos longitudinales.

Los datos presentes de nuestro seguimiento de 20 años muestran declinaciones promedio desde T1 a T2 y desde T2 a T3, de 8 y 15% respectivamente, en el grupo H, de 13 y 14% respectivamente, en el grupo M, y de 18 y 34%, respectivamente, en el grupo L (Figura 1). Esto puede parecer contradictorio a los resultados de 10 años de seguimiento de Pollock y cols. (23) en el cual, el VO_2 máx. del grupo H no cambió. La intensidad y volumen de entrenamiento del primer grupo H no cambiaron desde T1 a T2. El grupo H en T3 tuvo individuos diferentes quienes habían reducido significativamente su intensidad de entrenamiento y millaje. Heath y cols. (9) promediaron los valores de VO_2 máx. de nueve estudios diferentes que incluían 563 hombres sedentarios saludables y hallaron una declinación en el VO_2 máx. de 9%/década. En base a las suposiciones de Heath y cols., fueron desarrolladas y trazadas en las Figuras 1 y 2 curvas de envejecimiento para hombres activos y sedentarios. Es obvio a partir de la Figura 1, que nuestros grupos H y M siguieron un patrón similar de declinación en el VO_2 máx. a lo largo del período de seguimiento de 20 años y tienen una tasa ligeramente mayor de

declinación que la curva de personas activas, particularmente desde T2 a T3 en el grupo H. Aun así, los grupos H y M fueron categorizados por encima del percentil 95 en los valores normalizados en comparación con su grupo etario. [Las normalizaciones se basaron en datos del Estudio Longitudinal del Cooper Aerobic Center (CACLS) y publicados por Pollock y Willmore (26). Normalizaciones adicionales fueron provistas por el Dr. Stephen Blair y Mark Harris del CACLS para personas por encima de los 80 años de edad (comunicación personal)]. Además, el grupo H fue capaz de mantener el estatus de elite en competiciones nacionales e internacionales en eventos de resistencia aeróbica. Es claro que la tasa acelerada de declinación en el VO_2 máx. desde T2 a T3 (34%) en el grupo L, fue causada por una reducción dramática en el volumen de ejercicio y la intensidad de entrenamiento.



- ◇ Astrand y cols., 1973, Atletas Desentrenados (n = 31)
- □ Trappe y cols., 1996, Altamente Entrenados Desentrenados (n = 15)
- ⊠ Trappe y cols., 1996, Entrenados en Fitness (n = 18)
- ⊠ Trappe y cols., 1996, Altamente Entrenados (n = 10)
- ☆ Trappe y cols., 1996, Ancianos Entrenados en Fitness (n = 10)
- ◙ Kasch y cols., 1995, Entrenados en Fitness (n = 12)
- ■ Kasch y cols., 1995, Desentrenados (n = 12)
- ◆ Marti y cols., 1991, Atletas Entrenados (n = 27)
- ▲ Heath y cols., 1981, Atletas, Normalización
- ● Heath y cols., 1981, Desentrenados, Normalización
- ✖ Maud y cols., 1981, Atletas Ancianos de Elite (n = 1)
- ✚ Pollock y cols, 1977, Atletas Jóvenes de Elite (n = 20)
- ⊗ Pollock y cols., 1987, Altamente Entrenados (n = 11)
- ▼ Robinson y cols, 1976. Atletas Desentrenados (n = 13)
- ▽ Robinson y cols., 1976, Desentrenados (n = 9)
- ★ Rogers y cols., 1996, Altamente Entrenados (n = 15)
- ○ Pollock y cols., actual, Intensidad Baja (n = 2)
- □ Pollock y cols., actual, Intensidad Moderada (n = 10)
- △ Pollock y cols, actual, Intensidad Alta (n = 9)
- ✚ Cooper, 1990, Normalización

Figura 2. *VO_2 máx. en atletas de resistencia y no atletas de varias edades. Los datos son de los estudios listados*

La figura 2 resume los valores de VO_2 máx. para varios grupos de atletas de resistencia, participantes con aptitud aeróbica, no atletas, y hombres sedentarios reportados en varios estudios longitudinales (2, 9, 11, 12, 17, 23, 28, 29, 33). En la Figura 2 también están trazados datos transversales de corredores de distancia jóvenes de elite (22) y de un corredor de 70 años que mantiene el récord mundial en maratón (18). Pueden destacarse varios puntos importantes de la Figura 2: 1) La tasa de declinación en el VO_2 máx. no es la misma para cada estudio; 2) la tasa de declinación en el VO_2 máx. esta relacionada al nivel inicial del potencia aeróbica y al nivel de reducción en la actividad de los grupos activos; 3) el VO_2 máx. permanece relativamente constante a lo largo del tiempo si no cambia el estatus de entrenamiento: y. 4) en la mayoría de los estudios en los cuales los participantes activos redujeron su nivel de entrenamiento, pero aún se mantuvieron bastante activos, el VO_2 máx. declinó a una tasa de 5-10%/década.

En los estudios de 10 años de seguimiento de Pollock y cols. (23) en atletas de resistencia altamente entrenados y Kasck y Wallace (12) en participantes con aptitud aeróbica promedio, no se observaron cambios significativos en el VO_2 máx. Estos fueron los únicos estudios listados en los cuales no cambiaron el volumen y la intensidad del entrenamiento. Es bastante evidente a partir del presente estudio y de los 22 años de seguimiento de Trappe y cols. (33) en atletas de resistencia y de Kach y cols. (11) y Trappe y cols. (33) en participantes de entrenamiento aeróbico, que mantener el volumen y la intensidad de entrenamiento a lo largo de períodos de tiempo mayores de 10 años es difícil y no ha sido reportado. La dificultad para mantener un alto nivel de intensidad de entrenamiento parece ser el caso con los participantes mas jóvenes y los más ancianos. Es aparente, a partir de un estudio, que el incremento en el volumen de entrenamiento puede compensar el cambio en la intensidad de entrenamiento y menguar la declinación en el VO_2 máx. (11). Es desconocido si el mantenimiento, tanto del volumen como de la intensidad del entrenamiento, durante 15 años o mas podría permitir el mantenimiento del VO_2 máx..

Factores Asociados con el Cambio en la Potencia Aeróbica

Es importante señalar que la edad y las mediciones de la intensidad del entrenamiento (ritmo y millas por semana) no estuvieron bien correlacionados con el ΔVO_2 máx durante el primer período de 10 años. La Tabla 1 muestra que las edades medias de los grupos (60 años) fueron similares y el entrenamiento fue relativamente similar dentro de los grupos durante el primer período de 10 años. Estos datos sugieren que la disminución en el VO_2 máx., relacionada a la edad, puede ser atenuada a través de la mediana edad (i.e. a la edad de 60 años) si los sujetos mantienen niveles similares de entrenamiento (23). Sin embargo, durante el segundo período de 10 años de seguimiento, la edad y la marcha correlacionaron significativamente con la declinación en el VO_2 máx. Estos datos sugieren que la interacción crítica entre la edad, nivel de actividad física, y la función cardiopulmonar ocurre cerca de los 60-70 años de edad, resultando en un cambio no lineal en la potencia aeróbica.

Los cambios en la composición corporal parecen tener efectos importantes en la declinación del VO_2 máx. asociado con la edad. Jackson y cols. (10) reportaron que la disminución en los niveles de actividad física y los incrementos en los niveles de porcentaje de grasa explican aproximadamente el 50% de la diferencia en el VO_2 máx. asociado con la edad en hombres de entre 25-70 años de edad. Sin embargo, la edad media de los sujetos a los 4.1 años de seguimiento fue de 50 años, y por ende es difícil interpretar como estos efectos podrían diferir en participantes ancianos. Fleg y Lakatta (6) reportaron que una gran parte (al menos 50%) de la declinación en el VO_2 máx.. asociada con la edad, puede ser atribuida a la perdida en la masa muscular en hombres desentrenados. En el presente estudio, los cambios en el porcentaje de grasa tuvieron una correlación moderada con el ΔVO_2 máx. durante el primer período de 10 años, pero los cambios en las variables de la composición corporal tuvieron correlaciones mas débiles durante el segundo período de 10 años de seguimiento (Tabla 2). Estos datos sugieren que los cambios en la composición corporal pueden ser menos influyentes luego de la edad de 65-70 años que los factores cardiopulmonares asociados con el entrenamiento reducido, en la reducción del VO_2 máx. en sujetos entrenados en resistencia.

El pulso de O_2 [una estimación del volumen latido (3)] y la VE máx. estuvieron altamente correlacionadas con el ΔVO_2 máx., mientras que el ΔFC máx. no lo estuvo. La FC máx. declinó ~5-7 latidos•min^{-1}•$década^{-1}$, y estos datos proveen fuerte evidencia de que la actividad física habitual no mantiene la FC máx. con el aumento de la edad. Sin embargo, esto datos también indican que el efecto del ΔFC máx. sobre el VO_2 máx. puede ser altamente variable. El mantenimiento del pulso de O_2 en T2, seguido de una declinación significativa en T3 (Tabla 1), y la alta correlación entre el Δ de pulso de O_2 y el ΔVO_2 máx., sugiere que una intensidad moderada a alta de entrenamiento físico puede prevenir una declinación en el volumen latido máximo, al menos hasta aproximadamente los 60 años. Este efecto (y/o la habilidad muscular para extraer O_2, la cual no esta valorada en este estudio) podría entonces atenuar el efecto de la disminución en la FC máx. sobre el ΔVO_2 máx.. Similar al pulso de O_2, el VE máx. se mantuvo en T2, pero declino significativamente en T3 (Tabla 1). Estos datos y las

correlaciones moderadas observadas entre ΔVE máx. y el ΔVO_2 máx. sugieren que el entrenamiento físico de moderada a alta intensidad puede prevenir una declinación en el VE máx. relacionado con la edad al, menos hasta aproximadamente la edad de 60 años. La gran declinación en el VE máx. en T3 promedio –19 a –22% y fue similar o menor que la declinación reportada por Trappe y cols. (33) para sujetos más jóvenes altamente entrenados (-20%) y corredores ancianos entrenados (>50 años, -30%).

Hay poca información disponible concerniente al rol de la función pulmonar en los cambios en la declinación del VO_2 máx. en atletas entrenados en resistencia. Los estudios reportan que la mayoría de los cambios fisiológicos asociados con la edad en la función pulmonar de reposo pueden ser atribuidos a los mecanismos de ventilación (i.e., una disminución en la pared torácica y la complianza pulmonar y una disminución en la fuerza respiratoria muscular (19). Nosotros intentamos determinar si los cambios en la función pulmonar de reposo y una medición indirecta de la pared torácica y la complianza pulmonar (medición del perímetro de la expansión del pecho) estuvieron correlacionados con el ΔVE máx. Como se muestra en las Tablas 3 y 4, los cambios significativos en la expansión del pecho y de la función pulmonar de reposo no se observaron hasta T3. Estos datos sugieren que el entrenamiento físico de moderada a alta intensidad puede prevenir la declinación en la función pulmonar de reposo relacionada con la edad, al menos hasta aproximadamente la edad de 60 años. Estos datos coinciden con McClaran y cols. (19), quienes sugirieron que los cambios no lineales en la función pulmonar de reposo en ancianos entrenados probablemente ocurre cerca de la edad de 65-70 años. Con el uso de análisis de regresión simple, el ΔVE máx. (T2 a T3) correlaciono significativamente solo con el ΔCPT (r=0.44) y con el Δ de ritmo (r=0.50), pero no con el Δ de la expansión del pecho o con cambios en otras mediciones de la función pulmonar. Debido a que la hiperpnea es un método efectivo de entrenamiento el entrenamiento de la resistencia respiratoria muscular (15), es interesante especular que los cambios en el ritmo y su asociación con la hiperpnea y la resistencia respiratoria muscular, así como también los cambios en el volumen pulmonar, puede tener efectos importantes sobre los cambios en el VE máx. relacionados con la edad.

FC máx.

Los datos para la FC máx. muestran una declinación consistente de 5-7 latidos•min^{-1}•$década^{-1}$ a lo largo de 20 años de seguimiento (Tabla 1). Los datos longitudinales de varios estudios reportados en la Figura 3 muestran una declinación consistente de 4-7 latidos•min^{-1}•$década^{-1}$ en la FC máx., tanto para grupos activos como sedentarios cerca de la edad de 55 años, excepto para los atletas estudiados por Robinson y cols. (Ref 28; ~2 latidos•min^{-1}•$década^{-1}$). Los datos longitudinales se aproximan a los datos transversales de la normalización del CACLS hasta los 45 años, cuando las normalizaciones entonces divergen en 10-12 latidos•min^{-1}•$década^{-1}$ hasta los 75 años. Estas mayores declinaciones en la FC máx. halladas en poblaciones clínicas (16, 26) pueden resultar de una resistencia a exigir a poblaciones ancianas, quienes no están acostumbradas al ejercicio a un verdadero esfuerzo máximo.

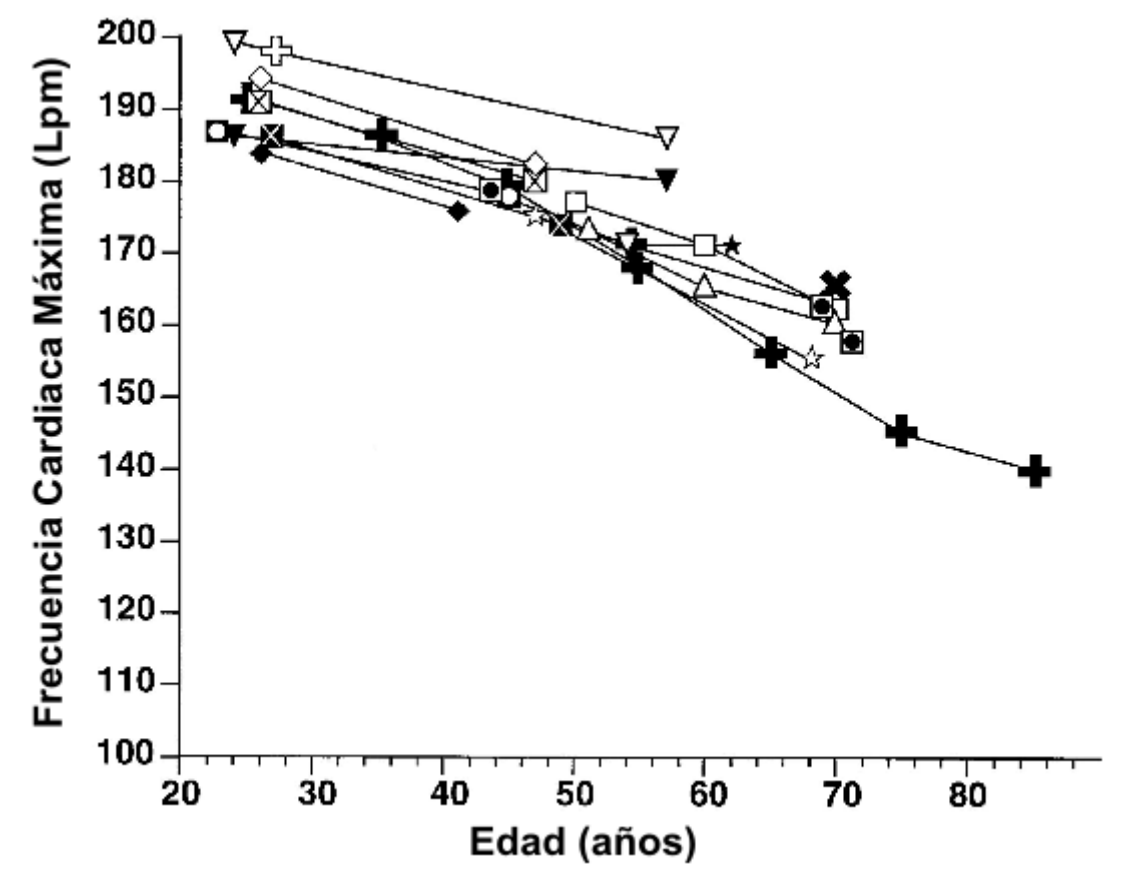


Figura 3. *Frecuencia cardiaca máxima de atletas de resistencia y no atletas de varias edades. Los datos normativos son del Estudio Longitudinal del Cooper Aerobics Center y publicados por Pollock y Willmore (26). Ver Figura 2 para identificar cada estudio. Lpm; latidos por minuto.*

Los datos longitudinales de la FC máx. para atletas y personas sedentarias de más de 55 años muestran un patrón más variado (Figura 3). Kasch y cols. (11) hallaron una declinación de 7 latidos•min^{-1}•década^{-1} en su grupo activo, y Rogers y cols. (29), en un seguimiento de 8 años, no mostraron una declinación en la FC máx., mientras que Trappe y cols (33) hallaron una disminución de 10 latidos•min^{-1}•década^{-1} en sujetos ancianos entrenados en fitness.

Variables de la Composición Corporal

En comparación con corredores jóvenes de elite (24), ha sido demostrado que el porcentaje de grasa corporal de corredores de 40-75 años es un 5-10% mayor (~5 vs 10-15%) (9, 18, 23, 25, 33). Los porcentajes de grasa de los atletas en este estudio que se comparan favorablemente con otras investigaciones (8, 26) en atletas master de resistencia, son menores, o comparables a los de hombres jóvenes promedio, y son significativamente mas bajos que hombres promedio emparejados en edad (hombres jóvenes promedio, 14-17% de grasa, 40-79 años, 20-24% de grasa). Aunque el peso corporal total se mantuvo estable en los grupos H y M, cada uno de ellos incrementó el porcentaje de grasa ~2-2.5%/década. Esto esta en contraste con el grupo L, que mostró el mismo patrón de cambio en la composición corporal desde T1 a T2 que los grupos H y M, pero incremento dramáticamente su peso corporal (6.3 kg) y el porcentaje de grasa (3.7 kg) desde T2 a T3. Estos resultados claramente muestran que la reducción significativa en la actividad física en el grupo L ayudó a explicar este cambio en la composición corporal. Estos resultados son consistentes con aquellos de Trappe y cols. (33), quienes además mostraron mayores incrementos en el porcentaje de grasa para su grupo más joven, el cual se volvió inactivo (~6.1%/década), comparado con el grupo que se mantuvo altamente activo (~2.5%) luego de 22 años de seguimiento (edad ~24.5-46.5 años). Su grupo de ancianos entrenados, que se mantuvo activo, no mostró cambios en el peso corporal, pero incremento el porcentaje de grasa ~3%/década.

En el presente grupo, 16 sujetos entrenaron regularmente con pesas y 5 no. Revisando la Tabla 6, aunque no se hallan diferencias significativas desde T2 a T3 entre los dos grupos, hubo una tendencia consistente en el grupo que entrenó en un mejor mantenimiento del FFW, la expansión del pecho, y los perímetros del bíceps y el muslo. La muestra pequeña hace

difícil la interpretación, y son necesarias más investigaciones antes de que se pueda realizar una afirmación.

BMD y Fuerza

Aunque los datos transversales y los análisis de correlación son limitantes en la determinación de efectos a largo plazo y relaciones de causa y efecto entre variables, alguno de los hallazgos pueden ser importantes. Usualmente la BMD disminuye en hombres después de los 50-60 años, pero a una tasa mucho menor que en mujeres (20). Se ha demostrado que el ejercicio usualmente produce un pequeño incremento, mantiene, o atenúa la perdida de BMD (20, 31). También, estudios transversales en atletas y no atletas o en el brazo dominante (ejercicio) con el brazo no dominante, mostraron una mayor BMD en los grupos activos o en las extremidades ejercitadas (21, 32). De este modo, a partir de la Tabla 5 parece que los sujetos evaluados en T3 mantuvieron generalmente el nivel de BMD. Posiblemente el mayor mantenimiento de la BMD en los sitios lumbares y del trocánter, comparados con los valores corporales totales, fueron resultado de la especificidad del entrenamiento (21) y de que las actividades de alto impacto tal como correr pueden tener un mayor efecto en las áreas que tienen una mayor concentración de hueso trabecular (13).

Debido a la falta de datos normativos, es difícil proveer información sobre los datos de la fuerza. Pero esta bien establecido que la fuerza declina con la edad, particularmente después de los 50 años (8, 30). En el presente estudio, parece que la fuerza en prensa de piernas fue bien mantenida hasta de la edad de 85 años y que la fuerza en press de banca y la fuerza lumbar lo hicieron hasta los 78 años. En una comparación de entrenados en fuerza y no entrenados en fuerza, los entrenados en fuerza tuvieron una BMD significativamente mayor en la región del brazo (0.931 vs 0.872 g/cm2) y la correlación entre la BMD en la región del brazo y la fuerza en press de banca fue significativa (r=0.55). De este modo a partir de este estudio es aparente que la BMD, fuerza, y FFW fueron mejor mantenidas, en comparación con normalizaciones de hombres saludables inactivos emparejados en edad (7, 30). También parece que la adición de entrenamiento de pesas al régimen de ejercicio puede ayudar en el mantenimiento de la BMD, fuerza y FFW del tronco. Estas tendencias y relaciones pueden ser confirmadas solo con datos longitudinales y una muestra de mayor tamaño.

En conclusión, los resultados muestran que las capacidades fisiológicas de atletas de resistencia ancianos declinaron luego de 20 años de seguimiento, aún cuando se continuó con la intensidad de entrenamiento a un nivel alto o moderado. Un pequeño subgrupo que redujo mayormente su intensidad de entrenamiento produjo disminuciones substancialmente mayores en las capacidades fisiológicas y en la composición corporal. Los cambios en la composición corporal estuvieron relacionados al envejecimiento y/o al tipo de entrenamiento realizado. La inclusión de entrenamiento de pesas puede ser útil en el mantenimiento del FFW, y la fuerza y la BMD del tronco con la edad, pero los datos de este estudio son restrictivos y no permiten realizar una afirmación concluyente concerniente a este tema.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Linda Martin por sus habilidades en el tipeo y a Linda Gazarella por la asistencia técnica en la preparación de las tablas y figuras para esta manuscrito.

Notas al Pie

Este proyecto fue parcialmente respaldado por la American Heart Association, Florida Affiliate, y el National Institutes of Health National Center fo Research Resources Grant RR-00082.

Direcciones actuales

L. J. Mengelkoch, Physical Therapy Division, Ohio State Univ., 1583 Perry St., Columbus, OH 43210; J. E. Graves, Dept. of Health and Physical Education, Syracuse Univ., Syracuse, NY 13244-5040; C. Foster, Milwaukee Heart Institute, 960 N. 12th St., Milwaukee, WI 53201; J. H. Wilmore, Dept. of Kinesiology and Health Education, Univ. of Texas, Belmont Hall 222, Austin, TX 70712.

Dirección para el pedido de reimpresiones

M. L. Pollock, Univ. of Florida, Dept. of Medicine, PO Box 100277, Gainesville, FL 32610.

REFERENCIAS

1. American Thoracic Society (1987). Standardization of spirometry 1987 update. *Am. Rev. Respir. Dis. 136: 1285-1298*

2. Astrand, I., P. O. Astrand, I. Hallback, and A. Kilbom (1973). Reduction in maximal oxygen uptake with age. *J. Appl. Physiol. 35: 649-654*
3. Bhambhami, Y., S. Norris, and G. Bell (1994). Prediction of stroke volume from oxygen pulse measurements in untrained and trained men. *Can. J. Appl. Physiol. 19: 49-59*
4. Borg, G., and H. Linderholm (1967). Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups. *Acta Med. Scand. 472: 194-206*
5. Dehn, M. M., and R. A. Bruce (1972). Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. *J. Appl. Physiol. 33: 805-807*
6. Fleg, J. L., and E. G. Lakatta (1988). Role of muscle loss in the age-associated reduction in O2 max. *J. Appl. Physiol. 65: 1147-1151*
7. Forbes, G. B (1976). The adult decline in lean body mass. *Hum. Biol. 48: 161-173*
8. Golding, L. A., C. R. Myers, and W. E. Sinning (1989). Ys Way to Physical Fitness (3rd ed.). *Champaign, IL: Human Kinetics, p. 125-130*
9. Heath, G. W., J. M. Hamberg, A. A. Ehsani, and J. O. Holloszy (1981). A physiological comparison of young and older endurance athletes. *J. Appl. Physiol. 51: 634-640*
10. Jackson, A. S., E. F. Beard, L. T. Wier, R. M. Ross, J. E. Stuteville, and S. N. Blair (1995). Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. *Med. Sci. Sports Exercise 27: 113-120*
11. Kasch, F. W., J. L. Boyer, S. VanCamp, F. Nettl, L. S. Verity, and J. R. Wallace (1995). Cardiovascular changes with age and exercise: a 28-year longitudinal study. *Scand. J. Med. Sci. Sports 5: 147-151*
12. Kasch, F., and J. P. Wallace (1976). Physiological variables during 10 years of endurance exercise. *Med. Sci. Sports 8: 5-8*
13. Lane, N. E., D. A. Bloch, H. H. Jones, W. H. Marshall, P. D. Wood, and J. F. Fries (1986). Long-distance running, bone density, and osteoarthritis. *JAMA 255: 1147-1151*
14. Larsson, L., G. Grimby, and J. Karlsson (1979). Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J. Appl. Physiol. 46: 451-456*
15. Leith, D. E., and M. Bradley (1976). Ventilatory muscle strength and endurance training. *J. Appl. Physiol. 41: 508-516*
16. Londeree, B. R., and M. L. Moeschberger (1982). Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res. Q. Exercise Sport 53: 297-304*
17. Marti, B., and H. Howland (1990). Long-term effects of physical training on aerobic capacity: controlled study of former elite athletes. *J. Appl. Physiol. 69: 1451-1459*
18. Maud, P. J., M. L. Pollock, C. Foster, J. Anholm, G. Guten, M. Al-Nouri, C. Hellman, and D. H. Schmidt (1981). Fifty years of training and competition in the marathon: Wally Hayward aged 70 a physiological profile. *S. Afr. Med. J. 59: 153-157*
19. McClaran, S. R., M. A. Babcock, D. F. Pegelow, W. G. Reddan, and J. A. Dempsey (1995). Longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *J. Appl. Physiol. 78: 1957-1968*
20. Montoye, H. J (1987). The 1987 C. H. McCloy Research Lecture Better Bones and Biodynamics. *Res. Q. Exercise Sport 58: 334-348*
21. Montoye, H. J., E. L. Smith, D. F. Fardon, and E. T. Howley (1980). Bone mineral in senior tennis players. *Scand. J. Sports Sci. 2: 26-32*
22. Pollock, M. L (1977). Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. *Ann. NY Acad. Sci. 301: 310-322*
23. Pollock, M. L., C. Foster, D. Knapp, J. L. Rod, and D. H. Schmidt (1987). Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J. Appl. Physiol. 62: 725-731*
24. Pollock, M. L., L. R. Gettman, A. Jackson, J. Ayres, A. Ward, and A. C. Linnerud (1977). Body composition of elite class distance runners. *Ann. NY Acad. Sci. 301: 361-370*
25. Pollock, M. L., H. S. Miller, and J. H. Wilmore (1974). Physiological characteristics of champion American track athletes 40-75 years of age. *J. Gerontol. 29: 645-649*
26. Pollock, M. L., and J. H. Wilmore (1990). Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for Prevention and Rehabilitation (2nd ed.). *Philadelphia, PA: Saunders, p. 128-138, 319-348, 660-665*
27. Porter, M. M., A. A. Vandervoort, and J. Lexell (1995). Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand. J. Med. Sci. Sports 5: 129-142*
28. Robinson, S., D. B. Dill, R. D. Robinson, S. P. Tzankoff, and J. A. Wagner (1976). Physiological aging of champion runners. *J. Appl. Physiol. 41: 46-51*
29. Rogers, M. A., J. M. Hagberg, W. H. Martin, A. A. Ehsani, and J. O. Holloszy (1990). Decline in VO2 max with aging in master athletes and sedentary men. *J. Appl. Physiol. 68: 2195-2199*
30. Sandler, R. B., R. Burdett, M. Zaleskiewicz, C. Sprowls-Repcheck, and M. Harwell (1991). Muscle strength as an indicator of the habitual level of activity. *Med. Sci. Sports Exercise 23: 1375-1381*
31. Suominen, H (1993). Bone mineral density and long term exercise: an overview of cross-sectional athlete studies. *Sports Med. 16: 316-330*
32. Suominen, H., and P. Rahkila (1991). Bone mineral density of the calcaneus in 70- to 81-yr-old male athletes and population sample. *Med. Sci. Sports Exercise 23: 1227-1233*
33. Trappe, A. W., D. L. Costill, M. D. Vukovich, J. Jones, and T. Melhom (1996). Aging among elite distance runners: a 22-yr longitudinal study. *J. Appl. Physiol. 80: 285-290*

Cita Original

Michael L. Pollock, Larry J. Mengelkoch, James E. Graves, David T. Lowenthal, Marian C. Limacher, Carl Foster and Jack H. Wilmore. Twenty-years Follow-up of Aerobic Power and Body Composition in Older Track Athletes. J Appl Physiol 82 (5): 1508-1516, 1997.