

1

CAPÍTULO

BENEFICIOS DEL ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR PARA EL MANTENIMIENTO Y LA MEJORA DE LA SALUD

Juan Francisco Marcos Becerro

INTRODUCCIÓN

La salud y la calidad de vida son objetivos fundamentales de la política actual en los países más desarrollados. Constituyen, a su vez, una preocupación social de primer orden que depende de numerosos factores para su mantenimiento y mejora, tales como la herencia genética, el estrés, las alteraciones metabólicas y hormonales, así como los hábitos de vida del sujeto (alimentación, consumo de tabaco, alcohol y drogas y hábitos de práctica de actividad física).

La falta de actividad física es responsable en la actualidad de un gran número de afecciones patológicas denominadas «enfermedades hipocinéticas». En Estados Unidos, desde la década de los noventa, después del consumo de tabaco (18,1% de decesos), la inactividad física unida a inadecuados hábitos alimenticios constituye la segunda causa de muerte por la que fallecieron unas 400.000 personas (16,6%). Ambas alteraciones del estado de vida saludable, además de constituir un factor de riesgo para numerosas enfermedades, son las que proporcionalmente han influido más en los fallecimientos de los últimos años, pasando de un 14% de muertes en 1990 a un 16,6% en el año 2000.

La actividad física posee un efecto favorable sobre las alteraciones descritas y, aunque si bien es cierto que la inmensa mayoría de los especialistas recomiendan el ejercicio aeróbico para su prevención, tratamiento y rehabilitación, el acondicionamiento muscular y la flexibilidad colaboran con gran eficacia en conseguir un buen estado de salud física. Según Delecluse *et al.*, en los hombres mayores la combinación de ejercicios aeróbicos con los de fuerza es igualmente efectiva para mejorar la salud que el entrenamiento aeróbico aislado.

Diversas organizaciones internacionales aconsejan diseñar programas de ejercicios de resistencia cardiovascular, flexibilidad, fuerza y equilibrio, realizados de tres a cinco días por semana, junto a un patrón nutricional consistente en dietas bajas en grasa, ricas en verduras, frutas y cereales, agua

abundante y suplementos de vitaminas y minerales, con el fin de mantener una buena salud y conseguir un envejecimiento exitoso.

IMPORTANCIA DEL ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR EN LA PROGRAMACIÓN DEL EJERCICIO FÍSICO

El ejercicio físico orientado a mejorar la salud produce considerables beneficios, no sólo sobre el componente físico, sino también sobre el psíquico y el social. Gran parte de las mejorías conseguidas se debe a las ganancias de tejido muscular, en la hipertrofia muscular y al aumento de la fuerza, potencia y resistencia de este tejido.

Entre los efectos beneficiosos más importantes de un adecuado acondicionamiento muscular podemos destacar la disminución de la grasa corporal y la presión arterial diastólica, el aumento del metabolismo basal, el incremento de la densidad mineral ósea y del tejido conjuntivo, la mejora del perfil lipídico de la sangre, la tolerancia a la glucosa, la sensibilidad a la insulina y la capacidad funcional del organismo.

Siempre que el acondicionamiento muscular sea dirigido y supervisado por técnicos cualificados, se reducirán los riesgos de lesiones o trastornos orgánicos y podrá ser recomendado sin problemas importantes a cualquier edad, incluyendo a escolares de primeros años o a personas muy mayores.

Los principales objetivos del acondicionamiento muscular consisten en activar la mayor cantidad posible de unidades motrices (UM) y conseguir una masa muscular que permita un desarrollo adecuado de las actividades específicas de cada sujeto, tanto para la vida cotidiana como para la práctica deportiva.

La sincronización o puesta en acción de las unidades motrices con cualidades específicas distintas y la frecuencia con la que se produce la activación son dos factores neurales decisivos en la producción de la fuerza.

El desarrollo muscular es la consecuencia de un equilibrio entre los factores que la estimulan: el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1) autocrino y su isoforma,

el IGF-1 mecánico, y los que la inhiben: la miostatina. Mediante el ejercicio físico (EF) regular y sistemático se aumentan los primeros y se disminuye la segunda.

Aunque los beneficios de la salud conseguidos con el ejercicio físico son similares en todas las edades, en los dos extremos de la vida adquieren particular importancia debido a sus peculiares características anatómicas y funcionales.

Beneficios del acondicionamiento muscular en la edad escolar

A pesar de que hace algunos años el entrenamiento de la fuerza en los niños fue criticado con excesiva dureza por algunos técnicos e investigadores, debido a las alteraciones que podía causar sobre el desarrollo infantil y la salud, en la actualidad las opiniones de los expertos han variado sustancialmente, ya que se distingue claramente el entrenamiento específico e intenso dirigido a la competición del acondicionamiento muscular orientado a la mejora de las habilidades motoras y la estructura y función del sistema musculoesquelético.

De acuerdo con el criterio del Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM), los niños no deben utilizar cargas intensas o máximas durante la realización del entrenamiento. Con el objeto de evitar cualquier tipo de inconveniente, la Academia Americana de Medicina Deportiva publicó en el año 2002 sus directrices y el programa básico para el ejercicio físico en niños y adolescentes.

Cuando se tienen en cuenta las características específicas de los niños y las niñas y el programa es supervisado por un técnico cualificado, el acondicionamiento muscular produce importantes beneficios sobre su salud psicofísica.

En la actualidad se considera que un acondicionamiento muscular que regule adecuadamente la intensidad, el volumen y la duración asegura aumentos de la fuerza y la resistencia del músculo y la captación máxima de oxígeno, mejora las destrezas motoras, previene contra las lesiones osteomusculares y facilita su recuperación cuando se producen. Asimismo, el ejercicio físico regular, unido a una dieta equilibrada, reduce la grasa corporal, aumenta la masa muscular y disminuye los niveles de colesterol.

Del mismo modo, este tipo de actividades físicas ejercen un efecto positivo sobre las funciones psicológicas en la edad infantil y en los niños y niñas que sufren parálisis cerebral mejoran la flexibilidad y el sentimiento de bienestar, a la vez que facilitan la participación en las actividades realizadas en la escuela y en las de tiempo libre.

Beneficios del acondicionamiento muscular en las personas mayores

Actualmente estamos asistiendo a un aumento considerable de la población anciana, en la que un importante contingente de la misma se ve afectado por la discapacidad, que, además de producir sufrimiento e impotencia al sujeto, origina graves problemas económicos y sociales.

La habilidad funcional se halla influenciada por la eficiencia de los sistemas muscular y cardíaco y por la ausencia de enfermedades crónicas, hechos relacionados con el estilo de vida y, en especial, con la actividad física realizada y los hábitos correctos de alimentación.

A medida que aumentan los años se hace más evidente el deterioro del sistema musculoesquelético, en el que disminuyen la masa ósea (osteopenia) y la muscular (sarcopenia). Ambas entidades clínicas son afecciones muy comunes de la edad avanzada, lo que supone un gran problema para la salud pública de los países más desarrollados, sobre todo en lo que se refiere a la calidad de vida de los mayores.

En el envejecimiento y deterioro del sistema neuromuscular tiene una gran influencia la disminución de la hormona de crecimiento (HCr) y la del IGF-1, junto a la nutrición inadecuada y a la falta de ejercicio (Fig. 1). A consecuencia de ello se produce la reducción en la síntesis de las proteínas, lo que facilita la aparición de la sarcopenia y la osteopenia, lo que disminuye la movilidad, la pérdida del equilibrio, el aumento de las caídas y la aparición de fracturas, hechos muy frecuentes en quienes dejaron atrás la juventud.

Según Muhlberg y Sieber, en las personas mayores frágiles, inmediatamente después de iniciado el descenso de la síntesis de las proteínas musculares, se establece un círculo vicioso entre la sarcopenia y la reducción de la movilidad, circunstancia que aumenta el riesgo de caídas y fracturas óseas.

MODIFICACIONES ORGÁNICAS PRODUCIDAS POR UN ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR ORIENTADO HACIA LA SALUD

Ejercicio físico y prevención de la atrofia muscular

A pesar de que el envejecimiento tiene una gran influencia en la aparición de la sarcopenia, existen otra serie de factores que poseen influencia directa en la misma, tales como el sedentarismo, el reposo en cama, la inmovilización de los

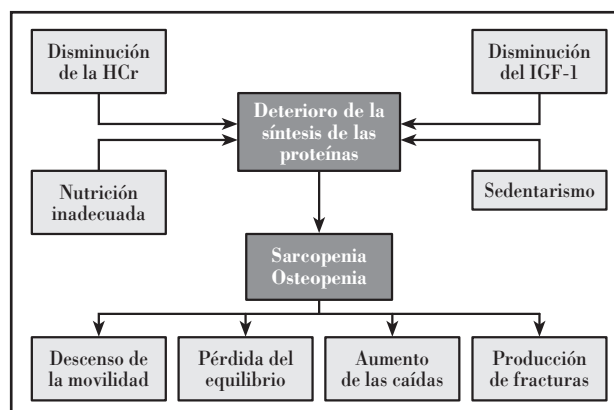


Figura 1. Factores desencadenantes de sarcopenia y osteopenia.

miembros consecutiva a un traumatismo o enfermedad, la falta de acción de la fuerza de gravedad (lo que sucede en astronautas), la nutrición inadecuada y, en especial, las dietas pobres en proteínas.

En lo que se refiere a la sarcopenia causada por envejecimiento, los mecanismos que la producen son: el declive de la actividad de las neuronas motoras α y de la contractilidad de la fibra muscular, la disminución de las hormonas citadas anteriormente y de los factores de crecimiento y el descenso de la actividad física, que, según algunos autores, es el más relevante.

La pérdida de fuerza es probablemente la consecuencia más significativa producida por la sarcopenia, ya que ésta se acompaña de las alteraciones hipocinéticas citadas con anterioridad, a las que debemos añadir la reducción de las reservas nutricionales, la disminución del gasto energético y del metabolismo basal, los aumentos del peso corporal, los trastornos de la termorregulación, el deterioro del sistema inmunitario y, en algunas ocasiones, las modificaciones de la función respiratoria.

Para su tratamiento se ha utilizado un considerable número de remedios terapéuticos; sin embargo, el único que parece realmente útil es la práctica de ejercicio físico. Un adecuado acondicionamiento muscular permite mantener la masa muscular, el trofismo y los niveles de fuerza relativa (la fuerza desarrollada en relación con la masa muscular), a la vez que disminuye la dificultad para realizar las actividades de la vida cotidiana, lo que promueve la participación de estas personas en la realización de la actividad física espontánea.

Ramsbottom *et al.* encontraron mejoras en la potencia de los miembros inferiores, así como en el equilibrio dinámico y en la movilidad funcional, en un programa de acondicionamiento muscular de 24 semanas de duración.

En los mayores discapacitados puede ser muy efectivo el empleo de bandas elásticas, ya que puede mejorar la coordinación y adaptación al levantamiento de cargas.

En las mujeres mayores un adecuado acondicionamiento muscular reduce el riesgo de sufrir caídas. Liu-Ambrose *et al.* verificaron una reducción de accidentes de un 57,3% debido a la mejora de la estabilidad postural, donde la oscilación de los pasos disminuye un 30,6% como consecuencia del aumento de la fuerza de los músculos de los miembros inferiores.

Según Helbostad *et al.*, un programa de acondicionamiento muscular que esté orientado hacia la mejora del equilibrio y la coordinación intermuscular favorece la marcha y velocidad del paso, circunstancia que mejora la calidad de vida del sujeto. Los buenos efectos conseguidos con dicha combinación pueden persistir hasta seis meses tras finalizar el programa.

El acondicionamiento muscular regular y controlado disminuye en personas mayores la osteoporosis, así como diver-

sos síntomas de numerosas afecciones crónicas, como la enfermedad cardíaca, la artrosis y la diabetes tipo 2; también mejora el descanso nocturno e interviene positivamente en las etapas iniciales de la depresión. Todos los efectos positivos del acondicionamiento muscular se ven incrementados con el entrenamiento aeróbico; la organización en circuito constituye una forma muy aconsejada de trabajo en personas mayores.

La aplicación crónica de cargas al músculo superiores a las que habitualmente se halla sometido origina un proceso de remodelado que se traduce en modificaciones de su masa y en alteraciones celulares y moleculares de las miofibrillas.

En el proceso causal de la hipertrofia originado por el ejercicio intervienen diversos mecanismos que se activan por los efectos de la microlesión muscular. Este daño muscular que se produce durante el ejercicio desencadena un proceso de adaptación de los tejidos (Fig. 2) que genera a medio plazo un aumento de volumen de las fibras musculares, modificaciones de las miofibrillas, de los vasos sanguíneos y del tejido conjuntivo, incremento de la síntesis de las proteínas contráctiles e intervención de las células satélites musculares indiferenciadas.

El aumento del volumen muscular causado por el ejercicio es debido, fundamentalmente, al engrosamiento de cada una de sus fibras (hipertrofia). Tanto las fibras rápidas como las lentas responden a este mecanismo adaptativo, independientemente de la edad del sujeto.

La hipertrofia supone un incremento de tamaño y número de miofibrillas y miofilamentos. Del mismo modo, aumenta el espesor del tejido conjuntivo en serie y en paralelo. En cuanto a los vasos sanguíneos, las opiniones de los autores no son coincidentes, pues mientras que para algunos autores el ejercicio disminuye un 35% la densidad capilar, para otros aumenta el número de capilares en la fibra muscular y en el área global muscular.

La formación de nuevas proteínas necesarias para generar el proceso de hipertrofia muscular se lleva a cabo a través de la reestructuración de las proteínas musculares y la utilización de los aminoácidos ingeridos en la dieta.

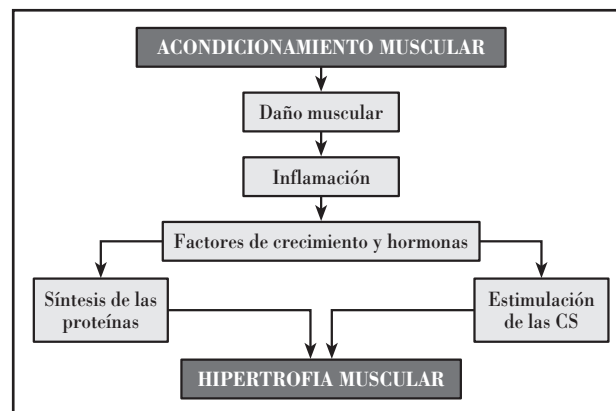


Figura 2. Acondicionamiento muscular y fenómeno de hipertrofia.

En el proceso de la hipertrofia muscular intervienen un tipo de células pluripotenciales (mioblastos) conocidas como «células satélite». Dichas células se encuentran ubicadas entre la membrana basal y el sarcolema de las miofibras. Habitualmente se hallan en inactividad, hasta que un determinado estímulo (lesión o ejercicio físico) las activa y comienza su proliferación y diferenciación para dar lugar a la formación de nuevas miofibras. Los genes de los núcleos de las células musculares tienen como misión dirigir la síntesis de las proteínas contráctiles. En el caso de la hipertrofia, los núcleos aportados por las células satélite son los encargados de realizar este cometido. Entre los agentes que estimulan estas células para proliferar y diferenciarse se encuentran los IGF, tanto los autocrinos (formados en el mismo lugar) como los paracrinós (formados en un lugar cercano), el factor de crecimiento de los fibroblastos (FGF), el factor de crecimiento de los hepatocitos (HGF), la insulina, la leptina, la testosterona, la hormona tiroidea y el óxido nítrico.

Acondicionamiento muscular y prevención de la osteoporosis

La osteoporosis es una de las afecciones más frecuentes en los países desarrollados y constituye un gran problema económico y social debido a la mortalidad y a las discapacidades que produce. Aunque las personas mayores son más proclives a sufrirla, los jóvenes también la padecen e, incluso, si existen determinantes genéticos, puede aparecer en el momento del nacimiento. En todas las edades las mujeres son las más proclives a desarrollar esta patología.

En la aparición de la osteoporosis intervienen numerosas causas. Entre las más significativas destacamos los genes, una alimentación inadecuada, algunas enfermedades, ciertos fármacos, deficiencia hormonal y la falta de actividad física regular. Las pérdidas originadas por la inactividad física pueden ser restituidas mediante el ejercicio; tiene especial importancia el acondicionamiento muscular. No obstante, esta recuperación es por lo general muy costosa y puede ser incompleta.

En cualquier edad, pero especialmente después de los 65 años, los buenos resultados del ejercicio físico son evidentes. Cussler *et al.* encontraron en mujeres menopáusicas un aumento de la densidad mineral ósea del trocánter del fémur proporcional al aumento de la intensidad de un programa de ejercicios de sentadillas y extensiones en sedentación (*press* de piernas).

Debemos tener presente que los efectos conseguidos en el acondicionamiento muscular desaparecen algunas semanas después de haber finalizado el programa, por lo que es preciso mantener la actividad de forma regular.

ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR Y PREVENCIÓN DE ALTERACIONES ORGÁNICAS

Enfermedades del sistema cardiovascular

El ejercicio físico se utiliza en la prevención, el tratamiento y la rehabilitación de diversas enfermedades cardiovasculares.

En los enfermos con insuficiencia cardíaca crónica, un acondicionamiento muscular de intensidad moderada mejora la fuerza, la resistencia, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, el flujo de sangre al antebrazo, la movilidad funcional y la calidad de vida sin producir efectos secundarios importantes.

En los sujetos afectados por enfermedad coronaria, la combinación del acondicionamiento muscular y el trabajo aeróbico reduce los riesgos de sufrir un infarto de miocardio al disminuir el colesterol total y los triglicéridos y al aumentar las lipoproteínas de alta densidad.

En las personas jóvenes cuya presión arterial es normal, este tipo de ejercicio ligero o moderado disminuye las cifras tensionales, lo que les previene contra la enfermedad cardiovascular.

Muchos autores están de acuerdo en que el acondicionamiento muscular constituye un buen procedimiento para rehabilitar a los afectados por alguna enfermedad cardiovascular y especialmente a los enfermos con insuficiencia coronaria en las fases III y IV.

Enfermedades del sistema pulmonar

Una de las enfermedades más frecuentes e invalidantes es la llamada «enfermedad pulmonar obstructiva crónica» (EPOC). El síntoma más aparente es la dificultad respiratoria o disnea, que se halla muy influenciada por la alteración funcional de los músculos de los miembros inferiores. Según los especialistas en dicha enfermedad el objetivo más importante del tratamiento rehabilitador es mejorar la fuerza y la resistencia de dichos grupos musculares, por lo que un acondicionamiento muscular de las extremidades inferiores mejora la calidad de vida en enfermos de EPOC. El ejercicio regular y la mejora de la fuerza favorecen el desplazamiento, la potencia de la extensión de la pierna, el rendimiento funcional y la salud general del sujeto.

La fibrosis quística es una grave enfermedad que afecta al páncreas y al pulmón; se acompaña de importantes alteraciones musculares, cuya causa no se conoce, aunque se sospecha que en la misma intervienen ciertas anomalías del metabolismo muscular. Mediante un adecuado acondicionamiento muscular se reducen las repercusiones que causa esta enfermedad al sistema neuromuscular.

Enfermedades metabólicas

La diabetes y la obesidad son dos afecciones que causan con frecuencia alteraciones cardiovasculares de gravedad.

El acondicionamiento muscular tiene efectos muy beneficiosos en sujetos afectados por diabetes. Estas mejoras son debidas probablemente al incremento de la acción de la insulina sobre el músculo esquelético.

En los diabéticos del tipo 2, el acondicionamiento muscular de naturaleza aeróbica mejora la tolerancia a la insulina y reduce las repercusiones orgánicas de esta enfermedad, por lo que en opinión de Fenicchia *et al.* supone un adecuado tratamiento.

En relación con la obesidad, el acondicionamiento muscular desempeña dos funciones muy importantes. La primera de ellas consiste en aumentar el consumo de oxígeno durante el ejercicio y seguir haciéndolo después de finalizado el mismo, a la vez que se favorece la oxidación de las grasas. En segundo lugar, evita la pérdida de la masa magra (músculo) originada por la dieta hipocalórica que acompaña al tratamiento.

Enfermedades del sistema urinario

La pérdida de fuerza es un hecho constatado en los pacientes con insuficiencia renal. Mediante el acondicionamiento muscular se pueden mejorar la estructura y función del músculo, lo que produce efectos beneficiosos sobre la capacidad funcional y el rendimiento físico del sujeto. En la actualidad se utiliza con cierta frecuencia el ejercicio físico como tratamiento en los enfermos que padecen insuficiencia renal crónica, incluidos los terminales. El único problema que puede originar este tipo de entrenamiento es el aumento de la presión arterial diastólica, por lo que es preciso reducir la intensidad de la carga y evitar maniobras de prensión reiteradas.

Enfermedades cancerosas

La práctica regular de ejercicio físico no es capaz de curar el cáncer, pero sí se ha podido constatar que su aplicación genera una considerable mejora de la funcionalidad y calidad de vida de quienes lo practican. Incluso diversos estudios epidemiológicos muestran que el ejercicio de tiempo libre y el realizado en el ámbito laboral tienen efectos preventivos sobre la aparición de diversos tipos de cáncer.

En cuanto a la relación e influencia del acondicionamiento muscular sobre el cáncer, las publicaciones son poco numerosas, aunque en algún trabajo se constata que puede proteger de ciertos factores desencadenantes en la aparición del cáncer de mama y de colon.

Se han podido verificar por investigación diversos efectos beneficiosos que el acondicionamiento muscular produce en pacientes aquejados de cáncer. Coleman *et al.* verifi-

caron disminución de la fatiga y mejora del estado de ánimo y del sueño en personas afectadas por mieloma múltiple tratadas con quimioterapia intensa.

En los hombres con cáncer de próstata, el tratamiento habitual utilizado para disminuir la actividad de la testosterona suele producir numerosos efectos secundarios que afectan negativamente a su calidad de vida. Segar *et al.* demostraron que un programa regular de acondicionamiento muscular disminuye la fatiga, aumenta la fuerza muscular y mejora la calidad de vida. Asimismo, Kelm *et al.* encontraron mejoras significativas de los parámetros musculares (fuerza y resistencia) y de la calidad de vida en un enfermo que padecía metástasis hepáticas producidas por un cáncer de recto.

Alteraciones del sistema nervioso

Recientemente se ha comenzado a utilizar el acondicionamiento muscular en la rehabilitación de las personas que han padecido un accidente cerebrovascular agudo (ACVA). El aumento de la fuerza muscular originado por el ejercicio disminuye las alteraciones funcionales originadas por esta alteración, circunstancia que mejora la capacidad y funcionalidad del paciente.

Taylor *et al.* encontraron que en enfermos afectados por parálisis cerebral el acondicionamiento muscular, además de aumentar la fuerza de las piernas un 22% y la de los brazos un 17,2%, incrementa la capacidad para realizar las actividades de la vida diaria, produce una sensación placentera y facilita la incorporación desde la posición de sentado.

En sujetos aquejados de esclerosis múltiple, White *et al.* utilizando un programa de ejercicios encontraron una mejora en la extensión de la rodilla de un 7,4%, en la flexión plantar de un 52% y en el rendimiento de la marcha de hasta un 8%. Del mismo modo señalan una reducción de la fatiga y una mejora de la funcionalidad global del sujeto.

El acondicionamiento muscular mejora la fuerza muscular y el equilibrio en la enfermedad de Parkinson. Por otro lado, en adultos con síndrome de Down, mejora la fuerza y el equilibrio corporal.

Afecciones dolorosas del sistema osteoarticular y muscular

La lumbalgia o dolor de la región lumbar es una de las afecciones más frecuentes que afectan a la población. Mediante un correcto acondicionamiento muscular del tronco se puede aumentar la capacidad funcional de los músculos erectores de la columna lumbar, así como la densidad mineral ósea de las vértebras, lo que contribuye a disminuir las molestias en esta zona de la columna vertebral.

Los resultados obtenidos con el ejercicio físico pueden durar hasta un año, aunque los efectos más notables de los programas de fuerza tienen lugar cuando el objetivo es prevenir la lumbalgia.

El dolor de la zona cervical es también muy frecuente y suele reducirse mediante un fortalecimiento muscular de dicha zona. No obstante, siguiendo la experiencia de Ylinen *et al.*, un acondicionamiento muscular de ligera intensidad en combinación con ejercicios de estiramiento, parece tener mayor eficacia para eliminar la debilidad muscular y el dolor en la zona del cuello.

La fibromialgia es otra de las afecciones que se acompaña de un gran número de síntomas, entre los que destaca el dolor muscular; por ello, los analgésicos se utilizan con gran frecuencia y profusión. Los ejercicios de acondicionamiento muscular, tanto de naturaleza aeróbica como anaeróbica, se han mostrado eficaces para mejorar la sintomatología de esta enfermedad. Mediante el ejercicio se logra reducir el dolor y se mejora la capacidad funcional general evitando los efectos secundarios que la medicación produce.

Los enfermos afectados por artritis reumatoide y, en especial, las personas mayores poseen una capacidad física reducida debido a la inmovilidad originada por la inflamación y el dolor, lo que produce atrofia de los músculos y pérdida de fuerza generalizada. Cuando la enfermedad se prolonga, suele acompañarse de osteoporosis.

Un adecuado acondicionamiento muscular reduce el dolor y aumenta las posibilidades de movimiento del sujeto en las actividades de la vida diaria.

En cuanto a la osteoporosis que acompaña a esta enfermedad, el ejercicio regular ejerce un efecto protector contra la pérdida de hueso en una zona tan importante como la cadera.

Según Hakkinen *et al.*, las mejoras en la fuerza muscular perduran hasta tres años después de realizar el programa de ejercicio.

Efectos sobre el sistema inmunitario

La fase anaeróbica del ejercicio físico produce en el sistema inmunitario de las mujeres un aumento en la concentración de las células NK y de los linfocitos CD4+, CD8+ y B50.

En las personas comprendidas entre los 60 y los 69 años, el ejercicio revierte algunas de las alteraciones del sistema inmunitario originadas por la edad, de manera que quienes participaron en un programa con este tipo de entrenamiento presentaban aspectos similares de su sistema inmunitario a los habituales observados en las personas de 30 años.

CONSIDERACIONES FINALES

Como hemos destacado a lo largo del presente capítulo, el acondicionamiento muscular es un factor preventivo de primer orden en la mayoría de alteraciones existentes en una sociedad actual donde predomina el sedentarismo. Por ello es esencial llevar a cabo planes de promoción y desarrollo que aumenten el número de practicantes en las diferentes franjas de edad. Sin embargo, también es fundamen-

tal que el ejercicio físico esté dirigido por profesionales de alta calidad profesional, ya que el ejercicio es un medicamento natural que, como hemos visto, en sus dosis adecuadas y controladas es muy beneficioso, pero en manos no cualificadas puede suponer un grave perjuicio para la salud.

En los apartados siguientes trataremos de orientar y analizar las bases científico-médicas que aseguren una práctica segura y saludable.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen J, Dodd KJ, Taylor NF, McBurney H, Larkin H. Strength training can be enjoyable and beneficial for adults with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*, 2004; 26:1121-1127.
2. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Guidelines for cardiac rehabilitation programs. Champaign (IL): Human Kinetics, 1995.
3. Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK, Cramer RM, Verlaan G, Kjaer M, et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism*, 2005; 54:151-156.
4. Anderson JE. A role for nitric oxide in muscle repair: nitric oxide-mediated activation of muscle satellite cells. *Mol Biol Cell*, 2000; 11:1859-1874.
5. Benton MJ. Safety and efficacy of resistance training in patients with chronic heart failure: research-based evidence. *Prog Cardiovasc Nurs*, 2005; 20:17-23.
6. Bischoff R. The satellite cell and muscle regeneration. En: Engel AG, Franzini-Armstrong C. *Myology*. New York: McGraw-Hill, 1994.
7. Blimkie CJ. Resistance training during preadolescence. Issues and controversies. *Sports Med*, 1993; 15:389-407.
8. Bourke DL, Wylie SR, Theon A, Bandman E. Myosin heavy chain expression following transfer into regenerating chicken muscle. *Basis Appl Myol*, 1995; 5:43-56.
9. Brown AB, et al. Strength training effects in aging. *Med Sci Sports Exerc*, 1988; 20:S80.
10. Cahill BR. Proceedings of the conference on strength training and the prepubescent. Chicago: American Orthopedic Society for Sports Medicine, 1988; 1-14.
11. Carter JR, Ray CA, Downs EM, Cooke WH. Strength training reduces arterial blood pressure but not sympathetic neural activity in young normotensive subjects. *J Appl Physiol*, 2003; 94:2212-2216.
12. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Strength training among adults aged ≥ 65 years. United States, 2001. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 2004; 53:25-28.
13. Cline E, Costi S, Romagnoli M, Florini F. Rehabilitation of COPD patients: which training modality. *Monaldi Arch Chest Dis*, 2004; 61:167-173.
14. Coleman EA, Coon S, Hall-Barrow J, Richards K, Gaylor D, Stewart B. Feasibility of exercise during treatment for multiple myeloma. *Cancer Nurs*, 2003; 26:410-419.
15. Cussler EC, Lohman TG, Going B, et al. Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc*, 2003; 35:10-17.
16. Chien MY, Yang RS, Tsao JY. Home-based trunk-strengthening exercise for osteoporotic and osteopenic postmenopausal women without fracture. A pilot study. *Clin Rehabil*, 2005; 19:28-36.
17. Danciewicz TM, Krebs DE, McGibbon CA. Lower-limb extensor power and lifting characteristics in disabled elders. *J Rehabil Res Dev*, 2003; 40:337-347.
18. De Jong Z, Munneke M, Lems WF, Zwinderman AH, Kroon HM, Pauwels EK, et al. Slowing of bone loss in patients with rheumatoid arthritis by long-term high-intensity exercise: results of a randomized, controlled trial. *Arthritis Rheum*, 2004; 50:1066-1076.
19. Delecluse C, Colman V, Roelants M, Verschueren S, Derave W, Ceux T, et al. Exercise programs for older men: mode and intensity to induce the highest possible health-related benefits. *Prev Med*, 2004; 39:823-833.
20. Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2003; 45:652-657.
21. Doumit ME, Cook DR, Merkel RA. Testosterone up-regulates androgen receptors and decreases differentiation of porcine satellite cells in vitro. *Endocrinology*, 1996; 137:1385-1394.
22. Faigenbaum AD, Micheli L (1998). Current Content: Youth strength training (Posted on the World Wide Web). Indianapolis, Indiana: American College of Sports Medicine. Retrieved January 31, 2001. En: Web: <http://www.acsm.org>.
23. Faigenbaum AD. Strength training: A Guide For Teachers and Coaches. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 1993; 15:20-28.
24. Faigenbaum AD. Strength training for children and adolescents. *Clin Sports Med*, 2000; 19:593-619.
25. Fenicchia LM, Kanaley JA, Azevedo JL Jr, Miller CS, Weinstock RS, Carhart RL, et al. Influence of resistance exercise training on glucose control in women with type 2 diabetes. *Metabolism*, 2004; 53:284-289.
26. Fuh VL, Bach MA. Growth hormone secretagogues: mechanism of action and use in aging. *Growth Horm IGF Res*, 1998; 8:13-20.
27. Giangregorio L, Blimkie CJ. Skeletal adaptations to alterations in weight-bearing activity: a comparison of models of disuse osteoporosis. *Sports Med*, 2002; 32:459-476.
28. Grounds MD. Age-associated changes in the response of skeletal muscle cells to exercise and regeneration. *Ann N Acad Sci*, 1998; 854:78-91.

29. Hakkinen A, Sokka T, Hannonen P. A home-based two-year strength training period in early rheumatoid arthritis led to good long-term compliance: a five-year followup. *Arthritis Rheum*, 2004; 51:56-62.
30. Helbostad JL, Sletvold O, Moe-Nilssen R. Home training with and without additional group training in physically frail old people living at home: effect on health-related quality of life and ambulation. *Clin Rehabil*, 2004; 18:498-508.
31. Helmhout PH, Harts CC, Staal JB, Candel MJ, De Bie RA. Comparison of a high-intensity and a low-intensity lumbar extensor training program as minimal intervention treatment in low back pain: a randomized trial. *Eur Spine J*, 2004.
32. Hirsch MA, Toole T, Maitland CG, Rider RA. The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003; 84:1109-1117.
33. Holten MK, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski JF, Dela F. Strength training increases insulin-mediated glucose uptake, GLUT4 content, and insulin signaling in skeletal muscle in patients with type 2 diabetes. *Diabetes*, 2004; 53:294-305.
34. Holly J, Benjamin, Glow KM. Strength Training for Children and Adolescents. What Can Physicians Recommend? *Phys Sportsmed*, 2003; 31 (9).
35. Hruza KV, Hicks AL, McCartney N. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol*, 2003; 28:178-189.
36. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*, 2004; 34:329-348.
37. Jacobs SC, Bar PR, Bootsma AL. Effects of hypothyroidism on satellite cells and postnatal fiber development in the soleus muscle of rat. *Cell Tissu Res*, 1996; 286:137-144.
38. Kelm J, Ahlhelm F, Weissenbach P, Schliesing P, Regitz T, Deubel G, et al. Physical training during intrahepatic chemotherapy. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003; 84:687-690.
39. Kongsgaard M, Backer V, Jorgensen K, Kjaer M, Beyer N. Heavy resistance training increases muscle size, strength and physical function in elderly male COPD-patients - a pilot study. *Respir Med*, 2004; 98:1000-1007.
40. Kraemer WJ, Ratamess NA, French DN. Resistance training for health and performance. *Curr Sports Med Rep*, 2002; 1:165-171.
41. Kressig R, Proust J. Körperliche Aktivität und Alterungsprozess (Physical activity and aging). *Schweiz Med Wochenschr*, 1998; 128:1181-1186.
42. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, Anderson CS. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2004; 59:48-61.
43. Lavallee M. Strength Training in Children and Adolescents. American College of Sports Medicine September 2002. En: www.acsm.org.
44. Liu-Ambrose T, Khan KM, Eng JJ, Janssen PA, Lord SR, McKay HA. Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc*, 2004; 52:657-665.
45. MacDougall JD, et al. Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *J Appl Physiol*, 1984; 57:1399-1403.
46. Maiorana A, O'Driscoll G, Cheetham C, et al. Combined aerobic and resistance exercise training improves functional capacity and strength in CHF. *J Appl Physiol*, 2000; 88:1565-1570.
47. Marcos Becerro JF. El envejecimiento del sistema muscular. La función del ejercicio en su prevención y tratamiento. En: Marcos Becerro JF, Galiano D (eds.). *Ejercicio, salud y longevidad*. Sevilla: Consejería de Turismo y Deportes de la Comunidad de Andalucía, 2004; 311-336.
48. Marcos Becerro JF. Mayores, osteoporosis y ejercicio. En: Marcos Becerro JF, Galiano D (eds.). *Ejercicio, salud y longevidad*. Sevilla: Consejería de Turismo y Deportes de la Comunidad de Andalucía, 2004; 337-360.
49. McBurney H, Taylor NF, Dodd KJ, Graham HK. A qualitative analysis of the benefits of strength training for young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*, 2003; 45:658-663.
50. Miles MP, Kraemer WJ, Nindl BC, Grove DS, Leach SK, Dohi K, et al. Strength, workload, anaerobic intensity and the immune response to resistance exercise in women. *Acta Physiol Scand*, 2003; 178:155-163.
51. Mokdal AH, Marks JS, Stroup DF, Gerberding JL. Actual causes of death in the United States, 2000. *JAMA*, 2004; 291:1238-1245.
52. Mooney V, Kron M, Rummerfield P, Holmes B. The effects of workplace based strengthening on low back injury rates: a case study in the strip mining industry. *J Occup Rehab*, 1995; 5:157-167.
53. Moullas R, Meaume S, Raynaud-Simon A. Sarcopenia, hypermetabolism and aging. *Gerontol Geriatr*, 1999; 32:425-432.
54. Muhlberg W, Sieber C. Sarcopenia and frailty in geriatric patients: implications for training and prevention. *Z Gerontol Geriatr*, 2004; 37:2-8.
55. Neiner JA, Howze EH, Greaney ML. Using scenario planning in public health: anticipating alternative futures. *Health Promot Pract*, 2004; 5:69-79.
56. Nindl BC, Headley SA, Tuckow AP, Pandorf CE, Diamandi A, Khosravi MJ, et al. Effects of a 9-month strength training intervention on insulin, insulin-like growth factor (IGF)-I, IGF-binding protein (IGFBP)-1 and IGFBP-3 in 30-50-year-old women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2002; 11:1597-1604.
57. Orenstein DM, Hovell MF, Mulvihill M, Keating KK, Hofstetter CR, Kelsey S, et al. Strength vs aerobic training in children with cystic fibrosis: a randomized controlled trial. *Chest*, 2004; 126:1204-1214.
58. Ouellette MM, LeBrasseur NK, Bean JF, Phillips E, Stein J, Frontera WR, et al. High-intensity resistance training improves muscle strength, self-reported function, and disability in long-term stroke survivors. *Stroke*, 2004; 35:1404-1409.
59. Ozmun J, Mikesky A, Surlburg P. Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc*, 1994; 10:513.
60. Poehlman ET, Melby C. Resistance training and energy balance. *Int J Sport Nutr*, 1998; 8:143-159.
61. Puhan MA, Schunemann HJ, Frey M, Scharplatz M, Bachmann LM. How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction. *Thorax*, 2005; 60:367-375.
62. Radzewitz A, Miche E, Herrmann G, Nowak M, Montanus U, Adam U, et al. Exercise and muscle strength training and their effect on quality of life in patients with chronic heart failure. *Eur J Heart Fail*, 2002; 4:627-634.
63. Rall LC, Roubenoff R, Cannon JG, et al. Effects of progressive resistance training on immune response in aging and chronic inflammation. *Med Sci Sports Exerc*, 1996; 28:1356-1365.
64. Ramsay JA, Blimkie CJR, Smith K, et al. Strength training effects in prepubescent boys. *Med Sci Sports Exerc*, 1990; 22:605-614.
65. Ramsbottom R, Ambler A, Potter J, Jordan B, Nevill A, Williams C. The effect of 6 months training on leg power, balance, and functional mobility of independently living adults over 70 years old. *J Aging Phys Act*, 2004; 12:497-510.
66. Researchers Against Inactivity-related Disorders. En: www.ridinactivity.org/ 35_conditions.htm.
67. Rhea MR, Alderman BL. A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Res Q Exerc Sport*, 2004; 75:413-422.
68. Ross R, Pedwell H, Rissanen J. Response of total and regional lean tissue and skeletal muscle to a program of energy restriction and resistance exercise. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1995; 19:781-787.
69. Roubenoff R. Sarcopenia: a major modifiable cause of frailty in the elderly. *J Nutr Health Aging*, 2000; 4:140-142.
70. Sahlberg ME, Svantesson U, Thomas EM, Strandvik B. Muscular strength and function in patients with cystic fibrosis. *Chest*, 2005; 127 (5):1587-1592.
71. Sattin RW, et al. The incidence of fall injury events among the elderly in a defined population. *AM J Epidemiol*, 1990; 131:1028-1037.
72. Segal RJ, Reid RD, Courneya KS, Malone SC, Parliament MB, Scott CG, et al. Resistance exercise in men receiving androgen deprivation therapy for prostate cancer. *J Clin Oncol*, 2003; 21:1653-1659.
73. Seguin R, Nelson ME. The benefits of strength training for older adults. *Am J Prev Med*, 2003; 25 (3 suppl. 2):141-149.
74. Selig SE, Carey MF, Menzies DG, Patterson J, Geerling RH, Williams AD, et al. Moderate-intensity resistance exercise training in patients with chronic heart failure improves strength, endurance, heart rate variability, and forearm blood flow. *J Card Fail*, 2004; 10:21-30.
75. Semmler JG, Enoka, RM. Neural contribution to changes in muscle strength. En: Zatsiorsky VM (eds.). *Biomechanics in Sport*. London: Blackwell Science, 2000; 3-20.
76. Seynnes O, Fiatarone Singh MA, Hue O, Pras P, Legros P, Bernard PL. Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2004; 59:503-509.
77. Shearer JD, Coulter CF, Engeland WC, et al. Insulin is degraded extracellularly in wounds by insulin-degrading enzyme (EC3.4.24.56). *Am J Physiol*, 1997; 273:E657-E664.
78. Sothorn MS, Loftin JM, Udall JN, Suskind RM, Ewing TL, Tang SC, et al. Safety, feasibility, and efficacy of a resistance training program in preadolescent obese children. *Am J Med Sci*, 2000; 319:370-375.
79. Staron RS, et al. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance trained women. *Eu J Appl Physiol*, 1989; 60:71-79.
80. Sung RY, Yu CW, Chang SK, Mo SW, Woo KS, Lam CW. Effects of dietary intervention and strength training on blood lipid level in obese children. *Arch Dis Child*, 2002; 86:407-410.
81. Surakka J, Aunola S, Nordblad T, Karppi SL, Alanen E. Feasibility of power-type strength training for middle aged men and women: self perception, musculoskeletal symptoms, and injury rates. *Br J Sports Med*, 2003; 37:131-136.
82. Takahashi Y, Okimura Y, Mizuno I, et al. Leptin induces mitogen-activated protein kinase-dependent proliferation of C3H10T1/2 cells. *J Biol Chem*, 1997; 272:12897-12900.
83. Tanner S. Weighing the Risks. Strength Training for Children and Adolescents. *Phys Sportsmed*, 1993; 21:105-116.
84. Taylor NF, Dodd KJ, Larkin H. Adults with cerebral palsy benefit from participating in a strength training programme at a community gymnasium. *Disabil Rehabil*, 2004; 26:1128-1134.
85. Tesch PA, Thorson A, Colliander EB. Effect of eccentric and concentric resistance training on skeletal muscle substrates, enzyme activities and capillary supply. *Acta Physiol Scand*, 1980; 140:575-580.
86. Tesch PA, Thorsson A, Kaiser P. Muscle capillary supply and fiber type characteristics in weight and power lifters. *J Appl Physiol*, 1984; 56:35-38.
87. Tokmakidis SP, Volaklis KA. Training and detraining effects of a combined-strength and aerobic exercise program on blood lipids in patients with coronary artery disease. *J Cardiopulm Rehabil*, 2003; 23:193-200.
88. Tokmakidis SP, Zois CE, Volaklis KA, Kotsa K, Tournay AM. The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *Eur J Appl Physiol*, 2004; 92:437-442.
89. Topp R, Fahlgren M, Boardley D. Healthy aging: health promotion and disease prevention. *Nurs Clin North Am*, 2004; 39:411-422.
90. Tsimaras VK, Fotiadou EG. Effect of training on the muscle strength and dynamic balance ability of adults with down syndrome. *J Strength Cond Res*, 2004; 18:343-347.
91. Valkeinen H, Alen M, Hannonen P, Hakkinen A, Airaksinen O, Hakkinen K. Changes in knee extension and flexion force, EMG and functional capacity during strength training in older females with fibromyalgia and healthy controls. *Rheumatology (Oxford)*, 2004; 43:225-228.
92. Vallejo C, Del Río M, Correa R, Gamillo A, De la Fuente M. Mejoría de la capacidad funcional del sistema inmunitario en ancianos tras la realización de ejercicio físico. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 1999; 34(51):31-33.

93. Volker K. Resistance training in patients with end-stage renal disease. *Clin Nephrol*, 2004; 61 (suppl. 1):S51-S53.
94. Waters DL, Baumgartner RN, Garry PJ. Sarcopenia: current perspectives. *J Nutr Health Aging*, 2000; 4:133-139.
95. Weltman A, Janney C, Rians C, et al. The effects of hydraulic resistance strength training in prepubertal males. *Med Sci Sports Exerc*, 1986; 18:629-638.
96. Welles R, Jones M, Germain M. IGF-I system responses during 12 weeks of resistance training in end-stage renal disease patients. *Growth Horm IGF Res*, 2004; 14:245-250.
97. White LJ, McCoy SC, Castellano V, Gutiérrez G, Stevens JE, Walter GA, et al. Resistance training improves strength and functional capacity in persons with multiple sclerosis. *Mult Scler*, 2004; 10:668-674.
98. Wilkerson GB, Colston MA, Short NJ, Neal KL, Hoewischer PE, Pixley JJ. Neuromuscular Changes in Female Collegiate Athletes Resulting From a Plyometric Jump-Training Program. *J Athl Train*, 2004; 39:17-23.
99. Ylinen J, Takala EP, Nykanen M, Hakkinen A, Malkia E, Pohjolainen T, et al. Active neck muscle training in the treatment of chronic neck pain in women: a randomized controlled trial. *JAMA*, 2003; 289:2509-2516.