

EL DEPORTE COMO INDUCTOR DE BENEFICIOS EN LA SALUD DE LA SOCIEDAD. REVISIÓN HISTÓRICA Y ESTUDIOS ACTUALES

Nicolás Terrados Cepeda

Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-FDM de Avilés y Universidad de Oviedo

Fecha de recepción: 15 Febrero 2009.

Fecha de aceptación: 30 septiembre 2009.

Resumen:

Se desarrollan a continuación las bases históricas y los conceptos científicos que demuestran que la realización de ejercicio físico potencia la salud de las personas que lo realizan y que en la sociedad actual este ejercicio se realiza en general en forma de deporte. Siendo, de esta forma, el deporte y su fomento una estrategia para mejorar la salud de la población.

Palabras claves: Deporte, Salud, Prevención, Tratamiento de patologías

INFLUENCE OF SPORTS IN HEALTH

Abstract:

This review summarize the historical bases and the scientific concepts that demonstrated that physical exercise promotes the health of the persons who realize it and the concept that in the current society this exercise is performed, in general, in the shape of sport. Being the sports and its promotion a strategy to improve the health of the general population.

Key words: Sports, health, prevention, disease treatments.

1. Breve recorrido histórico

El interés por la relación entre el ejercicio físico y la salud ha experimentado un importante incremento en los últimos años. Las nuevas generaciones de investigadores siguen estudiando los fundamentos científicos del ejercicio, lo que está suponiendo grandes contribuciones al desarrollo de los conocimientos en este campo. Pero, precisamente por ello, estimamos que debe reconocerse especialmente a los pioneros en estas ciencias. El breve recorrido histórico que en este trabajo se presenta, se fundamenta en la revisión realizada recientemente por García-Zapico (2002).

Es imposible, en un artículo de estas características, hacer una adecuada crónica histórica de la relación ejercicio-salud, desde sus orígenes en el Asia Antigua. Por lo tanto, en esta exposición nos hemos limitado a realizar un breve reconocimiento a la influencia de los médicos griegos, así como a aquellos médicos afincados en la península ibérica, tanto en el periodo de dominación árabe, como



Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-Fundación Deportiva Municipal de Avilés, de la que es Director el Dr. Nicolás Terrados Cepeda.

en otras etapas posteriores; resaltando otras contribuciones desde USA, Suecia, Dinamarca, Noruega y Finlandia que fomentaron el estudio del deporte y el ejercicio en su relación con la salud.

1.1. Los orígenes

El estudio de la respuesta del organismo humano al ejercicio físico, surgió principalmente en la Antigua Grecia y el Asia Menor, aunque los temas sobre ejercicio, deporte, juegos y salud interesaron incluso a las civilizaciones más antiguas, como las culturas Minoica y Micénica, los Imperios bíblicos de David y Salomón, Asiria, Babilonia, Media y Persia, así como durante el Imperio de Alejandro. Otras referencias a la práctica de ejercicios físicos, juegos y salud (higiene personal, ejercicio y entrenamiento) procedían de las antiguas civilizaciones de Siria, Egipto, Macedonia, Arabia, Persia, India y China. Sin embargo, la mayor influencia sobre la civilización occidental llegó de los médicos de la Antigua Grecia: Herodoto, siglo V a.C.; Hipócrates, 460-377 a.C. y Claudio Galeno, 131-201 d.C. Herodoto, médico y atleta, abogaba por una dieta adecuada al entrenamiento físico. Sus escritos influyeron en el famoso médico Hipócrates ("Padre de la Medicina Preventiva") a quien se le reconoce el mérito de haber escrito 87 tratados de medicina, incluyendo muchos sobre salud e higiene, durante la *Edad de Oro* griega.

Quinientos años después de Hipócrates, durante el Imperio Romano, destacó Galeno, probablemente el más conocido e influyente médico que haya existido. Galeno desarrolló e hizo efectiva la forma de pensar que hoy se nos muestra como más habitual sobre salud e higiene. A lo largo de su vida, Galeno enseñó y practicó las "*Leyes de la Salud*": respirar aire fresco, comer alimentos adecuados, beber las bebidas correctas, hacer ejercicio, dormir las horas necesarias, deponer una vez al día y controlar las emociones. Galeno también fue el médico de los gladiadores de Pérgamo, trató tendones y músculos desgarrados mediante técnicas quirúrgicas que él mismo inventó. Desarrolló numerosas terapias de rehabilitación y regímenes de ejercicio y escribió detalladas descripciones sobre formas, tipos y variedades ejercicios, incluyendo su cantidad y duración adecuadas.

Posteriormente, durante el reinado de Abderramán III, la escuela de médicos de Córdoba, propugnó la actividad física como tratamiento de varias enfermedades. Se conoce que a mediados del siglo X, la reina Toda de Navarra llevó a Córdoba a su nieto, el rey Sancho *o El Craso* del reino de León, para solucionar su gran obesidad (de ahí su apelativo). En Córdoba fue tratado con éxito por los médicos de Abderramán III, en concreto por el médico judío Hasdai Ibn Saprut, que solucionó el problema con dieta y actividad física.

Durante los siglos posteriores las ideas de Galeno siguieron influyendo sobre los escritos de los primeros fisiólogos, médicos y profesores de Salud e Higiene. Por ejemplo, en Venecia en 1539, el físico italiano Hieronymus Mercurialis (1530-1606) publicó "*De arte gymnastica apud ancientes*" (El arte de la gimnasia a través de los tiempos).

En España hay que resaltar a Cristóbal Méndez, médico afincado en Jaén, quien publicó en 1553 el “*Libro del ejercicio corporal, y de sus provechos*”. En él mencionaba explícitamente “..del ejercicio corporal y de sus provechos, por el cual cada uno podrá entender qué ejercicio le sea necesario para conservar su salud...ö. En aquella obra, ya en el prólogo afirmaba *el ejercicio corporal es causa de saludö*. Dedicó el Capítulo Tercero a *de cómo el ejercicio es la cosa más fácil de las que conservan la saludö*.

Siglos después, la investigación sobre el metabolismo energético experimentó un significativo avance con el fisiólogo Claude Bernard, el químico alemán Justing von Liebig y otros. En la década de 1840, se comprendió que los alimentos se componen de carbohidratos, proteínas y lípidos. Además de Bernard, otros muchos científicos del campo de la fisiología básica, hicieron contribuciones que indirectamente se añadieron al conocimiento sobre la fisiología del ejercicio. Esta lista de científicos no mencionados con anterioridad incluye a Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794; combustión), Sir Joseph Barcroft (1872-1947; altitud), Christian Bohr (1855-1911; curva de disociación del oxígeno-hemoglobina), John Scott Haldane (1860-1936; respiración), Otto Myerhoff (1884-1951; Premio Nobel, vías metabólicas celulares), Nathan Zuntz (1847-1920; metabolímetro portátil), Carl von Voit (1831-1908) y su alumno Max Rubner (1854-1932; calorimetría directa e indirecta, y la acción específica dinámica de comida), Max von Pettenkofer (1818-1901; metabolismo nutricional), y Eduard F.W. Pflüger (1829-1910; oxidación en los tejidos). (McArdle y cols, 2007).

En 1800, Dinamarca fue el primer país europeo en incluir el entrenamiento físico (gimnasia de estilo militar) como un requisito en el plan de estudios de los colegios. Desde esa época, daneses y suecos cercanos al entrenamiento físico influyeron sobre un gran número de científicos que han hecho contribuciones de excepción en los estudios de la fisiología tradicional y la fisiología del ejercicio aplicada a la salud.

1.2. La influencia danesa

En 1909, La Universidad de Copenhague estableció una Cátedra en Anatomía, Fisiología y Teoría de la Gimnasia. El primer docente fue Johannes Lindhard, (1870-1947) quien junto con August Krogh, (1874-1949) estudiaron el intercambio de gases en los pulmones, hicieron estudios pioneros sobre la oxidación de los lípidos y carbohidratos durante el ejercicio, midieron la redistribución del flujo sanguíneo en diferentes intensidades de esfuerzo físico y tomaron mediciones de la dinámica cardiorrespiratoria durante el ejercicio.

En 1920, Krogh recibió el Premio Nobel de Fisiología Médica por el descubrimiento de los mecanismos de control del flujo sanguíneo en descanso y en actividad muscular (en las ranas). Existe un instituto de investigación fisiológica en Copenhague con su nombre.

Otros tres fisiólogos e investigadores daneses: Erling Asmussen (1907-1991), Erik Hohwü-Christensen (1904-1996) y Marius Nielsen (1903-2000), dirigieron estudios pioneros sobre fisiología del ejercicio relacionados con la fuerza muscular y el rendimiento, la respuesta cardiovascular y respiratoria en cambios de postura y de intensidad de ejercicio, la capacidad de esfuerzo máximo en ejercicio de brazos y piernas, cambios en la respuesta de oxidación muscular durante el ejercicio, comparaciones de consumo positivo y negativo, respuesta hormonal y de temperatura del corazón en diferentes intensidades de esfuerzo y función respiratoria en respuesta a descensos en la presión parcial del oxígeno.

Christensen fue alumno de Lindhard en Copenhague desde 1925. Junto con Krogh y Lindhard, Christensen publicó un importante estudio en 1936 que describía la dinámica fisiológica durante el ejercicio máximo con estudios de rendimiento cardíaco midiendo la temperatura del cuerpo y la concentración de azúcar en la sangre durante un ejercicio intenso en el cicloergómetro, comparando el ejercicio de brazos y piernas y midiendo los efectos del entrenamiento. Junto con Ove Hansen, utilizó el consumo de oxígeno y el cociente respiratorio para describir cómo la dieta, el estado de entrenamiento y la intensidad del ejercicio y la duración afectan a la utilización de lípidos y carbohidratos. Los experimentos de Christensen, Asmussen, Nielsen y Hansen fueron realizados en el *Laboratory for the Theory of Gymnastics* de la Universidad de Copenhague. Hoy, el *Instituto August Krogh* continúa con la tradición de la investigación básica y aplicada en fisiología del ejercicio. Desde 1973, los científicos de formación sueca se han destacado especialmente, como Bengt Saltin (alumno de Per-Olof Astrand) que fue profesor y continuó sus significativos estudios científicos en el *Instituto August Krogh* y en el *Muscle Research Center de Copenhagen*.

1.3. La influencia sueca

La moderna fisiología del ejercicio en Suecia sigue la pista de Per Henrik Ling (1776-1839), quien en 1813 pasó a ser el primer director del *Royal Central Institute of Gymnastics* de Estocolmo. Ling, un especialista en esgrima, desarrolló un sistema de “gimnasia médica”. Este sistema, que ya formaba parte del plan de estudios de la Universidad de Suecia en 1820, estaba basado en los estudios de anatomía y fisiología de Ling.

Hjalmar Ling, hijo del anterior, publicó un libro sobre la kinesiólogía de los movimientos del cuerpo en 1866. A su vez, el *Escuela Superior de Gimnasia y Deporte (Gymnastik-Och Idrottshögskolan)* y el Departamento de Fisiología en el *Karolinska Institute* de Estocolmo continuaron formando estudiantes en fisiología del ejercicio. Entre ellos destacó Per-Olof Astrand, que en 1952 presentó su tesis al *Karolinska Institute*. Astrand estuvo como profesor y líder del departamento desde hasta 1987. Su tesis doctoral incluía información de la capacidad de trabajo físico de personas de ambos sexos entre 4 y 33 años de edad. Posteriormente Astrand estimuló numerosos estudios sobre las respuestas fisiológicas a ejercicio

intermitente formando un impresionante grupo de fisiólogos, (entre ellos Bengt Saltin y Björn Ekblom). Las contribuciones bibliográficas sobre fisiología del ejercicio de Astrand y sus discípulos, principalmente Saltin, en libros y artículos de investigación es numerosísima.

Dos científicos suecos, entonces en el *Karolinska Institute*, los Drs. Jonas Bergström y Erik Hultman, desarrollaron importantes experimentos en los que la realización de biopsias musculares con aguja, ofreció un nuevo punto de vista desde el que estudiar la fisiología del ejercicio.

Los trabajos en colaboración de los investigadores escandinavos (Saltin y Hultman desde Suecia y Lars Hermansen desde Noruega) con investigadores de los Estados Unidos (por ejemplo, Phillip Gollnick y Dave Costill) contribuyeron a dar una dimensión completamente nueva al estudio del ejercicio muscular.

1.4. La influencia noruega y finlandesa

Una nueva generación de fisiólogos del ejercicio, formados a finales de la década de 1940, analizaron los gases respiratorios por medio de aparatos de muestra de gran exactitud que medían cantidades diminutas de dióxido de carbono y oxígeno en el aire espirado. El método de análisis fue desarrollado en 1947 por el científico noruego Per Scholander (1905-1980).

Otro eminente investigador noruego fue Lars A. Hermansen (1933-1984) del *Institute of Work Physiology*. Fue de gran importancia su artículo “*Anaerobic Energy Release*” publicado en 1969, que apareció en el primer volumen de *Medicine and Science in Sports*.

En Finlandia, Martti Karvonen, desde el Departamento de Fisiología del *Institute of Occupational Health* de Helsinki, es el más conocido como consecuencia de su método para predecir la velocidad óptima del corazón durante el entrenamiento, también llamado “*la fórmula karvonen*”. En 1952, Lauri Pikhala, también fisiólogo, sugirió que la obesidad era la consecuencia y no la causa de la falta de equilibrio físico. Ilkka Vuori, desde el inicio de la década de los 70, escribió sobre la respuesta hormonal al ejercicio. Paavo Komi, desde el Departamento de Biología de la Actividad Física, de la Universidad de Jyväskylä, ha sido el investigador finlandés más prolífico, con numerosos experimentos publicados en diferentes áreas de la fisiología del ejercicio y la biomecánica del deporte.

1.5. La medicina deportiva y la fisiología del ejercicio de los Estados Unidos de América

En Estados Unidos, a comienzos del siglo XIX, los temas más comunes de la enseñanza médica incluían: nutrición y dietas de adelgazamiento, información

general sobre ejercicio, cómo mejorar el desarrollo de todos los deportes, entrenamiento y gimnasia, ejercicios de recreo y preparación para el deporte (calentamiento), además de otros temas relacionados con la salud personal y la higiene.

Uno de los pioneros médico-científicos americanos cuyos escritos contribuyeron significativamente al florecimiento de las publicaciones sobre fisiología fue el Dr. Austin Flint Jr., (1836-1915). Profesor de Fisiología en el *Bellevue Hospital College* de Nueva York, escribió sobre muchos temas relacionados con el ejercicio, como:

- a) Influencia de la postura y el ejercicio en la velocidad del pulso.
- b) Influencia de la actividad muscular sobre la respiración.
- c) Influencia del ejercicio muscular sobre la eliminación de nitrógeno.

Flint, que se formó con el reconocido fisiólogo Claude Bernard, influyó a través de sus libros, sobre el primer profesor de educación física científicamente orientado y con formación médica, que fue Edward Hitchcock Jr. quien citó a Flint y su estudio del sistema muscular en su programa de estudios de “*Health Lectures*” que fue de lectura obligatoria para los estudiantes matriculados en *Amherst College* entre 1861 y 1905. (Christmas y Dorman, 1996).

Edward Hitchcock y su hijo adaptaron sus libros a la enseñanza de la Educación Física. El principal fue “*Anatomía Elemental y Fisiología para Facultades, Academias y otros colegios*”, (Hitchcock and Hitchcock, 1860, citado por Allen, 2003). Desde 1860 este tratado, formó parte del plan de estudios obligatorio. Además de las citas de Austin Flint Jr. sobre el cuidado de los músculos, como: “*la condición del sistema muscular es una evidencia inevitable del estado general del cuerpo*”, son destacables otras citas. Algunas de fisiólogos muy conocidos, en relación a la Educación Física e Higiene: “*los hombres que triunfan en la vida son aquellos que en su juventud acumulan tal grado de salud física que pueden trabajar 16 horas seguidas en un día en trabajos de emergencia sin sufrir por ello*” (T.H. Huxley, 1866, citado por McArdle, Katch y Katch, 2007). Además de otras citas referidas a tejidos y piel: “*es importante llevar ropas oscuras en invierno y claras en verano, teniendo hasta tres tipos de ropa interior diferente: de franela fuerte para el invierno, de franela ligera para primavera y otoño y de hilo, seda o algodón ligero para el verano*” (Sargent, 1906).

El Dr. Hitchcock Jr. realizó la valoración antropométrica del cuerpo durante los años 1861 a 1888. Para ello extrajo de casi todos los estudiantes matriculados en la Facultad de Amherst, 6 medidas de peso segmentadas, 23 de cintura, 6 de anchura, 8 de longitud y 8 de fuerza muscular, además de medidas de capacidad pulmonar y vello corporal. (Hitchcock E., 1978): *Hygiene at Amherst College: Experience of the Department of Physical Education and Hygiene in Amherst College for the past Sixteen Years*). Que posteriormente amplió con su colega en el Departamento de Educación Física e Higiene, Hiram H. Seelye.

Escribiendo un manual (Hitchcock y Seelye, 1889), en el que entre otros detalles, escribieron detalladas instrucciones para el uso de varias piezas de los aparatos de gimnasio para el “*estiramiento y fortalecimiento del cuello, para remediar la sobrecarga de hombros, aumentar la talla del pecho y la capacidad de los pulmones, para el fortalecimiento y estiramiento de los brazos, músculos abdominales, y debilidad de espalda, y estiramiento y fortalecimiento de muslos, pantorrillas, piernas y tobillos*”. (citado por McArdle, Katch y Katch, 2007). En este manual, se especificaban medidas antropométrica, y diferentes tests físicos, así como medidas de seguridad para realizar dichos tests. (Allen, 2003).

La investigación en fisiología del ejercicio tuvo como primer laboratorio oficial en los Estados Unidos el que se estableció en la Universidad de Harvard en 1892, con sede en un Departamento de Anatomía, Fisiología y Entrenamiento Físico del Colegio Científico de Lawrence. El propósito fundamental de dicho laboratorio era valorar los músculos, las condiciones en las que actúan, la relación de su actuación con el suministro de sangre y además, los efectos de determinados ejercicios sobre el desarrollo muscular y la salud general y las condiciones higiénicas para esos ejercicios. (McArdle, Katch y Katch, 2007).

Uno de los legados de la “*la experiencia de Harvard*” entre 1891 y 1899 fue la formación de especialistas que empezaban sus estudios con unas fuertes bases científicas sobre ejercicio y entrenamiento y su relación con la salud. Desafortunadamente, pasaron otras seis décadas hasta que la nueva generación de educadores físicos científicamente orientados (dirigidos por fisiólogos como A.V. Hill y D. B. Dill) ejercieran nuevamente una fuerte influencia en el plan de estudios de educación física.

Otros centros de investigación de fisiología del ejercicio son el Laboratorio de Nutrición del *Instituto Carnegie* en Washington, D.C., creado en 1904 para investigar la nutrición y el metabolismo energético. Por su parte, las primeras investigaciones que llevaron se a cabo en unos laboratorios de educación física en los Estados Unidos sobre fisiología del ejercicio se desarrollaron en el *George Williams College* (1923), la Universidad de Illinois (1925), y el *Springfield College* (1927). De todos modos, el impacto real de la investigación de los laboratorios sobre fisiología del ejercicio (así como otras muchas especialidades en estudio) se produjo en 1927 con la creación Laboratorio de la Fatiga de Harvard fundamentado en el *Morgan Hall del Business School* de la Universidad de Harvard. (McArdle, Katch y Katch, 2007).

Otro laboratorio anterior a la *II Guerra Mundial* fue el Laboratorio de Higiene Fisiológica de la Universidad de California, Berkeley. En 1934, M. Henry asumió el mando y aplicó su formación en psicología experimental a los temas de la fisiología del ejercicio, incluyendo diferencias individuales en la cinética de la rapidez y lentitud de los componentes del consumo de oxígeno y las curvas de recuperación durante un ejercicio ligero o moderado en el cicloergómetro; fuerza muscular; respuesta cardio-respiratoria durante el ejercicio regular; valoración de la

fatiga tras un duro ejercicio; determinantes del mantenimiento de la resistencia; y factores de control nervioso relativos a la actividad motora humana.

Muchos de los grandes científicos del Siglo XX con interés por el ejercicio se asociaron con el *Harvard Fatigue Laboratory*. Estos servicios de investigación fueron establecidos por Lawrence J. Henderson (1878-1942). El primer y único director científico del *Fatigue Laboratory* fue David Bruce Dill (1891-1986), descubridor de la producción de calor en los músculos.

Los estudios en el *Fatigue Laboratory* incluyeron muchos aspectos de la respuesta aguda y de las adaptaciones fisiológicas crónicas al ejercicio bajo stress ambiental producido por exposición a la altitud, calor o frío. Muchos de los principales experimentos fueron con humanos, utilizando un tapiz rodante o una bicicleta ergómetro, otros se hicieron con animales. Estos estudios supusieron la piedra angular para la investigación en los modernos laboratorios de fisiología del ejercicio, particularmente en áreas relativas a la valoración de la capacidad física de trabajo y la salud, respuesta cardiovascular y hemodinámica durante la exposición al ejercicio máximo, cinética del oxígeno y consumo y utilización de sustratos, metabolismo durante el ejercicio y recuperación, y máximo consumo de oxígeno. (McArdle, Katch y Katch, 2007).

1.6. El Profesor Bengt Saltin

En la actualidad el gran aglutinador de los conocimientos y metodología de la escuela escandinava, líder de la Medicina del Deporte y la Fisiología del ejercicio en el mundo, es el Dr. Bengt Saltin. Nacido en Estocolmo, fue deportista de élite en su juventud. Cursó los estudios de Medicina en el *Instituto Karolinska*, empezando a colaborar con los profesores Astrand y Christiansen, realizando allí sus primeros estudios sobre metabolismo muscular. Posteriormente se trasladó a Dallas (Hospital Universitario, Universidad de Texas), donde se incorporó al grupo de trabajo de Johnson y Rowell, trabajando en Fisiología cardíaca y regulación cardiovascular. Tras su vuelta a Estocolmo, colaboró durante muchos años con fisiólogos americanos, principalmente Costill y Gollnick. Posteriormente aceptó la cátedra de fisiología del ejercicio del *August Krogh Intitute*, trasladándose a Copenhague, en donde continúa en la actualidad, como director del *Copenhagen Muscle Research Centre*, si bien estuvo durante tres años en el *Instituto Karolinska* en la cátedra que dejó vacante P.O. Astrand.

Bengt Saltin, es considerado como el máximo exponente de la Fisiología del Ejercicio y de su aplicación a la salud. Hay que resaltar que en su laboratorio del *Instituto August Krogh* y del *Copenhagen Muscle Research Centre*, se han formado muchos médicos y fisiólogos españoles, entre ellos José Antonio López Calbet, José González Alonso, Ricardo Mora Rodríguez, Miguel Fernández Gómez y Nicolás Terrados Cepeda. Siendo posiblemente el laboratorio de Fisiología del Ejercicio que más españoles ha admitido para formarse en las

últimas décadas. Muchos opinan que esta es una de las razones por las que mejoró tanto en España la Fisiología del Ejercicio y la Medicina Deportiva.

El profesor Saltin recibió un homenaje del Comité Olímpico Español, el 30 de Mayo de 2009, durante la celebración de las Jornadas de Actualización del Máster en Alto Rendimiento Deportivo, de la Universidad Autónoma de Madrid y Comité Olímpico Español.

2. Las ciencias del deporte aplicadas a la promoción de la salud

El español medio actual vive cerca del doble que el de hace sólo 100 años. Como resultado, se observa en el año 2001 que, aproximadamente, uno de cada ocho habitantes, tiene más de 65 años de edad y, además, algunos estudios indican que, precisamente España, será el país con un mayor índice de personas mayores en su población del año 2050.

Este “envejecimiento” de la población de los países industrializados y, en concreto, de España, ha conducido a un dramático incremento en los costes del cuidado de la salud. Estos costes no podrán ser sostenidos en el futuro sin un severo impacto en la economía. Todas las evidencias indican que el mejor método para optimizar la salud y reducir los costes en el cuidado de la salud de los ancianos, es prevenir los problemas médicos potenciales (Liao et al , 2000).

Las intervenciones diseñadas para conseguir dichos objetivos deberían incluir las enfermedades cardiovasculares (Bogaard y col., 1997), ya que son éstas las de mayor causa de muerte e incapacidad en el envejecimiento. Pero además, estas intervenciones deberían incluir el deterioro del sistema musculoesquelético que se produce con la edad, y que está asociado con el empeoramiento de la capacidad funcional y el incremento del riesgo de caídas y fracturas de cadera.

Desde principios de los años 80, empezaron a aparecer publicados abundantes datos sobre el efecto de la actividad física en la salud de personas mayores y en los procesos de envejecimiento, sobre todo, en países anglosajones (Tuomi y col., 1997; Ades y col., 1996; Haskell, 1996; Buchner, 1997; Houston y col., 1997; Seitsamo y Klockars, 1997). La mayoría de los estudios investigaban inicialmente los efectos del entrenamiento de tipo aeróbico en la salud cardiovascular (Hurley y Hagberg, 1998; Malbut-Shennan y Young, 1999). Sin embargo, últimamente han aumentado los trabajos que muestran que la salud musculoesquelética es especialmente crítica en el envejecimiento y, como resultado de esos estudios, se están realizando otros para valorar los efectos del entrenamiento de fuerza en la salud y el envejecimiento (Welle y col., 1996).

Sin embargo, es importante que estos trabajos se realicen en cada uno de los diferentes tipos de comunidades, ya que existe una gran diferencia en el “envejecimiento” de las personas relacionado con el estilo de vida de su comunidad (Clark y Nothwehr, 1999; Strawbridge y col., 1996). Entre los factores que

influyen destacan: tener contactos personales, caminar, hacer la compra uno mismo... aspectos que hacen muy diferente a una comunidad anglosajona de una latina o mediterránea, variando sustancialmente entre hombres y mujeres. Todo ello, considerando, que el ejercicio físico puede cambiar determinados hábitos (Ryan y col., 1996; Guo y col., 1999; Ferruci y col., 1999).

Las investigaciones sobre la salud y su relación con el ejercicio físico han proliferado en las últimas décadas. La mayoría de los estudios se han centrado en los efectos físicos y psicológicos de un adecuado ejercicio físico, pero hay que añadir también el efecto beneficioso a nivel social (Tuomi et al, 1997; Liao, 2000; Dosil, 2003). Por ello, se exponen a continuación los efectos de la actividad física en la salud, tanto física como mental y social, así como una pequeña reflexión sobre los posibles efectos negativos que pudieran producirse a causa del ejercicio intensivo.

2.1. Ejercicio y salud física

La evidencia de los beneficios del ejercicio físico permite que se puedan recomendar programas supervisados, desde edades tempranas, para promover un estilo de vida en el que se incluya la actividad física y el deporte y, sobre todo, para mejorar el estado de salud (Dosil, 2003).

Son muchos los efectos beneficiosos de la actividad física. A continuación se mencionan algunos de los más importantes:

Uno de los problemas de salud más frecuentes en la sociedad actual lo ocasionan las enfermedades cardiovasculares, ya que son la mayor causa de muerte e incapacidad en el envejecimiento. En la actualidad se conoce que, mejorando los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular personal o poblacional se podría, a largo plazo, disminuir los porcentajes de la morbilidad y mortalidad cardiovascular. Los principales factores de riesgo de enfermedad cardiovascular que se ven claramente beneficiados por ejercicio físico son: bajo nivel de forma cardiovascular, perfiles anormales de lipoproteínas-lípidos en plasma, intolerancia a la glucosa y resistencia a la insulina, hipertensión, hipertrofia ventricular izquierda, y obesidad abdominal.

Otro grupo de problemas actuales de salud muy frecuentes, que afectan a la calidad de vida, son los relacionados con el deterioro del sistema musculoesquelético. Se producen con la edad y están asociados con el empeoramiento de la capacidad funcional y el incremento del riesgo de caídas y fracturas de cadera. La osteoporosis es una de las patologías con mayor prevalencia en las mujeres postmenopáusicas. La prevalencia de la osteoporosis también se incrementa con la edad en los hombres, aunque en la salud pública concierne mucho más a las mujeres. Los eventos asociados a la morbilidad con la osteoporosis consisten en fracturas, ocurren en primer lugar en el cuello del fémur, las vértebras, y el antebrazo. En las mujeres, la pérdida de la densidad del mineral

del hueso después de la menopausia ocasiona un riesgo doble de fractura de cadera por cada 5 años de edad a partir de los 50 años.

Un segundo componente importante de la salud musculoesquelética es la pérdida de masa muscular y fuerza (sarcopenia) ya que el potencial regenerativo del músculo esquelético, y la masa muscular en su conjunto, disminuyen con la edad. Esta disminución está asociada con un incremento en el riesgo de caídas, baja densidad ósea, y aumento de fracturas. Además, la reducción de la fuerza muscular es un determinante fundamental de la capacidad de la persona mayor para mantenerse activa, que condicional un estilo de vida de alta calidad y, quizás, determina su capacidad para minimizar un aumento de su obesidad con la edad, como causa de la reducción en la masa muscular.

Tanto la osteoporosis como la calidad muscular, se ven claramente beneficiadas por la actividad física.

Así pues, los datos disponibles indican que tanto el entrenamiento aeróbico como el de fuerza ofrecen un amplio rango de beneficios a los adultos, pudiendo mejorar la densidad ósea, la homeostasis de la glucosa, y disminuir el riesgo de caídas. Sin embargo, si las personas necesitan incrementar su forma física cardiovascular, disminuir su tensión arterial elevada, mejorar sus perfiles de lípidos, o mejorar su hipertrofia ventricular izquierda, el ejercicio aeróbico es el más eficaz. Por otro lado, si los adultos mayores quieren incrementar su masa muscular y fuerza, y mejorar su calidad muscular, el entrenamiento de fuerza es la primera elección.

Quizás la mejor recomendación que se pueda dar, a los adultos mayores que quieren optimizar su salud actual y futura, es iniciar un programa de actividad física que incluya ejercicio aeróbico y de fuerza, que también incorpore ejercicios específicos de flexibilidad y coordinación. Pero es importante señalar que dicho “programa de actividad física” ha de ser mantenido “toda la vida”, pues el efecto beneficioso es reversible (Terrados, 2000).

2.2. Ejercicio y salud mental

El bienestar psicológico, producto de la actividad física-deportiva, es un tema que está gozando de gran interés en el área de la psicología del deporte. La mítica expresión “*mens sana in corpore sano*” es fiel reflejo de la estrecha relación entre el cuerpo y la mente, es decir, entre el bienestar psicológico y la actividad física/deporte (Dosil, 2003).

Algunos de los aspectos psicológicos de los beneficios de la actividad física son (Dosil, 2003):

- **Ejercicio físico y depresión:** En los últimos años se está añadiendo al tratamiento el aspecto deportivo, puesto que se ha demostrado sus efectos beneficiosos. Posiblemente por: el aumento del flujo sanguíneo y la oxigenación,

por lo que el sistema nervioso central se ve beneficiado directamente, los aumentos en norepinefrina (el ejercicio aumenta estos niveles), las mejores sensaciones corporales y de autocontrol que se viven con la realización de ejercicio y por la mejora de la imagen corporal y el autoconcepto que se asocian al ejercicio. Todos estos factores pueden prevenir y ayudar a salir de estados depresivos.

- **Ejercicio físico y ansiedad:** Los trabajos sobre el ejercicio físico y la ansiedad se han centrado en ambos tipos de ansiedad: estado y *rasgo*. El descenso de ansiedad con el ejercicio parece ser mayor en la ansiedad *rasgo* que en la ansiedad estado y se producen mejores resultados, en ambos casos, con el ejercicio aeróbico que con el anaeróbico, si bien, estos efectos no son tan claros en el caso de la ansiedad *rasgo* a largo plazo.

- **Ejercicio físico y estrés:** Los efectos que tiene el estrés en la salud física y mental preocupan a muchos profesionales, lo que ha provocado que en los últimos años se hayan realizado un gran número de trabajos buscando soluciones para este mal. Los resultados de la mayoría de las investigaciones parecen concluir que el ejercicio, realizado de forma aeróbica, sin competición personal, predecible y repetitivo reduce el estrés.

- **Ejercicio físico y autoconcepto/autoestima:** Se ha demostrado que existe una relación directa entre el aumento de la autoestima/autoconfianza y la práctica de ejercicio físico.

- **Ejercicio físico y otros trastornos psicológicos:** También se observa una relación positiva en problemas fóbicos, problemas del sueño, niveles elevados de agresividad, problemas de socialización, problemas de introversión, exceso de pasividad y pesimismo, respeto de las normas, etc....

2.3. Ejercicio y salud social

Los efectos positivos a nivel social se han estudiado comparando a participantes y no participantes. Los resultados indican que las interacciones sociales que se dan en el deporte pueden llegar a ser beneficiosas o perjudiciales para el individuo según los valores que se establezcan. En general, algunos de los efectos psicosociales positivos de la actividad física y el deporte son (Dasil, 2003):

- Proporciona contacto con el entorno social y las relaciones interpersonales.
- Contribuye a la formación del carácter (autocontrol, sacrificio, voluntad, disciplina, superación, sociabilidad...).
- Es un recurso para el tiempo de ocio.
- Previene el abuso de sustancias nocivas, como el alcohol, el tabaco y las drogas.

Así pues, los beneficios de la actividad física para la salud son cada vez más claros y conocidos, pero recordando que benefician a los tres tipos de salud: SALUD FÍSICA, SALUD MENTAL y SALUD SOCIAL.

2.4. La problemática del ejercicio intenso

Existe también en nuestra sociedad una actividad física intensa, cada vez más relacionada con el mundo laboral, que es el “*deporte profesional*”, que tiene además un gran impacto mediático en los niños, niñas y adolescentes. Es decir, hay un grupo de población: los deportistas profesionales y los que realizan cargas de trabajo físico similares a las de ellos, para los que la actividad física conlleva unos riesgos para su salud. Éstos son peligros asumidos por el profesional como parte de su trabajo, y están controlados por la medicina laboral-deportiva cuyo objetivo es mantener su salud y contribuir a la recuperación de esas cargas de trabajo (Terrados et al., 2004)

Para los deportistas profesionales, la actividad física implica unos riesgos para su salud. Algunos de ellos son muy populares: accidentes deportivos, lesiones deportivas, etc. (Barrios et al., 1997; Usabiaga et al., 1997); pero otras contingencias son menos conocidas y están relacionadas con las elevadas cargas de trabajo físico (Fernández García et al., 2000 y 2002; Iglesias Cubero, 2000). Estos riesgos están asumidos por el profesional como parte de su trabajo, de igual forma que un minero asume los riesgos de esa profesión. Parte de la labor de la medicina deportiva es la de prevenir y controlar esos riesgos laborales, así pues es una medicina laboral-deportiva (Leibar y Terrados, 2002). Además, a todo ello hay que añadir la problemática del dopaje y su riesgo para la salud (Galleen, 1999; Terrados, 1999; 2002)

Un problema que se plantea en la actualidad lo suponen el colectivo de personas que sin ser deportistas profesionales realizan cargas de trabajo físico similares a los profesionales, pero sin el control deportivo ni médico adecuado. (Terrados, 2000) (Los profesionales, asumen un riesgo laboral y son, o deberían ser controlados laboral y médicamente, para prevenir esos riesgos).

La prevención de una gran parte de los problemas que acarrea el colectivo antes mencionado, sería subsanado o paliado en gran medida educando bien a los niños y jóvenes, en las bases correctas de una actividad física saludable.

El amplio colectivo de personas que sin ser deportistas profesionales realizan cargas de trabajo físico similares a los profesionales, podría ser una interesante y nueva área de trabajo y/o investigación para los profesionales de las Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. El enfoque interdisciplinar marcará el avance necesario en este sentido.

3. Importancia del ejercicio físico en la prevención y tratamiento de ciertas patologías

Hasta ahora, conocíamos el beneficio del ejercicio en la salud cardiovascular, metabólica y ósteomuscular, basado en los efectos a nivel del metabolismo oxidativo muscular, en la mejora del músculo cardíaco y de los capilares musculares, y en el aumento de tono muscular. Por ello, en patologías tan preocupantes como la obesidad, el ejercicio no sólo influye en gastar las calorías ingeridas, sino que (y esto se suele olvidar) a medio plazo, el ejercicio continuado produce adaptaciones en el músculo (mitocondrias, capilares, etc.) que hacen que el organismo oxide más y mejor las calorías (grasa, hidratos de carbono) ingeridas (Terrados, 1992; y 1993). Similares aspectos se pueden observar en la diabetes II, en relación a la oxidación de los hidratos de carbono ingeridos. En la hipertensión arterial esencial, se conocía la influencia beneficiosa del ejercicio, por sus efectos a nivel cardiovascular y por la disminución de las resistencias periféricas, debidas al aumento de los capilares musculares. Igual sucede en la claudicación intermitente, la osteoporosis, la artrosis, etc. Todas estas adaptaciones debidas al ejercicio físico, aunque explicaban gran parte de los beneficios en la salud cardiovascular, metabólica y ósteomuscular, no esclarecían todos los efectos que se apreciaban (entre ellos el aumento en la esperanza de vida) en las personas que realizan ejercicio físico (Terrados, 1993).

En la actualidad, si que estamos conociendo mejor los mecanismos por los que el ejercicio físico tiene tantos efectos fisiológicos positivos, ya que muchos de ellos están mediados por la expresión de determinados genes que se activan con el ejercicio físico (Álvarez et al., 2000; Ortolano et al., 2001, Terrados, 2004). Así por ejemplo, en las alteraciones del metabolismo de la glucosa y la propia diabetes, sólo conocíamos el efecto beneficioso del ejercicio debido al uso metabólico de la glucosa, pero ahora sabemos que el ejercicio aumenta la expresión de los genes relacionados con los transportadores de glucosa. En la hipertensión arterial, se conocía el efecto del ejercicio, a nivel cardiovascular y periférico, pero ahora sabemos además el efecto en la expresión aumentada de genes relacionados con el crecimiento endotelial y en la regulación de la producción de óxido nítrico y adenosina.

Todo ello puede tener su explicación en el hecho de que el genoma humano actual, quedó establecido hace unos 30-40.000 años, cuando el hombre era cazador-recolector; es decir, cuando dedicaba mucho tiempo a desplazarse buscando comida y, cuando la encontraba o cazaba, hacía grandes ingestas calóricas que su organismo trataba de almacenar en forma de grasa, principalmente, y de glucógeno.

Todos estos avances en el conocimiento de los mecanismos relacionados con la actividad física, nos llevan a utilizar el ejercicio físico, junto con la dieta, como herramienta para prevenir patologías y mantener una buena salud física,

mental y social, pero además a utilizarlo como coadyuvante en el tratamiento de determinadas patologías.

Desde inicios del 2006, varias asociaciones médicas internacionales (basadas en multitud de estudios científicos, entre los que se encuentran algunos realizados en Asturias) avalan el uso del ejercicio físico en el tratamiento de: Obesidad, Resistencia a la Insulina, Dislipemias, Diabetes tipo 2, Hipertensión, EPOC, Enfermedad coronaria, Insuficiencia cardiaca, Claudicación intermitente, Artrosis, Osteoporosis y Depresión. Se está valorando su uso en el *Síndrome de Fatiga Crónica-Fibromialgia*, en el Asma y en algunos tipos de Cáncer. Por ello, se recomienda que el médico que trate con esas patologías conozca las bases fundamentales sobre la prescripción del ejercicio más apropiado para cada una de ellas.

Por otra parte, debe añadirse el hecho de que en la sociedad actual existe una tendencia, tanto en la infancia, como en la adolescencia y en la edad adulta, a un gran sedentarismo (Rodríguez Ordax y Terrados, 2006). Estudios actuales realizados en escolares de 12 a 15 años en Avilés (Asturias), muestran que el 34,9% de los niños son sedentarios y (esto es lo más alarmante) el 67,3% de las niñas de esa edad son sedentarias.

En resumen: Por los claros beneficios que aporta la actividad física en la salud, tanto a nivel preventivo como curativo de ciertas patologías y por la tendencia al sedentarismo en nuestra sociedad, es cada vez más importante la correcta prescripción de ejercicio físico en personas sanas y con determinadas patologías.

Referencias bibliográficas

- Ades PA, Waldmann ML, Meyer WL, Brown KA, Poehlman ET, Pendlebury WW, Leslie KO, Gray PR, Lew RR, LeWinter MM. (1996): Skeletal muscle and cardiovascular adaptations to exercise conditioning in older coronary patients. *Circulation*, 1;94(3):323-30.
- Allen N. (2003): Physical culture in Amherst College. Presented to the Board of Trustees of Amherst College at their annual meeting, July 8, 1869. *Am J Public Health*, 93(5):720-2.
- Álvarez, R., Terrados, N., Ortolano, R., Iglesias-Cubero, G., Rodríguez-Reguero, J.J., Batalla, A., Cortina, A., Fernández-García, B., Rodríguez, C., Braga, S., Álvarez, V., and E. Coto. (2000): Genetic variation in the renin-angiotensin system and athletic performance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 82: 117-120.

- Barrios, C., Sala, D., Terrados, N., and J.R. Valenti. (1997): Traumatic and overuse injuries in elite professional cyclists. *Sports Exercise and Injury*, 3: 176-179.
- Bogaard, HJ, Woltjer HH, Dekker BM, van Keimpema AR, Postmus PE, de Vries PM. (1997): Haemodynamic response to exercise in healthy young and elderly subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 75(5):435-42.
- Cannon, JG. (1998): Intrinsic and extrinsic factors in muscle aging. *Ann N Y Acad Sci*, 20;854:72-7.
- Chilibeck, P. D., D. H. Paterson, D. A. Cunningham, A. W. Taylor, and E. G. Noble. (1997): Muscle capillarization, O₂ diffusion distance, and O₂ kinetics in old and young individuals. *J Appl Physiol*, 82: 63-69.
- Christmas WA, Dorman JM. (1996): The Storey of college health hygiene. Thomas A. Storey, MD (1875-1943) and the promotion of hygiene. *Am Coll Health*, Jul;45(1):27-34.
- Clark DO, Nothwehr F. (1999): Exercise self-efficacy and its correlates among socioeconomically disadvantage older adults. *Health Educ Behav*, 26(4):535-46.
- Evans WJ. (1999): Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc*, 31(1):12-7.
- Fagard R. (1985): Habitual physical activity, training and blood pressure in normo- and hypertension. *Int J Sports Med*, 6: 57-67.
- Feigenbaum MS, and Pollock ML. (1999): Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc*, 31(1):38-45
- Fernández-García, B., Lucía, A., Hoyos, J., Chicharro, J.L., Rodríguez-Alonso, M., Bandrés, F., and Terrados, N. (2002): The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. *Int J Sports Med*, 23(8): 555-560.
- Fernández-García, B., Pérez-Landaluce, J., Rodríguez-Alonso, M., and Terrados, N. (2000): Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc*, 32 (5): 1002-1006.
- Ferruci L, Izmirlian G, Leveille S, Phillips CL, Corti MC, Brock DB, Guralnik JM. (1999): Smoking, physical activity, and active life expectancy. *Am J Epidemiol*, 1;149(7):645-53.
- Fozard JL. (1999): Epidemiologist try many ways to show that physical activity is good for senior´ health and longevity. Review of special issue of Journal of Aging and Physical Activity: The Evergreen Project. *Exp Aging Res*, 25(2):175-82.

- Fridenreich, C.M. (2004): Physical activity and breast cancer risks. *Exerc Sports Sciences Reviews*, vol 32, 4 180-185.
- Frost H.M. (1999): Why do bone strength and “mass” in aging adults become unresponsive to vigorous exercise? Insights of the Utah paradigm. *J Bone Miner Metab*, 17(2):90-7.
- Gallien, C-L. (1999): *Le dopage en questions*. Comité National Olympique et Sportif Francais. París: Ed. Maison du Sport Francais.
- García-Rovés, P.M., Terrados, N., Fernández, S.F. and Patterson, A.M. (1998): Macronutrients intake of top level cyclists during continuous competition. Change in the feeding pattern. *Int J Sports Med*, 19(1): 61-67.
- García-Rovés, P.M., Terrados, N., Fernández, S.F. and Patterson, A.M. (2000): Comparison of the dietary intake and eating behavior of professional road cyclists during training and competition. *Int J Sports Nutr*, 10 (1): 82-98.
- García-Zapico, P. (2002): Historia de la Fisiología del ejercicio. En: *Fisioterapia ante los riesgos derivados de la práctica deportiva*. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos, Fundación Real Madrid y Fundersfora.
- Guo SS, Zeller C, Chumlea WC, Siervogel RM. (1999): Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *Am J Clin Nutr*, 70(3):405-11.
- Haskell WL. (1996): Physical activity, sport, and health: toward the next century. *Res Q Exerc Sport*, 67(3 Suppl):S37-47.
- Hitchcock E. (1978): Hygiene at Amherst College: Experience of the Department of Physical Education and Hygiene in Amherst College for the past Sixteen Years. *Public Health Pap Rep*. 4:46-56.
- Hitchcock, E., and E. Hitchcock Jr. (1860): *Elementary anatomy and physiology for colleges, academies, and other schools*. New York (USA): Ivison, Phinney & Co.
- Hitchcock, E. and H.H. Seelye. (1889): *An anthropometric manual. Giving the average and mean physical measurements and tests of male college students. And methods to securing them*. Amherst, Mass (USA). Williams Ed.
- Hurley B. F. and J. M. Hagberg. (1998): Optimizing Health in Older Persons: Aerobic or Strength Training? *Exercise and Sport Sciences Reviews* J. O. Holloszy, (ed) Philadelphia , USA. Lippincott Williams & Wilkins. Volume 26: 61-89.
- Huxley T.H. (1866): *Lessons of elementary physiology*. London (UK). Macmillan and Co.
- Iglesias Cubero G. Batalla A. Rodríguez Reguero JJ, Barriales R, González V, De la Iglesia JL, and Terrados N. (2000): Left ventricular mass index and

- sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *International Journal of Cardiology*, 15;75(2-3):261-265.
- Dosil Díaz, J. (2003). *Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Editorial Síntesis. Madrid España.
- Kasch FW, Boyer JL, Schmidt PK, Wells RH, Wallance JP, Verity LS, Guy H, Schneider D. (1999): Ageing of the cardiovascular system during 33 years of aerobic exercise. *Age Ageing*, 28(6):531-6.
- Leibar, X y Terrados, N. (2002): Estructura médica para la valoración del maratoniano de élite. En: D. Alonso Curiel y J.L. Hernández Álvarez (coords.): *Grandes momentos del maratón español. Historia, técnica y entrenamiento*. Pags: 177-214. Madrid: Alianza Editorial.
- Liao Y, McGee DL, Cao G, and Cooper RS. (2000): Quality of the last year of life of older adults:1986 vs 1993. *JAMA*, 26;283(4):512-8.
- Morio B, Barra V, Ritz P, Fellmann N, Bonny JM, Beafre B, Boire JY, Vermorel M. (2000): Benefit of endurance training in elderly people over a short period is reversible. *Eur J Appl Physiol*, 81(4):329-36.
- Ortolano, R., Terrados, N., y E. Coto. (2001): Marcadores genéticos relacionados con el rendimiento físico y la prevención de patologías. *Archivos de Medicina del Deporte*. 84:307-313.
- Pedersen BK, Bruunsgaard H, Jensen M, Krzywkowski K, Ostrowski K. (1999): Exercise and immune function: effect of ageing and nutrition. *Proc Nutr Soc*, 58(3):733-42.
- Rodríguez Ordax, J. y N. Terrados. (2006): "Métodos para la valoración de la actividad física y el gasto energético en niños y adultos." *Archivos de Medicina del Deporte*. Vol XXIII (5), nº115: 365-377.
- Sargent D.A.(1906): *Physical Education*. Boston (USA). Ginn and company ed.
- Singh MA. (1998):Combined exercise and dietary intervention to optimize body composition in aging. *Ann N Y Acad Sci*, 20;854:378-93.
- Strawbridge WJ, Cohen RD, Shema SJ, Kaplan GA. (1996): Successful aging: predictors and associated activities. *Am J Epidemiol*, 15;144(2):135-41.
- Takemura Y, Kikuchi S, Inaba Y, Yasuda H, Nakagawa K. (1999):The protective effect of good physical fitness when young on the risk of impaired glucose tolerance when old. *Prev Med*, 28(1):14-9.
- Terrados Cepeda N., Mora Rodríguez R. y S. Padilla Magunacelaya.(2004): *La Recuperación de la Fatiga del Deportista*. Editorial Gymnos, Madrid.

- Terrados Cepeda, N. (2002): El médico de equipo en un deporte profesional: márgenes y límites de actuación. *Revista Jurídica del Deporte*, 7: 155-158, Pamplona: Aranzadi Editorial.
- Terrados, N. (2004): “Efecto del ejercicio físico en la salud: Importancia de los genes”. En F. Jimenez Díaz, A. Caballero Carmona y J.G. Villa Vicente (Coordinadores) *Novedades en Medicina Deportiva aplicadas al deporte-salud y al deporte-rendimiento*. Quaderna Editorial, España. Págs 23-40.
- Terrados, N. (1992): Metabolismo energético durante la actividad física. En: González-Gallego (ed). *Fisiología de la Actividad Física y del Deporte*, 75-94. Madrid: McGraw-Hill.Interamericana.
- Terrados, N. (1993): Effects of Aerobic Training in Midlife Populations. In: S.L.Gordon, X.Gonzalez-Mestre and W.E.Garret (Eds): *Sports and Exercise in Midlife*, 309-315. Rosemont, IL., USA: American Academy of Orthopaetic Surgeons Publ.
- Terrados, N. (1999): El médico deportivo frente al dopaje. Ponencia Oficial en la *Conferencia Nacional sobre el Dopaje*. Pamplona.
- Terrados, N. (2000): Beneficios de la actividad física y riesgos de su tratamiento como deporte de elite. En: *Educación Física y Salud*. (Actas del Segundo Congreso Internacional de Educación Física). 289-307.Cádiz: Ed. FETE-UGT.
- Terrados, N. (2000): Traumatic and overuse injuries in elite professional cyclists. En: Federico Schena (ed). *Tutela della salute e prestazione sportiva nel ciclismo del 2000*, 129-133. Verona, Italia: Francisci Editori.
- Terrados, N. (2003): “Medicina y Fisiología de la actividad física y del deporte”. En: *Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. J. Dosil Díaz (editor). Editorial Síntesis. Madrid España. Págs: 187-225.
- Tsuji Y, Tamagawa A, Nagatomi R, Irie N, Ohkubo T, Saito M, Fujita K, Ogawa K, Sauvaget C, Anzai Y, Hozawa A, Watanabe Y, Sato A, Ohmori H, Hisamichi S. (2000):Randomized controlled trial of exercise training for older people (Sendai Silver Center Trial; SSCT): study design and primary outcome. *J Epidemiol*, 10(1):55-64.
- Tuomi K, Ilmarinen J, Martikainen R, and L. Aalto. (1997): Aging, work, life-style and work ability among Finnish municipal workers in 1981-1992.*Scand J Work Environ*, 23 Suppl 1:58-65.
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N., and J.J.Poza. (1997): Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *SPINE*, 22(17):1965-1969.

- Welle S, Totterman S, Thornton C. (1996): Effect of age on muscle hypertrophy induced by resistance training. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* Nov; 51(6):M270-5.
- William D. McArdle, W.D, Katch, F.I. and V.L. Katch. (2007): Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. Williams and Wilkins, Baltimore, USA.
- Zmuda JM, Thompson PD, Winters SJ. (1996): Exercise increases serum testosterone and sex hormone-binding globulin levels in older men. *Metabolism*; 45(8):935-9.