

Monograph

Entrenamiento de Fuerza y Salud: Efectos Positivos de los Cambios producidos por el Entrenamiento de Fuerza sobre la Salud

Alfonso Jiménez Gutiérrez¹

¹*Departamento de fundamentos de la motricidad y entrenamiento deportivo. Univ. Europea de Madrid (UEM).*

RESUMEN

El entrenamiento de la fuerza muscular debe constituir necesariamente una parte importante de los programas de actividad física en el campo de la Salud, especialmente si tenemos en cuenta las serias consecuencias que la ausencia de movimiento derivada del modelo de vida sedentario imperante produce en la reducción de la función muscular (Jiménez, 2003). Ahora bien, hasta hace pocos años los efectos positivos de este tipo de entrenamiento se relacionaban tan sólo con el ámbito del rendimiento deportivo. En este artículo analizaremos los efectos positivos de los cambios producidos por el entrenamiento de fuerza en: la Frecuencia Cardíaca, Volumen Sistólico y su respuesta al ejercicio; la Tensión Arterial; el Perfil Lipídico; la Diabetes Mellitus, tolerancia a la glucosa y respuesta de la insulina; y por último, el Metabolismo Basal y la Composición Corporal, recogiendo parte de las principales conclusiones de estudios específicos, así como de importantes trabajos de revisión publicados en los últimos años.

Palabras Clave: entrenamiento de fuerza, ejercicio terapéutico, actividad física y salud

INTRODUCCION

Según Rodríguez (1995), el estrés producido para vencer una resistencia (por ejemplo, levantar, mover o mantener un peso), es proporcional al porcentaje de la fuerza máxima requerido y al tiempo que dura dicho esfuerzo. En consecuencia, el mantenimiento o la mejora de la fuerza y la resistencia muscular permite al individuo realizar las actividades físicas mencionadas con un nivel de estrés menor.

En un artículo publicado por Pollock (2000) en la prestigiosa revista científica *Circulation*, con el apoyo de la Asociación Americana del Corazón (AHA) y del American College of Sports Medicine (ACSM), éste reconocía que, aunque está aceptado hace tiempo que el entrenamiento de fuerza es útil para desarrollar y mantener la fuerza muscular, la resistencia, la potencia y la masa muscular (hipertrofia) (Atha, 1981; Komi, 1991), su relación positiva con los factores de salud y con las enfermedades crónicas ha sido reconocida sólo recientemente (Pollock, Vincent, 1996; Pollock, Evans, 1999; US-CDC, 1996), incluso Smutok (1993) llega a poner de manifiesto que el entrenamiento de fuerza puede producir reducciones similares al entrenamiento aeróbico en los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares.

De esta forma, antes de 1990 el entrenamiento de fuerza no formaba parte de las Recomendaciones Oficiales de Ejercicio

de la AHA o del ACSM, y fue este último el primero en reconocerlo como un componente importante en cualquier programa de aptitud física para adultos sanos de cualquier edad (ACSM Position Stand, 1990).

En 1996 la Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio también recomendó que los adultos sanos participaran en programas de actividad física que incluyeran ejercicio, aeróbico, entrenamiento de fuerza y ejercicios de flexibilidad (Warburton et al., 2001).

Veamos a continuación, y apoyándonos en el citado artículo de Pollock (2000), en otra actualizada revisión de Kell y sus colaboradores (2001), en un clásico de Hurley (1994), y en otra extensa revisión de Warburton y su grupo (2001), las principales investigaciones que analizan los efectos positivos del entrenamiento de la fuerza sobre la salud.

Es necesario reconocer que estos cambios positivos, tanto en el sistema cardiovascular como en el músculo-esquelético, van a poder producirse en todas las edades (Hurley et al., 1988; Hurley, 1994; Evans, 1999; Feigenbaum, Pollock, 1999).

Por lo tanto, en este artículo analizaremos estos efectos positivos de los cambios producidos por el entrenamiento de fuerza en: la Frecuencia Cardíaca, Volumen Sistólico y su respuesta al ejercicio; la Tensión Arterial; el Perfil Lipídico; la Diabetes Mellitus, tolerancia a la glucosa y respuesta de la insulina; y por último, el Metabolismo Basal y la Composición Corporal.

FRECUENCIA CARDIACA, VOLUMEN SISTOLICO Y SU RESPUESTA AL EJERCICIO

La investigación disponible hoy en día sugiere que cuando se produce un desarrollo muscular también se producen cambios en el sistema cardiovascular y en el músculo cardíaco.

El entrenamiento de fuerza está asociado con modificaciones en el miocardio que implican cambios positivos en la frecuencia cardíaca, en el volumen respiratorio y en la respuesta del corazón, aunque no de la misma magnitud que los encontrados con entrenamiento de resistencia a largo plazo.

Durante la sesión de entrenamiento de fuerza se produce un aumento de la frecuencia cardíaca (Collins et al., 1991; DeGroot et al., 1998); este aumento está asociado a un incremento de la estimulación simpática, un aumento progresivo en los niveles de catecolamina en el plasma circulante y una reducción en la estimulación parasimpática al comienzo del ejercicio (Collins et al., 1991; McCartney et al., 1993).

El entrenamiento de fuerza de moderada intensidad (40-60% 1-RM) presenta los mayores aumentos de la respuesta de la frecuencia cardíaca, mientras que con altas intensidades de 1-RM esta respuesta es menor (DeGroot et al., 1998).

El efecto del entrenamiento de fuerza a largo plazo está poco claro, así hay estudios en donde no se manifiestan cambios en la FC (Haennell et al., 1989; Fleck, 1988; Van Roof et al., 1996; Copeland et al., 1996) y otros en donde se produce una reducción de ésta en reposo de forma significativa (McCarthy et al., 1997; Fleck, 1988; Saltin, Astrand, 1967).

En relación al volumen sistólico, al parecer durante la fase de elevación de la carga en un ejercicio de fuerza éste no se ve afectado cuando la intensidad es ligera (Haennell, Snyder, Teo et al., 1992), mientras que se reduce con altas intensidades (Lentini et al., 1993). Esta reducción durante la fase de elevación con altas intensidades es posiblemente resultado de una reducción de la precarga y un aumento de la postcarga en el miocardio (Miles et al., 1987, citados por Kell, et al., 2001).

El aumento de la tensión arterial, de la precarga y postcarga, de la resistencia del sistema cardiovascular y de la frecuencia cardíaca producen a su vez un aumento del estrés en el miocardio, que está asociado a adaptaciones cardiovasculares que aumentan el volumen sistólico en reposo (Fleck, 1988; Fleck et al., 1993).

Por otra parte, los estudios también revelan un aumento de pequeño a moderado en el volumen sistólico de reposo y ejercicio durante el entrenamiento dinámico de fuerza a corto plazo (Fleck, Kraemer, 1997; Sagiv et al., 1997), pero sin alcanzar el nivel asociado al entrenamiento de resistencia.

TENSION ARTERIAL E HIPERTENSION

Durante el entrenamiento de fuerza (isométrico y/o dinámico) la tensión arterial aumenta, tanto la sistólica como la diastólica (Fleck, 1988; Haennel et al., 1992; Lentini et al., 1993; Lewis et al., 1985; MacDougall et al., 1985).

La amplitud de este aumento dependerá de la intensidad de la contracción muscular, de la cantidad de masa muscular implicada y de la duración de la contracción (Donald et al., 1982), pero no de la velocidad del movimiento (Haennel et al., 1992), o del tipo de contracción (estática o dinámica) (Lewis et al., 1985).

Así, durante el desarrollo de un ejercicio de fuerza ambos valores de la tensión arterial aumentan; no obstante, las adaptaciones a un entrenamiento de fuerza a largo plazo implican una reducción de la tensión arterial en reposo (Evans, 1999).

Para Warburton y sus colaboradores (2001) por su parte, aunque existen importantes investigaciones que han evaluado los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la tensión arterial, los resultados obtenidos al parecer son equívocos.

Así, estudios transversales comparativos han revelado que los niveles de tensión arterial en reposo de atletas entrenados en fuerza son similares o ligeramente inferiores que los de los sujetos sedentarios (Colan et al., 1985; Fleck, Dean, 1987). Además, estos atletas han demostrado tener una mayor reducción en su respuesta de la tensión arterial al ejercicio que aquellos sujetos sedentarios (Fleck, Dean, 1987).

Sin embargo, otras investigaciones han mostrado un incremento en la tensión arterial de reposo en atletas entrenados en fuerza en comparación con sujetos no entrenados (Bertovic et al., 1999). Stone (1991) manifestó que esta posible hipertensión en atletas de fuerza podía estar relacionada con el uso de esteroides, el sobreentrenamiento y/o un excesivo aumento de su masa corporal.

El mecanismo exacto asociado con esa supuesta reducción en los niveles de tensión arterial de la que hablaban Kell y sus colaboradores (2001) es desconocido, pero al parecer está relacionado con una reducción simultánea en la resistencia a vencer por el corazón en la sístole y/o en la periférica total (Seals, Hagberg, 1984).

Partiendo de la base de que una reducción en los niveles de tensión arterial está considerada como un paso positivo tanto en la disminución del riesgo de enfermedad coronaria como en el caso de padecer ya hipertensión (Astrand, 1992), parece interesante analizar los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los sujetos hipertensos y/o sobre aquellos que se encuentran en el límite de padecer esta enfermedad.

En este caso, tampoco los resultados disponibles hoy en día son concluyentes. Así, no se recomendaba inicialmente el entrenamiento de fuerza para el tratamiento de la hipertensión elevada debido a la significativa respuesta hipertensora observada durante los ejercicios con sobrecargas (Warburton et al., 2001).

No obstante, las elevaciones de la tensión arterial durante los ejercicios con sobrecarga son intermitentes, similares a las observadas durante el ejercicio aeróbico, y pueden ser modificadas en función de cambios realizados sobre el volumen y la carga de las contracciones (Stone et al., 1991).

Importantes investigadores han analizado y estudiado el impacto del entrenamiento de fuerza, para mejorar ésta, sobre la tensión arterial en reposo de sujetos hipertensos y en el límite. Así, algunos estudios han presentado reducciones en la tensión arterial de reposo en sujetos en el límite de padecer la enfermedad (Harris, Holly, 1987; Martel et al., 1999), y en hipertensos (Hagberg et al., 1984), mientras que otras investigaciones revelaron que el entrenamiento de fuerza no reducía significativamente la tensión arterial en los que se encontraban en el límite (Blumenthal et al., 1991) ni en los afectados (Smutok et al., 1993).

Por otra parte, el entrenamiento de fuerza con un elevado componente isométrico ha sido contraindicado para pacientes con enfermedad cardiovascular, debido fundamentalmente al elevado aumento de la tensión arterial sistólica generada por estos ejercicios y a su potencial como inductores de una isquemia durante el esfuerzo (Pate et al. 1991).

No obstante, de acuerdo a la revisión realizada por Verrill (1992), los pacientes cardíacos pueden ser capaces de realizar ejercicios de fuerza con componente isométrico de forma segura, realizando una adecuada evaluación mediante una prueba de esfuerzo. En esta línea, McCartney (1998) también ha señalado que el entrenamiento de fuerza puede de hecho colaborar a reducir la isquemia coronaria en comparación al entrenamiento aeróbico como resultado de una reducción en la frecuencia cardíaca y un aumento leve de la tensión arterial diastólica, que puede a su vez aumentar la sensibilidad de las arterias coronarias.

En resumen, el entrenamiento de fuerza puede contribuir a una mejora en los perfiles de tensión arterial en reposo y en ejercicio. No obstante, la relación entre los incrementos en la fuerza muscular y las mejoras en la tensión arterial no ha sido aún evaluada adecuadamente.

De esta forma, Warburton y sus colaboradores (2001) concluyen en su revisión que son necesarias más investigaciones para examinar el impacto del entrenamiento de fuerza y los mecanismos implicados en estas adaptaciones.

Por último, y en relación al entrenamiento de resistencia muscular, al parecer también los aumentos en la resistencia muscular pueden ser efectivos en el tratamiento y/o la prevención de la hipertensión. No obstante, según los autores existen muy pocas investigaciones bien controladas en relación al impacto específico de este tipo de entrenamiento sobre la tensión arterial. Igualmente, concluyen que son necesarias nuevas y rigurosas investigaciones en este ámbito.

PERFIL LIPIDICO

Según Hurley, en su interesante revisión sobre los efectos positivos del entrenamiento de la fuerza sobre la salud (publicada en la revista *Strength & Conditioning* en 1994), al parecer, y según varios investigadores, los atletas entrenados en fuerza tenían más riesgo de sufrir una enfermedad coronaria que los sujetos sedentarios, ya que sus niveles de lípidos en sangre eran menos favorables (Berg et al., 1980).

No obstante, en estos años, no era posible establecer una relación al respecto sin realizar más estudios, pues la influencia de otros factores como la genética, el uso de esteroides anabolizantes, la dieta, etc., podrían explicar esta diferencia.

Así, el Dr. Stone y sus colaboradores fueron los primeros en estudiar los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre los perfiles de lípidos en sangre, utilizando a sujetos no deportistas en diseños longitudinales (Johnson et al., 1982; Stone et al., 1982, citados por Hurley, 1994). Sus resultados presentaban mejoras en este factor con un régimen de entrenamiento que incorporaba pesos elevados, grandes grupos musculares y ejercicios poliarticulares.

Estos estudios, según Hurley (1994), fueron las primeras referencias publicadas al respecto, y supusieron una evidente sorpresa para muchos fisiólogos del ejercicio, que habían mantenido hasta entonces la creencia de que sólo el entrenamiento aeróbico producía efectos positivos para la salud.

Otros estudios (Hurley et al., 1988; Boyden et al., 1993) manifestaron los mismos beneficios utilizando ejercicios simples, monoarticulares y pesos ligeros.

Además, otro estudio había demostrado unos años antes que el efecto negativo del entrenamiento de fuerza sobre el perfil de lípidos podía estar asociado al consumo de esteroides anabolizantes (Hurley et al., 1984).

Otras investigaciones más recientes revelaban igualmente mejoras en este factor (Hurley, 1989; Stone et al., 1991), e indicaban que la magnitud de estas mejoras era comparable a las producidas por el entrenamiento aeróbico. No obstante, la mayoría de los estudios en donde se incluían estas dos formas de entrenamiento, presentaban problemas metodológicos que podían afectar a sus resultados (Hurley, 1989; Stone, 1992).

Para el Dr. Stone (1991) es muy importante que el entrenamiento de fuerza en este caso implique a grandes grupos musculares, se realice sobre ejercicios poliarticulares, y tenga un alto volumen (muchas series y repeticiones), ya que este tipo de entrenamiento producirá mayores modificaciones en la composición corporal, y éste es un factor clave para alterar los perfiles de lípidos en sangre.

En otra revisión más actualizada y citada anteriormente (Kell et al., 2001), se recoge igualmente que existe literatura específica que indica que el entrenamiento de fuerza puede mejorar significativamente los perfiles de lípidos en sangre. En este sentido, citan los trabajos de Goldberg (1984), Weltman (1987) y Wallace, Moffatt, (1989), aunque reconocen que los resultados no son concluyentes.

De esta forma, citan igualmente un estudio transversal que comparaba a culturistas con sedentarios (Yki-Jarvinen et al., 1984) y que demostraba que los primeros tenían menor tasa de colesterol total y menores niveles de LDL, aunque concluyen que estos cambios podían estar asociados al tipo de alimentación baja en grasas de los culturistas.

En principio, y en función de estas referencias parece que el entrenamiento de fuerza tiene efectos positivos en el perfil de lípidos en sangre. Sin embargo, según Warburton y sus colaboradores (2001) esta relación no está aún nada clara.

Según ellos, hay estudios que manifiestan que no hay cambios entre atletas entrenados en fuerza y deportistas de resistencia y/o sujetos no deportistas (Berg et al., 1980; Clarkson et al., 1981; Farell et al., 1982), mientras que otros señalan que existen leves mejoras (Yki-Jarvinen et al., 1984).

Además, citan como significativo el trabajo de Tucker y Silvester (1996) realizado con el objetivo de examinar la relación entre la cantidad (duración y frecuencia) de participación en ejercicios de fuerza (auto-registrada) y los perfiles de lípidos en un grupo de 8.499 hombres. Los autores observaron que aquellos que participaban en ejercicios de fuerza con regularidad tenían una reducción en el riesgo de sufrir hipercolesterolemia. No obstante, después de controlar una serie de variables distorsionadoras (edad, consumo de tabaco, de alcohol, masa corporal, y participación en otras actividades físicas que no fueran el entrenamiento de fuerza), sólo aquellos que realizaban ejercicios de fuerza de 4 a 7 horas a la semana tenían realmente reducido su riesgo de hipercolesterolemia. Además, los autores tampoco controlaron el consumo calórico en la dieta o el porcentaje de grasa corporal, los cuales pueden confundir la relación entre fuerza y perfiles de lípidos y lipoproteínas (Tucker, Silvester, 1996).

Otras investigaciones, que compararon los efectos del entrenamiento aeróbico frente al entrenamiento de fuerza, no manifestaron en general cambios significativos en los perfiles de lípidos y lipoproteínas tras ambos tipos de entrenamiento (Blumenthal et al., 1991; Hersey et al., 1994; Wosornu et al., 1996).

Para Warburton y sus colaboradores (2001), es importante también señalar que el entrenamiento de fuerza no parece mejorar los perfiles de lípidos y lipoproteínas en sujetos con riesgo de enfermedad coronaria (Hurley, 1989; Kokkinos et al., 1991).

Por lo tanto, y en base a estas referencias, Warburton, Gledhill y Quinney (2001) concluyen en su revisión que son necesarias más investigaciones para examinar el impacto del entrenamiento de fuerza en estos perfiles.

DIABETES MELLITUS, TOLERANCIA A LA GLUCOSA Y RESPUESTA DE LA INSULINA

Recientemente el entrenamiento de fuerza ha empezado a ser considerado como una forma posible de ejercicio para ayudar a los sujetos afectados por diabetes tipo 2 a controlar su enfermedad. Estudios a corto plazo indican que se pueden alcanzar importantes mejoras en el consumo de glucosa por medio de entrenamientos de fuerza de larga duración (Yki-Jarvinen et al., 1984; Eriksson et al., 1997; Eriksson et al., 1998; Ishii et al., 1998).

Así, Ishii y sus colaboradores (1998) demostraron mejoras significativas en los consumos de glucosa en reposo en diabéticos tipo 1 y tipo 2 después de 4 a 6 semanas de entrenamiento de fuerza. Esto sugiere que las mejoras en los niveles de glucosa en reposo están relacionadas a su vez con una mejora en la respuesta de la insulina. Otros dos estudios que utilizaron a sujetos no diabéticos revelaron resultados similares, que también sugieren que el entrenamiento de fuerza puede mejorar la sensibilidad de la insulina (Hurley et al., 1988; Smutok et al., 1993).

Por su parte, Yki-Jarvinen y colaboradores (1984), sugirieron años antes que la respuesta del cuerpo a la ingestión de glucosa podía ser mejorada si aumentaba la masa muscular. Utilizando un test oral de tolerancia a la glucosa, compararon a culturistas con sujetos normales. Los resultados indicaron que los culturistas tenían bajos tanto los niveles de glucosa en sangre como los de respuesta de la insulina. Estos hallazgos estaban asociados con los valores del 50% más de masa muscular relativa, y del 50% menos de grasa corporal relativa de estos sujetos.

Al parecer, y estrechamente relacionado con todo lo señalado anteriormente, el entrenamiento de fuerza a largo plazo podría influir positivamente en la tolerancia a la glucosa, y en la respuesta y sensibilidad de la insulina, al alterar el porcentaje de masa muscular y la calidad de la musculatura. Así lo indican Miller (1984) y Yki-Jarvinen (1984), que sugieren que un incremento en estos factores mejorará el consumo de glucosa y la respuesta de la insulina.

Por otra parte, en investigaciones que utilizaron un programa simultáneo aeróbico y de fuerza con diabéticos, el control de la glucemia fue mejorado (Peterson et al., 1979; Jovanovic-Peterson et al., 1989). Igualmente, la combinación de entrenamiento de fuerza y/o aeróbico con restricciones en la dieta produjo mayores mejoras en la tolerancia a la glucosa que la dieta sola (Rice et al., 1999).

Rice y sus colaboradores (1999) también encontraron que las reducciones en los tejidos adiposos subcutáneos y de las vísceras estaban relacionados con mejoras en el metabolismo de la glucosa, sugiriendo que la obesidad abdominal juega un importante papel en el desarrollo de anormalidades en el metabolismo de la glucosa.

METABOLISMO BASAL

La tasa metabólica de reposo, o metabolismo basal, supone entre el 60 y el 75% del total de gasto energético diario (Stefanick, 1993). De esta forma, este elemento puede jugar un importante papel en la prevención y/o desarrollo de la obesidad abdominal.

El entrenamiento de fuerza ha mostrado su utilidad para aumentar el ritmo metabólico de reposo en hombres jóvenes (Dolezal, Potteiger, 1998), y en hombres y/o mujeres ancianas (Ryan et al., 1995; Treuth et al., 1995). Además, este tipo de entrenamiento puede también prevenir la reducción en el ritmo metabólico de reposo que ocurre normalmente durante los programas de restricción del consumo energético (Broeder et al., 1992; Ryan et al., 1995).

La oxidación de las grasas y/o la media del consumo diario de energía pueden ser también mejoradas por medio del entrenamiento de fuerza (Treuth et al., 1995; Van Etten et al., 1995; Van Etten et al., 1997).

Ahora bien, todos estos efectos del entrenamiento de fuerza son a menudo disminuidos o eliminados cuando son considerados los incrementos de la masa muscular o masa libre de grasa (lean body mass¹) (Broeder et al., 1992; Dolezal, Potteiger, 1998, Treuth et al., 1995).

A su vez, otras investigaciones no han encontrado cambios en este factor tras un programa de entrenamiento de fuerza (Taaffe et al., 1995, citado por Warburton et al., 2001).

Según Pratley (1994), estas contradicciones pueden estar relacionadas con diferencias en la población participante y/o en el diseño experimental de las diferentes propuestas.

Si aceptamos que, en principio, el entrenamiento de fuerza podría producir un incremento en el ritmo metabólico de reposo, sería interesante conocer el mecanismo por el cual este fenómeno se produce. Ahora bien, la información disponible hoy en día no es concluyente tampoco en esta cuestión. El incremento en este ritmo metabólico de reposo podría ser explicado parcialmente por un incremento en la masa libre de grasa y/o un aumento de la actividad simpática del sistema nervioso (Pratley et al., 1994). También el consumo de oxígeno posterior al ejercicio podría jugar un papel en el aumento de pérdida de masa grasa que parece ocurrir después del entrenamiento de fuerza (Haltom et al., 1999).

No obstante, y al igual que en los apartados anteriores, son necesarios nuevos estudios para examinar el impacto del entrenamiento de fuerza y/o de resistencia muscular sobre esta tasa metabólica de reposo (Warburton et al., 2001).

COMPOSICION CORPORAL

Estrechamente relacionado con el apartado anterior, la influencia del entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal también ha sido objeto de interés y estudio por parte de los investigadores en los últimos años.

De esta forma, estudios e investigaciones de carácter transversal han observado que levantadores de peso entrenados tenían una mayor masa libre de grasa que aquellos sujetos no entrenados (Stone et al., 1991). El entrenamiento de fuerza ha mostrado igualmente que produce significativos aumentos de la masa libre de grasa debido a la hipertrofia de la musculatura (Craig et al., 1989; Hurley et al., 1984; Manning et al., 1991) y puede ayudar a evitar en parte la pérdida de masa muscular y de fuerza que ocurre con la edad (ACSM, 1998; Rogers, Evans, 1993).

Por lo tanto, las mejoras experimentadas en la aptitud músculo-esquelética por efecto del entrenamiento de fuerza pueden estar relacionadas indirectamente con mejoras en el estado de salud a través de cambios producidos en la composición corporal (Warburton, Gledhill, Quinney, 2001).

No obstante, la masa corporal total puede no reducirse como resultado de mejoras en la fuerza muscular. Además, los datos tampoco son concluyentes en relación a los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la masa grasa (Stone et al., 1991; Verrill et al., 1992). Así, por un lado encontramos estudios que señalan que no hay cambios tras el entrenamiento de fuerza (Ades et al., 1996; Kokkinos et al., 1988; Meredith et al., 1992; Hersey et al., 1994; Ishii et al., 1998), mientras que otros autores, en importantes estudios longitudinales, indican que sí se producen pérdidas en la masa grasa (Boyden et al., 1993; Craig et al., 1989; Ryan et al., 1994).

Estas discrepancias en la literatura no tienen una justificación clara, pero podrían estar relacionadas con la población

participante en los diferentes estudios, la intensidad y volumen de los entrenamientos, y/o la temporada en la que comenzó el estudio en cada caso (Warburton et al., 2001).

Además, el impacto del entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal puede estar confundido en función de la técnica de medición utilizada (Toth et al., 1999). Por lo tanto, son necesarias nuevas investigaciones utilizando múltiples técnicas de medición de la composición corporal para poder evaluar los efectos tras programas de entrenamiento de la fuerza prolongados (Warburton et al., 2001).

Ahora bien, y en cualquier caso, los efectos potenciales del entrenamiento de fuerza sobre la composición corporal pueden estar relacionados con un aumento del coste energético, debido tanto al esfuerzo requerido durante las sesiones de entrenamiento, como al incremento del metabolismo basal. De esta forma, el entrenamiento de fuerza podría ser efectivo también en el tratamiento de la obesidad (Warburton et al., 2001).

Si revisamos a continuación ese efecto del trabajo de fuerza en la obesidad, y en concreto de la abdominal, teniendo en cuenta que, como veíamos en los apartados anteriores de este trabajo, la prevalencia de la obesidad en las sociedades occidentales ha alcanzado proporciones de epidemia ² (Booth et al., 2000; Flegal et al., 1999), podemos constatar sus efectos beneficiosos.

Estos efectos positivos de la actividad física en la obesidad abdominal han sido demostrados en importantes estudios epidemiológicos (Seidell et al., 1991; Slattery et al., 1992; Tremblay et al., 1990). Según Warburton (2001), recientemente se ha producido un incremento significativo del interés por el impacto del entrenamiento de fuerza, y de la mejoras en la aptitud músculo-esquelética derivadas de él, en este factor.

El entrenamiento de fuerza puede afectar beneficiosamente a la obesidad abdominal, de una forma al parecer similar a la del entrenamiento aeróbico (Hurley, Hagberg, 1998). Aunque realmente la información disponible hoy en día es aún escasa.

Treuth y sus colaboradores señalaron que el entrenamiento de fuerza en ancianos varones (Treuth et al., 1994) y mujeres (Treuth et al., 1995) producía unas reducciones significativas en los tejidos adiposos intra-abdominales. En un nuevo estudio (Treuth et al., 1998), el autor examinó los efectos de 5 meses de entrenamiento de fuerza en un grupo de jóvenes obesas en la prepubertad, observando que aumentaban tanto la grasa total como la masa libre de grasa en ambos grupos (entrenadas y control). Ahora bien, la grasa intra-abdominal no aumentó en el grupo de entrenamiento, por lo que el entrenamiento de fuerza podría tener un papel atenuante en el incremento de este factor.

Estos trabajos de Treuth et al. (1994, 1995, 1998) se realizaron con un alto volumen de repeticiones, lo cual podría también indicar que las mejoras en la resistencia muscular estarían relacionadas con cambios positivos en la obesidad abdominal.

No obstante, son necesarios nuevos estudios para examinar el impacto del entrenamiento de fuerza y/o de resistencia muscular sobre esta obesidad abdominal (Warburton, Gledhill, Quinney, 2001).

RESUMEN

Los datos presentados en este trabajo parecen dejar clara una nueva evidencia, el entrenamiento regular de la aptitud músculo-esquelética produce una serie de cambios positivos sobre el estado de salud de los practicantes.

Como resumen final de este artículo, y apoyándonos en los trabajos de revisión de Pollock (2000), Kell (2001), Hurley (1994), y Warburton (2001), podríamos destacar una serie de conclusiones:

- Los atletas entrenados en fuerza tienden a tener una mayor masa libre de grasa, una menor masa grasa y un consumo de oxígeno similar en comparación con sujetos no entrenados.
- Estos sujetos entrenados con altos niveles de fuerza muscular tienden a tener también un metabolismo de la glucosa mejorado y una mayor densidad mineral ósea en comparación con los no entrenados.
- El entrenamiento de fuerza está asociado con un incremento en la masa libre de grasa, con pequeños cambios o sin ellos en la masa grasa y/o en la masa corporal.
- El entrenamiento de fuerza tampoco produce generalmente aumentos significativos en el consumo de oxígeno. Cuando este consumo mejora tras el entrenamiento de fuerza, los cambios obtenidos son menores que con entrenamiento aeróbico.
- Una gran cantidad de datos señalan que el entrenamiento de fuerza está asociado con mejoras en la capacidad de

rendimiento submáxima, el equilibrio de la glucosa, la salud ósea, la reducción de la incapacidad física, y el aumento del bienestar psicológico.

- El entrenamiento que mejora la resistencia muscular puede producir, a su vez, pequeñas mejoras en la masa libre de grasa y en el consumo de oxígeno.
- Este tipo de entrenamiento de resistencia está asociado con mejoras en el metabolismo de la glucosa, especialmente en aquellos sujetos con alteraciones en su funcionamiento.
- El entrenamiento de resistencia muscular puede también reducir la obesidad abdominal (quizás debido a un incremento del consumo de oxígeno tras el entrenamiento), incrementar la masa ósea (aunque no tanto como con el entrenamiento de fuerza muscular).

Incluimos finalmente una interesante tabla-resumen como síntesis final de este artículo. Se trata de la desarrollada por Warburton, Gledhill y Quinney (2001) sobre los efectos de los cambios producidos por el entrenamiento de fuerza, fruto de la ya señalada revisión, publicada en el mismo número del prestigioso Canadian.

Indicadores del estatus de Salud								
Componentes aptitud músculo-esquelética	Indicadores de la calidad de vida							
	Composición Corporal			VO ₂ máx.	Factores Riesgo Cardio.			
	Masa Libre e grasa	Masa grasa	Masa Corporal		Lípidos	HTA	Obesidad	Glucosa
Fuerza	↑ ↑ ↑	↓ /=	=	=	↓ /=	↓ /=	↓ ↓	↑ ↑ ↑
Resistencia	↑ /=	↓ /=	=	↑ /=	↓ /=	↓ /=	↓	↑ ↑ ↑
Potencia	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Flexibilidad	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabla 1. Síntesis de los efectos del entrenamiento de la fuerza en los indicadores del estatus de salud. (Adaptado de: WARBURTON, D.E.R., N. GLEDHILL. A. QUINNEY, 2001) ↑ ↑ ↑, fuerte evidencia de aumento; ↑ ↑, moderada evidencia de aumento; ↑, potencial para que se produzca un aumento; =, generalmente sin cambios; ↓ ↓ ↓, fuerte evidencia de reducción; ↓ ↓, moderada evidencia de reducción; ↓, potencial para que se produzca una reducción; n.a., no existe suficiente información.

Notas:

¹ Lean body mass. La masa corporal normalmente es dividida en dos tipos cuando se analiza la composición corporal de un sujeto, la masa grasa y la masa libre de grasa, o masa muscular. De esta forma, si un sujeto pesa 100kg, y tiene un 15% de grasa corporal, sus valores de composición corporal serían los siguientes: Masa grasa = 0.15 x 100kg = 15 kg; Masa magra (LBM) = Masa corporal total - masa grasa = 100 - 15 = 85 kg. (Fleck, Kraemer, 1997).

² Según los datos del Third National Health and Nutrition Examination Survey en EEUU, para el periodo entre 1988 y 1994, aproximadamente el 50% de los adultos podían ser considerados como obesos o con sobrepeso (Must et al., 1999). La prevalencia de la obesidad (definida como IMC > 30 kg/m²) se ha incrementado del 12% al 18% entre 1991 y 1998 (Mokdad et al., 1999). En Canadá, la prevalencia de sobrepeso también se ha incrementado entre 1985 y 1991 (Millar, Stephens, 1993). Considerando unos valores de obesidad en este caso de IMC > 27 kg/m², la prevalencia alcanza el 35% entre los hombres y el 27% entre las mujeres (MacDonald et al., 1997; Reeder et al., 1992, 1997). Aproximadamente, uno de cada tres canadienses son considerados obesos (Birmingham et al., 1999). En el caso de nuestro país, según la Encuesta Nacional de Salud realizada en 1994, y a partir de datos basados en el peso y la talla referidos por el encuestado, la población española mayor de 35 años con valores de IMC > 30 kg/m² fue del 18,3%. En la Encuesta de 1997 los valores habían pasado al 24%. Hoy en día, el 40% de la población española sufre problemas de sobrepeso. Según informes recientes, en los últimos 15 años se ha triplicado en España el número de niños obesos, hasta alcanzar el 16% en la actualidad. Además, se ha situado en el segundo país de la Unión Europea con mayor número de afectados por este problema, sólo superado por el Reino Unido. Según datos actualizados, su impacto económico se estima en 721 millones de euros, lo que supone un 2,4% del coste sanitario total (SEEDO, 2005).

REFERENCIAS

1. ADES, P.A., D.L. BALLOR, T. ASHIKAGA, J.L. UTTON, K.S. NAIR (1996). Weight training improves walking endurance in healthy elderly persons. *Ann. Intern. Med.* 124: 568-572
2. ASTRAND, P.O (1992). Why exercise?. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24(2):153-162
3. ATHA, J (1981). Strengthening muscle. In: Exercise and Sports Sciences Review (Vol.9), D.I. Miller, ed. *Philadelphia: Franklin Institute Press*, pp.1-73
4. BERTOVIĆ, D.A., T.K. WADDELL, C.D. GATZKA, J.D. CAMERON, A.M. DART, B.A. KINGWELL (1999). Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*.33:1385-1391
5. BIRMINGHAM, C.L., J.L. MULLER, A. PALEPU, J.J. SPINELLI, A.H. ANIS (1999). Failure of exercise to reduce blood pressure in patients with mild hypertension. *The cost of obesity in Canada. Can. Med. Assoc. J.* 160-483-488
6. BLUMENTHAL, J.A., W.C. SIEGEL, M. APPELBAUM (1991). Results of a randomized controlled trial. *JAMA.* 266:2098-2104
7. BOOTH, F.W., S.E. GORDON, C.J. CARLSON, M.T. HAMILTON (2000). Waging war on modern chronic diseases: Primary prevention through exercise biology. *J. Appl. Physiol.* 88:774-787
8. BOYDEN, T.W., R.W. PAMENTER, S.B. GOING et al (1993). Resistance exercise training is associated with decreases in serum low-density lipoprotein cholesterol levels in premenopausal women. *Arch. Intern. Med.* 153:97-100
9. BROEDER, C.E., K.A. BARRHUS, L.S. SVANEVIK, J.H. WILMORE (1992). The effects of either high-intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *Am. J. Clin. Nutr.* 55: 802-810
10. CLARKSON, P.M., R. HINTERMISTER, M. FILLIYAW, L. STYLOS (1981). High density lipoprotein cholesterol in young adult weight lifters, runners and untrained subjects. *Hum. Biol.* 53:251-257
11. COLAN, S.D., S.P. SANDERS, D. MACPHERSON, K.M. BOROW (1985). Left ventricular diastolic function in elite athletes with physiologic cardiac hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 6:545-549
12. COLLINS, M.A., K.J. CURETON, D.W. HILL, et al (1991). Relationship of heart rate to oxygen uptake during weight lifting exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23(5): 636-640
13. COPELAND, S.R., M.C. MILLS, J.L. LERNER, et al (1996). Hemodynamic effects of aerobic vs. resistance exercise. *J. Hum. Hypertens.* 10(11):747-753
14. CRAIG, B.W., J. EVERHART, R. BROWN (1989). The influence of high-resistance training on glucose tolerance in young and elderly subjects. *Mech. Ageing Dev.* 49:147-157
15. DeGROOT, D.W., T.J. QUINN, R. KERTZER et al (1998). Circuit weight training in cardiac patients: determining optimal workloads for safety and energy expenditure. *J. Cardiopulm. Rehabil.* 18(2):145-152
16. DOLEZAL, B. A., J. A. POTTEIGER (1998). Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate (BMR) in non-dieting individuals. *J. Appl. Physiol.* 85:695-700
17. DONALD, K.W., A.R. LIND, G.W. McNICOL (1982). Cardiovascular responses to sustained (static) contractions. *Circ. Res.* 20:115-132
18. ERIKSSON, J., S. TAIMELA, K. ERIKSSON, et al (1997). Resistance training in the treatment of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Int. J. Sports Med.* 18(4):242-246
19. ERIKSSON, J., J. TUOMINEN, T. VALLE, et al (1998). Aerobic endurance exercise or circuit-type resistance training for individuals with impaired glucose tolerance?. *Horm. Metab. Res.* 30(1):37-41
20. EVANS, W. J (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:12-17
21. FARRELL, P.A., M.G. MAKSUD, M.L. POLLOCK, C. FOSTER, J. ANHOLM, J. HARE, A.S. LEON (1982). A comparison of plasma cholesterol, triglycerides, and high density lipoprotein-cholesterol in speed skaters, weightlifters and non-athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 48:77-82
22. FEIGENBAUM, M. S., M. L. POLLOCK (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:38-45
23. FLECK, S.J., L.S. DEAN (1987). Resistance training experience and the pressor response during resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 63:116-120
24. FLECK, S.J., W.J. KRAEMER (1987). Designing Resistance Training Programs. *Champaign, IL, Human Kinetics*
25. FLECK, S.J (1988). Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20(5 suppl.):S146-S151
26. FLECK, S.J., P.M. PATTANY, M.H. STONE, et al (1993). Magnetic resonance image determination of left ventricular mass: junior Olympic weightlifters. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25(4):522-527
27. FLECK, S.J., W.J. KRAEMER (1997). Designing Resistance Training Programs. 2nd Ed. *Champaign, IL, Human Kinetics*
28. FLEGAL, K.M (1999). The obesity epidemic in children and adults: Current evidence and research issues. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:S509-S514
29. GOLDBERG, L., D. L. ELLIOT, R. W. SCHUTZ, F. E. KLOSTER (1984). Changes in lipid and lipoprotein levels after weight training. *JAMA* 252:504-506
30. HAENNEL, R., K.K. TEO, A. QUINNEY, T. KAPPAGODA (1989). Effects on hydraulic circuit training on cardiovascular function. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21:605-612
31. HAENNEL, R.G., G.D. SNYDMILLER, K.K. TEO, et al (1992). Changes in blood pressure and cardiac output during maximal isokinetic exercise. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 73(2):150-155
32. HAGBERG, J.M., D. GOLDRING, A.A. EHSANI, G.W. HEATH, A. HERNANDEZ, K. SCHECHTMAN, J.O. HOLLSZY (1983). Effect of exercise training on the blood pressure and hemodynamic features of hypertensive adolescents. *Am. J. Cardiol.* 52: 763-768
33. HAGBERG, J.M., S.J. MONTAIN, W.H. MARTIN, A.A. EHSANI (1989). Effects of exercise training on 60-69 year old persons with essential hypertension. *Am. J. Cardiol.* 64: 348-353

34. HAGBERG, J.M (1990). Exercise, fitness, and hypertension. *Champaign, IL. Human Kinetics*
35. HALTMOM, R.W., R.R. KRAEMER, R.A. SLOAN, E.P. HEBERT, K. FRANK, J.L. TRYNIECKI (1999). Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:1613-1618*
36. HARRIS, K.A., R.G. HOLLY (1987). Physiological response to circuit weight training in borderline hypertensive subjects. *Med. Sci. Sports Exerc. 19:246-252*
37. HERSEY, W.C., J.E. GRAVES, M.L. POLLOCK, R. GINGERICH, R.B. SHIREMEN, G.W. HEATH, F. SPIERTO, S.D. McCOLE, J.M. HAGBERG (1994). Endurance exercise training improves body composition and plasma insulin responses in 70-to-79-year-old men and women. *Metabolism. 43:847-854*
38. HURLEY, B.F., D.R. SEALS, J.M. HAGBERG, et al (1984). High-density-lipoprotein cholesterol in body-builders vs. Powerlifters: Negative effects of androgen use. *JAMA. 242:507-513*
39. HURLEY, B.F., D.R. SEALS, A.A. EHSANI, L.J. CARTIER, G.P. DALSKY, J.M. HAGBERG, J.O. HOLLOSZY (1984). Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. *Med. Sci. Sports Exerc. 16:483-488*
40. HURLEY, B. F., P. F. KOKKINOS (1987). Effects of weight training on risk factors for CHD. *Sports Med. 4:231-238*
41. HURLEY, B.F., J.M. HAGBERG, A.P. GOLDBERG, et al (1988). Resistive training can reduce coronary risk factors without altering VO2 max or percent body fat. *Med. Sci. Sports Exerc. 20:150-154*
42. HURLEY, B.F (1989). Effects of resistive training on lipoprotein-lipid profiles: A comparison to anaerobic exercise training. *Med. Sci. Sports Exerc. 21:689-693*
43. HURLEY, B (1994). Does strength training improves health status?. *J. Strength Cond. 16(13):7-12*
44. HURLEY, B.F (1995). Age, gender, and muscular strength. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci. 50 (Spec No): 41-44*
45. HURLEY, B.F., and J.M. HAGBERG (1998). Optimizing health in older persons: Aerobic or strength training?. *Exerc. Sport Sci. Rev. 26: 61-89*
46. ISHII, T., T. YAMAKITA, T. SATO, et al (1998). Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. *Diabetes Care. 21(8):1353-1355*
47. JOVANOVIC-PETERSON, L., E.P. DURAK, C.M. PETERSON (1989). A twelve session exercise program and its effects on physical conditioning and glucose metabolism in type I diabetes mellitus (Abstract). *Int. J. Sports Med. 5:377*
48. KELL, R.T., G. BELL, A. QUINNEY (2001). Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports Med. 31(12):863-873*
49. KOIVISTO, V.A., R.A. DEFRONZO (1986). Physical training and insulin sensitivity. *Diabetes Metab. Rev. 1: 445-481*
50. KOKKINOS, P.F., B.F. HURLEY, P. VACCARO, J.C. PATTERSON, L.B. GARDNER, S.M. OSTROVE, A.P. GOLDBERG (1988). Effects of low-and high- repetition resistive training in lipoprotein-lipid profiles. *Med. Sci. Sports Exerc. 20:50-54*
51. KOKKINOS, P.F., B.F. HURLEY, M.A. SMUTOK, C. FARMER, C. REECE, R. SHULMAN, C. CHARABOGOS, J. PATTERSON, S. WILL, J. DEVANE-BELL, A.P. GOLDBERG (1991). Strength training does not improve lipoprotein-lipid profiles in men at risk for CHD. *Med. Sci. Sports Exerc. 23:1134-1139*
52. KOMI, P.V. (Ed.) (1992). Strength and Power in Sport. *Boston: Blackwell Scientific Publications*
53. LENTINI, A.C., R.S. McKELVIE, N, McCARTNEY, et al (1993). Left ventricular response in healthy young men during heavy-intensity weight-lifting exercise. *J. Appl. Physiol. 75(6):2703-2710*
54. LEWIS, S.F., P.G. SNELL, W.F. TAYLOR, et al (1985). Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *J. Appl. Physiol. 58(1):146-151*
55. MacDOUGAL, J.D., R.S. McKELVIE, J.R. MOROZ, Jr SUTTON (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J. Appl. Physiol. 58: 785-790*
56. MacDOUGAL, J.D., D. TUXEN, G. SALE, D.E. MOROZ, D.G SALE, N. McCARTNEY, F. BUICK (1992). Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J. Appl. Physiol. 73(4): 1590-1597*
57. MANNING, W.G., E.B. KEELER, J.P. NEWHOUSE, E.M. SLOSS, J. WASERMAN (1991). The costs of poor health habits. *Harvard University Press, Londres*
58. MARTEL, G.F., D.E. HURLBUT, M.E. LOTT, J.T. LEMMER, F.M. IVEY, S.M. ROTH, M.A. ROGER, J.L. FLEG, B.F HURLEY (1999). Strength training normalizes resting blood pressure in 65-to 73-year-old men and women with high normal blood pressure. *J. Am. Geriatr. Soc. 47:1215-1221*
59. McCARTHY, J.P., M.M. BAMMAN, J.M. YELLE et al (1997). Resistance exercise training and the orthostatic response. *Eur. J. Appl. Physiol. 76(1):32-40*
60. McCARTNEY, N (1998). Role of resistance training in heart disease. *Med. Sci. Sport Exerc. 30:S396-S402*
61. McCARTNEY, J (1999). Acute responses to resistance training and safety. *Med. Sci. Sports Exerc. 31: 31-37*
62. McCARTNEY, N., R.S. McKELVIE, J. MARTIN, et al (1993). Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weight lifting. *J. Appl. Physiol. 74(3): 1056-1060*
63. MEREDITH, C.N., W.R. FRONTERA, K.P. O'REILLY, W.J. EVANS (1992). Body composition in elderly men: Effects of dietary modification during strength training. *J. Am. Geriatr. Soc. 40:155-162*
64. MILES, D.S., J.J. OWENS, J.C. GOLDEN, et al (1987). Central and peripheral hemodynamics during maximal leg extension exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. 56(1):12-17*
65. MILLER, W.J., W.M. SHERMAN, J.L. IVY (1984). Effect of strength training on glucose tolerance and post-glucose insulin response. *Med. Sci. Sports Exerc. 16(6):539-543*
66. MOKDAD A.H., M.K. SERDULA, W.H. DIETZ, B.A. BOWMAN, J.S. MARKS, J.P. KOPLAN (1999). The spread of the obesity epidemic in the United States, 1991-1998. *JAMA. 282:1519-1522*
67. MUST, A., J. SPADANO, E.H. COAKLEY, A.E. FIELD, G. COLDITZ, W.H. DIETZ (1999). The disease burden associated with overweight and obesity. *JAMA. 282:1523-1529*
68. PATE, R.R., S.N. BLAIR, J.L. DURSTEIN, D.O. EDDY, P. PAINTER, K. SMITH, L. WOLFE (1991). Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *Philadelphia: Lea & Febiger*
69. PETERSON, C.M., R.L. JONES, A. DUPUIS, B.S. LEVINE, R. BERNSTEIN, M. O'SHEA (1979). Feasibility of improved blood

- glucose control in patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *Diabetes Care*. 2:329-335
70. POLLOCK, M. L., J. E. GRAVES, M. M. BAMMAN, et al (1993). Frequency and volume of resistance training: effect of cervical extension strength. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 74:1080-1086
 71. POLLOCK, M. L., and K. R. VINCENT (1996). The President is Council on Physical Fitness, and Sports Research Digest. *Series 2, No. 8, December*
 72. POLLOCK, M.L., W.J. EVANS (1999). Resistance training for health and disease: introduction. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(1):10-11
 73. POLLOCK, M. L., B. A. FRANKLIN, G. J. BALADY, et al (2000). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation* 101:828-833
 74. PRATLEY, R., B. NICKLAS, M. RUBIN, J. MILLER, A. SMITH, M. SMITH, B. HURLEY, A. GOLDBERG (1994). Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50-to 65-yr-old men. *J. Appl. Physiol.* 76:133-137
 75. REEDER, B.A., Y. CHEN, S.M. MacDONALD, A. ANGEL, L. SWEET (1997). Regional and rural-urban differences in obesity in Canada. Canadian Heart Health Surveys Research Group. *Can. Med. Assoc. J.* 157 (Suppl. 1):S10-S16
 76. RICE, B., I. JANSSEN, R. HUDSON, R. ROSS (1999). Effects of aerobic or resistance exercise and/or diet on glucose tolerance and plasma insulin levels in obese men. *Diabetes Care.* 22:684-691
 77. ROGERS, M.A., W.J. EVANS (1993). Changes in skeletal muscle with aging: Effects of exercise training. *Ex. Sport Sci. Rev.* 21:65-102
 78. RYAN, A.S., R.E. PRATLEY, D. ELAHI, A.P. GOLDBERG (1995). Resistive training increases fat-free mass and maintains RMR despite weight loss in postmenopausal women. *J. Appl. Physiol.* 79:818-823
 79. SAGIV, M., E. GOLDHAMMER, E.G. ABINADER, et al (1988). Aging and the effect of increased after-load on left ventricular contractile state. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20(3):281-284
 80. SAGIV, M., P. HANSON, E. GOLDHAMMER, et al (1988). Left ventricular and hemodynamic responses during upright isometric exercise in normal young and elderly men. *Gerontol.* 34(4):165-170
 81. SAGIV, M., A. SAGIV, D. BEN-SIRA, et al (1997). Effects of chronic overload training and aging on left ventricular systolic function. *Gerontol.* 43(6):307-315
 82. SALTIN, B., P.O. ASTRAND (1967). Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.* 23(3):353-358
 83. SEALS, D.R., J.M. HAGBERG (1984). The effects of exercise training on human hypertension: a review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16(3):207-215
 84. SEIDELL, J.C., M. CIGOLINI, J.P. DESLYPERE, J. CHARZEWSKA, B.M. ELLSINGER, A. CRUZ (1991). Body fat distribution in relation to physical activity and smoking habits in 38-year-old European men. The European Fat Distribution Study. *Am. J. Epidemiol.* 133:257-265
 85. SEIDELL, J.C (2000). The current epidemic of obesity. In: Bouchard, C. (Ed.) *Physical Activity and Obesity. Champaign, IL. Human Kinetics, pp. 21-30*
 86. SLATTERY, M.L., A. McDONALD, D.E. BILD, B.J. CAAN, J.E. HILNER, D.R. Jr JACOBS, K. LIU (1992). Associations of body fat and its distribution with dietary intake, physical activity, alcohol, and smoking in blacks and whites. *Am. J. Clin. Nutr.* 55:943-049
 87. SMUTOK, M.A., C. REECE, P.F. KOKKINOS, C. FARMER, P. DAWSON, R. SHULMAN, J. DeVANE-BELL, J. PATTERSON, C. CHARABOGOS, A.P. GOLDBERG, B.F. HURLEY (1993). Aerobic versus strength training for risk factor intervention middle-aged men at high risk for coronary heart disease. *Metabolism.* 42(2):177-184
 88. STEFANICK, M.L (1993). Exercise and weight control. *Ex. Sport Sci. Rev.* 21:363-396
 89. STONE, M.H., D. BLESSING, R. BYRD et al (1982). Physiological effects of a short term resistive training program on middle-aged untrained men. *Nat. Strength Cond. Assoc. J.* 4:16-20
 90. STONE, M. H., S. J. FLECK, N. T. TRIPLETT, W. J. KRAEMER (1991). Health- and performance-related potential of resistance training. *Sports Med.* 11:210-231
 91. TAAFFE, D.R., L. PRUITT, J. REIM, G. BUTTERFIELD, R. MARCUS (1995). Effect of sustained resistance training on basal metabolic rate in older women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 43:465-471
 92. TOTH, M.J., T. BECKETT, E.T. POEHLMAN (1999). Physical activity and the progressive change in body composition with aging: Current evidence and research issues. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:S590-S596
 93. TREMBLAY, A., J.P. DESPRES, C. LEBLANC, C.L. CRAIG, B. FERRIS, T. STEPHENS, C. BOUCHARD (1990). Effect of intensity of physical activity on body fatness and fat distribution. *Am. J. Clin. Nutr.* 51:153-157
 94. TREUTH, M.S., A.S. RYAN, R.E. PRATLEY, M.A. RUBIN, J.P. MILLER, B.J. NIKLAS, J. SORKIN, S.M. HARMAN, A.P. GOLDBERG, et al (1994). Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *J. Appl. Physiol.* 77:614-620
 95. TREUTH, M.S., G.R. HUNTER, T. KEKES-SZABO, R.L. WEINSIER, M.I. GORAN, L. BERLAND (1995). Reduction in intra-abdominal adipose tissue after strength training in older women. *J. Appl. Physiol.* 78:1425-1431
 96. TREUTH, M.S., G.R. HUNTER, R. FIGUEROA-COLON, M.I. GORAN (1998). Effects of strength training on intra-abdominal adipose tissue in obese prepubertal girls. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1738-1743
 97. TUCKER, L.A., L.J. SILVESTER (1996). Strength training and hypercholesterolemia: An epidemiologic study of 8499 employed men. *Am. J. Health Promot.* 11: 35-41
 98. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES (1996). *Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General. Atlanta, GA: US Dept of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention*
 99. VAN HOOF, R., F. MACOR, P. LIJNEN, et al (1996). Effects on strength training on blood pressure measured in various conditions in sedentary men. *Int. J. Sports Med.* 17(6):415-422
 100. VERRILL, D., E. SHOUP, G. McELVEEN, K. WITT, D. BERGEY (1992). Resistive exercise training in cardiac patients. Recommendations. *Sports Med.* 13:374-383
 101. WALLACE, M.B., R.J. MOFFATT (1989). Acute effects of resistance exercise on plasma lipids and lipoproteins (abstract). *Med. Sci. Sports Exerc.* 21(2 Suppl.):S116
 102. WARBURTON, D.E.R., N. GLEDHILL, H.A. QUINNEY (2001). The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Can. J.*

Appl. Physiol. 26: 161-216

103. WELTMAN, A., C. JANNEY, C.B. RIAN, et al (1987). The effects of hydraulic resistance strength training on serum lipid levels in prepubertal boys. *Am. J. Dis. Child.* 141:777-780
104. WOSORNU, D., D. BEDFORD, D. BALLANTYNE (1996). A comparison of the effects of strength and aerobic exercise training on exercise capacity and lipids after coronary artery bypass surgery. *Eur. Heart J.* 17:854-863
105. YKI-JARVINEN, H., V.A. KOIVISTO, M.R. TASKINEN, et al (1984). Glucose tolerance, plasma lipoproteins and tissue lipoprotein lipase activities in body builders. *Eur. J. Appl. Physiol.* 53(3): 253-259