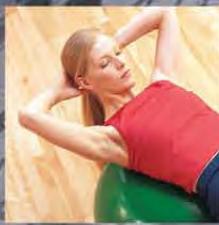


DSU

Nº 10 • DICIEMBRE 2011

DEPORTE, SALUD Y ENTRENAMIENTO



IV JORNADAS
“DEPORTE Y SALUD”
AVILÉS, 2011



INTRODUCCIÓN AL
ENTRENAMIENTO
DEL CICLISMO



ACTUALIZACIÓN SOBRE
LOS BENEFICIOS DE
LA ACTIVIDAD FÍSICA
PARA LA SALUD



RENDIMIENTO
DEPORTIVO EN
ALTURA EXTREMA



Gobierno del Principado de Asturias
Consejería de Cultura y Deporte



Unidad Regional
de Medicina Deportiva

Gobierno del Principado de Asturias

CON EL DEPORTE,
de toda
la vida



FDM
AVILÉS

SUMARIO

01



Editorial.	►	[02]	[03]
Introducción al entrenamiento en ciclismo.	►	[04]	[11]
Actualización sobre los beneficios de la actividad física para la salud.	►	[12]	[37]
Consideraciones para el rendimiento deportivo en altura extrema y perfil del deportista.	►	[38]	[46]
Bibliografía.	►	[47]	[49]

Edita: CONSEJERÍA DE CULTURA Y DEPORTE.

DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA DEPORTIVA.

Depósito Legal: AS-5353-2011.

Diseño y maquetación: SIGNUM COMUNICACIÓN Y DISEÑO.

Filmación: GRÁFICAS APEL.

Imprime: GRÁFICAS APEL.

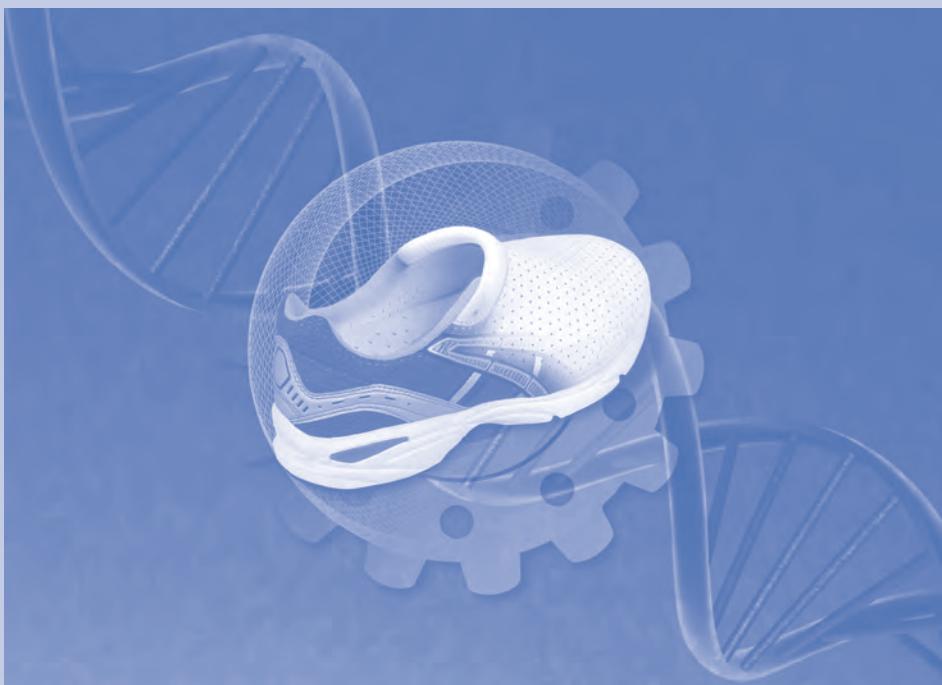


02

EDITORIAL



Reunión anual del Grupo de Trabajo “Avilés”. 2011



Los días 23 y 24 de Mayo en Avilés, tuvo lugar la Reunión anual del Grupo de Trabajo en Medicina Deportiva “Avilés”, dependiente del Consejo Superior de Deportes. Encuadrada dentro de las IV Jornadas “Deporte y Salud” 2011. A la que asistieron directores médicos de los centros nacionales y regionales de Medicina Deportiva y los directores médicos de los Centros de Alto Rendimiento, así como representantes de la Medicina Deportiva de muchas Comunidades Autónomas y de Centros de Medicina Deportiva Municipal y varios expertos invitados.

Fueron organizadas por el Consejo Superior de Deportes, la Dirección General de Deportes del Principado de Asturias y la Fundación Deportiva Municipal de Avilés a través de la Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Siendo sus directores el Dr. José Luis Terreros (Subdirector General de Deporte y Salud del Consejo Superior de Deportes) y el Dr. Nicolás Terrados (Director de la Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-Fundación Deportiva Municipal de Avilés).

Este año los temas de discusión propuestos fueron:

- ▶ Medidas del Plan Integral A+D para la promoción de actividad física en Atención Primaria y la función de los centros de Medicina Deportiva.
- ▶ Aplicaciones de la Genética en el ejercicio y la salud.
- ▶ Posible daño del ejercicio intenso en el corazón.



03

Conclusions

- ▶ 1. La tendencia actual en genética es obtener un mapa muy amplio de polimorfismos ligados al rendimiento deportivo.
- ▶ 2. Respecto al riesgo cardiovascular, antes de hacer un estudio genético es necesario agotar los recursos clínicos (exploración, electrocardiograma, pruebas de imagen,...) y realizar un adecuado estudio de los antecedentes familiares. El médico del deporte debe hacer la derivación inicial al cardiólogo y éste consensuará si es necesario un estudio genético.
- ▶ 3. Ante la posibilidad, apuntada por algunos estudios, de que el ejercicio de alta intensidad y duración induzca un mayor riesgo cardiovascular, es necesario un adecuado control del entrenamiento y de los períodos de descanso y recuperación.
- ▶ 4. Es necesario seguir investigando sobre estos cambios y realizar un seguimiento médico-deportivo adecuado de los deportistas.
- ▶ 5. Se deben mejorar los cauces de comunicación con otras especialidades para dar a conocer la Medicina del Deporte.
- ▶ 6. Para un mejor aprovechamiento de los recursos existentes se debería fomentar la participación de los Centros de Medicina del Deporte en la promoción de la salud a través de la actividad física.
- ▶ 7. Para una mayor eficacia, es necesaria una implicación de los equipos de Atención Primaria en el uso de la actividad física como herramienta preventiva y terapéutica.
- ▶ 8. Consideramos necesario facilitar a los equipos de Atención Primaria la formación adecuada para la promoción y la prescripción de actividad física.
- ▶ 9. Manifestamos nuestro apoyo al Programa “Actívate”, dentro del Plan Integral A+D, para la promoción de la actividad física en atención primaria. Se considera necesaria la colaboración de las CC.AA. en la puesta en marcha de este plan.
- ▶ 10. Se deben aprovechar las iniciativas existentes en el ámbito de la actividad física y la salud, poniendo en común las experiencias que se encuentran en marcha.
- ▶ 11. Se propone la creación de algún cauce que permita a la Medicina del Deporte participar en el proceso futuro de formación de especialistas.
- ▶ 12. Consideramos necesario que se regulen los reconocimientos médicos de los deportistas según su nivel. Al menos, todos los deportistas que reciban ayudas públicas, deberían tener un seguimiento médico deportivo obligatorio.
- ▶ 13. Consideramos imprescindible la potenciación del Grupo Avilés como herramienta para el intercambio entre los profesionales de los Centros institucionales de Medicina del Deporte.



04

INTRODUCCIÓN AL ENTRENAMIENTO EN CICLISMO

- 
- ▶ Introducción.
 - ▶ Autoentrenamiento.
 - ▶ Los principios del entrenamiento.

Introducción ◀

Yago Alcalde



MÁSTER EN ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO,
COE-UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.

ESTE ARTÍCULO ES UNA PARTE DEL LIBRO “CICLISMO Y RENDIMIENTO”,
AUTOR: YAGO ALCALDE. EDITORIAL TUTOR. MADRID.

La afición por la práctica del ciclismo está en crecimiento en España. Cada vez hay más carreras, y sobre todo más marchas cicloturistas, que en realidad, para el 80 o el 90% de los participantes suponen verdaderas carreras ciclistas. O por lo menos son días en los que el ciclista aficionado se siente como un profesional, ya que tiene la oportunidad de correr en un gran pelotón y luego se publica una clasificación con el tiempo realizado. Esto es perfectamente lógico y razonable, ya que el ciclismo, como cualquier otro deporte de resistencia individual es un deporte bastante agónico por naturaleza, donde el hombre busca sus propios límites físicos. De hecho, la salsa del ciclismo es la propia superación personal, que muchas veces se traduce en ganar a otros ciclistas. Casi todos los ciclistas que conozco, siempre tienen en mente un proyecto para mejorar como ciclistas: bajar de tantos minutos en tal puerto, obtener el diploma de oro en tal marcha, hacer tal recorrido



05

a más de 30km/h o simplemente ganar a todos los que pueda en su club (aunque no lo reconozcan abiertamente). Por estos motivos, cada vez son más los ciclistas que demandan más información sobre el entrenamiento para el ciclismo así como los que directamente buscan la ayuda de un profesional para que le ayude a mejorar su rendimiento.

El objetivo de escribir este libro es muy concreto: exponer de la forma más sencilla y directa una serie de conocimientos y pautas a seguir para que cualquier ciclista que se lo proponga y disponga de un mínimo de tiempo para entrenar pueda mejorar su rendimiento como ciclista, ya sea en carreras, en marchas cicloturistas o en salidas domingueras con su club o peña ciclista. La mejora del rendimiento se basará en la elaboración de un propio plan de entrenamiento. A lo largo de los diferentes capítulos se irán dando las pautas concretas para que el ciclista pueda confeccionar su plan de entrenamiento basado en sus objetivos, sus características, su disponibilidad horaria para entrenar y los medios de los que disponga.

Está demostrado que la primera forma para mejorar el rendimiento es mediante el seguimiento de un plan de entrenamiento, es decir, que si no hay un plan, una tarea que cumplir, la probabilidad de fracasar en la consecución del objetivo final es mucho más elevada. Sin un plan de entrenamiento, será mucho más fácil no salir a entrenar cuando las circunstancias no sean las más idóneas (frío o calor, poco tiempo, pereza...). El plan de entrenamiento también aporta mucha más calidad a los entrenamientos, ya que salir de casa con la bici sin tener nada planificado hará que en unas pocas semanas se acabe haciendo siempre el mismo tipo de entrenamiento. Cada vez será más aburrido y más monótono. Además, nuestras piernas se acostumbrarán a un mismo estímulo y no progresaremos en nuestro rendimiento.

Se propone un método de entrenamiento basado en la fisiología del ejercicio y apoyado principalmente en la medición del rendimiento de la forma más precisa y objetiva posible para evaluar el rendimiento ciclista. El objetivo es que el ciclista pueda medir y evaluar su estado de forma mediante la realización de una serie de tests de forma periódica. De esta forma, sabrá si los entrenamientos realizados están siendo efectivos o no. Si el ciclista puede constatar que el sufrimiento requerido para llevar a cabo el plan de entrenamiento se ve reflejado en una mejora de su rendimiento el grado de motivación se elevará, y por lo tanto, seguirá entrenando duro y por lo tanto mejorando. A través de la realización de los diferentes tests que se proponen también se cumple otro objetivo: personalizar al máximo la intensidad a la que se debe entrenar. Si se es capaz de medir el rendimiento de forma objetiva, se podrá llegar a conocer qué tipos de entrenamientos son los que más nos hacen mejorar. Para el ciclista de hoy en día, el entrenamiento no debería limitarse, simplemente, a “salir a rodar y hacer muchos kilómetros”.



06

Aparte del desarrollo de lo que es un plan de entrenamiento en sí, también se incluyen otros capítulos en los que se abordan otra serie de temas que están directamente relacionados con el rendimiento del ciclista. Estos temas son: nutrición, ayudas ergogénicas, biomecánica, psicología deportiva, métodos de recuperación... No se debe olvidar que el rendimiento depende de muchos factores: no solamente hay que estar muy bien entrenado físicamente sino que hay que saber qué se debe comer para retrasar la fatiga, como colocarse en la bici para rendir más y no lesionarse, que hacer para recuperarse mejor de los entrenamientos o como relajarse en las horas previas a la competición.

Autoentrenamiento

Como ya se ha explicado en la introducción del libro, la finalidad del mismo no es otra que la de dar al ciclista una serie de herramientas para organizar de la mejor forma posible sus entrenamientos con el fin de mejorar su rendimiento. Por mi experiencia, tengo más que comprobado que todos los ciclistas mejoran en cuanto se les ordena y organiza un poco sus entrenamientos. No obstante, también es cierto que muchos ciclistas alcanzan un gran nivel entrenando por sensaciones o simplemente saliendo a rodar y haciendo más o menos lo que ese día les apetece o lo que haga la gente con la que sale, especialmente aquellos ciclistas cuya genética les ayuda mucho para sobresalir en este deporte. Sin embargo, para maximizar el rendimiento y alcanzar los mayores niveles es necesario estructurar el entrenamiento. El método de entrenamiento que se propone desde estas páginas seguro que no es el único ni el mejor, pero a mí me ha funcionado con muchos ciclistas. Y es que cada ciclista es único y cada uno requerirá un entrenamiento diferente. Las fórmulas mágicas o las recetas no funcionan en este sentido, y lo que a unos ciclistas les ha funcionado puede ser que a otros no les haga el mismo efecto. Por eso, es muy importante que el ciclista sea sistemático en sus entrenamientos para poder analizar qué es lo que le va bien y lo que le va mal. Pero para ello, además sus sensaciones, es necesario apoyarse en algún método de control del entrenamiento que verifique si esas buenas sensaciones efectivamente se están traduciendo en unos mejores números. Es decir, tener la posibilidad de medir de alguna forma el rendimiento. El entrenamiento propuesto se basa en los siguientes puntos:

Entrenar con moderación y descansar

Para muchos ciclistas, entrenar bien es equivalente a darse una tremenda paliza. Y si no se la dan, consideran que no han entrenado bien, o por lo menos no lo suficiente. Y así un día tras otro. Esto sucede a todos los niveles. Es muy común tener la mentalidad de que cuanta más cantidad, mejor, y si además se saca una media muy alta pues mejor todavía. Entonces, llega un momento en el que se alcanza un grado de sobreentrenamiento notable que no conduce a nada. Muchas veces, me cuesta trabajo que un ciclista se tome una semana entera de descanso o haciendo solo 2 ó 3 entrenamientos a baja intensidad. Para muchos deportistas, llega un momento en que el



07

entrenamiento se convierte en una especie de comportamiento obsesivo-compulsivo, y si a diario no se esfuerzan y se exprimen tienen una especie de sentimiento de culpabilidad o de que no están entrenando lo suficiente. Sin embargo, muchos ciclistas obtienen mejores resultados con menos horas de entrenamiento en cuanto han ordenado un poco mejor sus entrenamientos en relación con el descanso.

También, muchas veces he visto casos en los que un ciclista, por distintas causas (lesión, enfermedad, vacaciones, trabajo), no ha podido entrenar todo lo que hubiese querido. Y es justo en ese momento de la temporada es cuando consigue sus mejores resultados. Es decir, que lo único que necesitaba para rendir bien es descansar mejor. Un ejemplo de este tipo lo podríamos encontrar en el gran ciclista Oscar Freire. El cántabro siempre ha tenido diversas lesiones (espalda, forúnculos) que le han impedido entrenar al 100% durante muchos meses. Sin embargo, su cosecha de triunfos ha sido tremenda si se compara su palmarés con el de otros ciclistas que, en teoría, tendrían que andar más que él según las horas de entrenamiento realizadas. Obviamente, Oscar Freire posee unas condiciones genéticas espectaculares para esprintar así como una visión de carrera que le permite llegar siempre bien colocado a los sprints, pero solo se trata de apuntar el hecho de que no siempre funciona eso de entrenar cuanto más mejor. Este tipo de situaciones no solo se da en el ciclismo. Unos entrenadores nórdicos observaron que los atletas que mejores marcas obtuvieron en 400 metros fueron precisamente lo que acumularon menos días de entrenamiento. Y los días que no entrenaron se debieron a problemas de lesiones musculares asociados a sobrecargas generadas por un entrenamiento excesivo (comunicación personal).

En este sentido, es muy importante diferenciar el estilo de vida que pueda tener un profesional (entrenar más descansar) que un ciclista aficionado que además de entrenar luego se va a trabajar o tiene otro tipo de obligaciones familiares. Es evidente que no es lo mismo echarse una siesta de 2 horas después de entrenar por la mañana que estar 8 horas trabajando, salir a entrenar deprisa y corriendo y llegar a casa a seguir trabajando. El ciclista que tiene tiempo para descansar podrá entrenar más que aquellos ciclistas para quien el descanso se limita a unas cuantas horas de sueño. Además del propio sobreentrenamiento al que se podría llegar (es difícil), el hecho de salir a entrenar sin estar recuperado al 100% de los entrenamientos anteriores hace que el entrenamiento no tenga la calidad suficiente, y por lo tanto, no sea efectivo.

Uno de los consejos más útiles es que ante la duda de una serie más o una serie menos quedarse siempre con una serie menos. E igualmente, ante la duda de salir a entrenar o no porque se tenga sensación de cansancio o no se tenga la motivación suficiente, la respuesta es la misma: es mejor no entrenar si no se está plenamente motivado y con las fuerzas para ello. Atendiendo al principio de entrenamiento de carga y recuperación, es necesario respetar los diferentes tiempos de recuperación después de cada entrenamiento en el camino de la mejora del rendimiento.

Con todo esto, creo que ha quedado clara la importancia del descanso como vía para obtener las mejoras. No quiero decir que haya que entrenar poco, sino que hay que saber cuándo entrenar poco, cuando entrenar mucho y cuando descansar. Sin perder de vista que para mejorar hay que entrenar duro y en ocasiones forzar hasta el límite. Lo inteligente es saber cuándo hacerlo.



08

Constancia



Una de las claves a la hora de seguir cualquier plan de entrenamiento es la constancia, ya que el estado de forma se va construyendo a base de pequeños y repetidos estímulos. Por desgracia, las mejoras que se consiguen en varias semanas de entrenamiento se pierden a una velocidad mucho más rápida si no somos constantes en el entrenamiento. Por ello, antes de plantearse llevar a cabo un plan de entrenamiento será necesario analizar si dispondremos del tiempo necesario para que los entrenamientos gocen de una mínima constancia. No es lo mismo entrenar para mantener el estado de forma que entrenar para mejorar. En muchas ocasiones, el tiempo para entrenar es tan limitado que solo es rentable para mantener la forma, pero no es suficiente para mejorar.

Seguir un plan, perseguir un objetivo



Aunque entrenar siguiendo un plan de entrenamiento sería la cosa más lógica, muy pocos ciclistas que entran por su cuenta tienen elaborado un plan de entrenamiento. Elaborar y seguir un plan de entrenamiento hace que las posibilidades de tener éxito aumenten de forma muy importante. Cualquier plan, aunque sea muy básico, nos hará mejorar. El simple hecho de tener un plan significa que se tiene un objetivo como ciclista. Y este objetivo debe ser lo más concreto posible. Ser más rápido o subir mejor no pueden considerarse como objetivos de rendimiento. Cuando se tiene un plan de trabajo establecido, es mucho más motivante salir a entrenar, ya que hay un objetivo que cumplir. Además de establecer uno o varios grandes objetivos a lo largo de la temporada, también es importante marcarse pequeños objetivos a corto plazo. Y si la planificación es buena, tendrá los ingredientes necesarios para hacer de cada entrenamiento un pequeño reto personal.

Escuchar al cuerpo, las sensaciones también cuentan



Aunque los entrenamientos estén guiados por la frecuencia cardíaca o por los vatios que se estén desarrollando, es muy importante no perder de vista las propias sensaciones respecto al esfuerzo. En ocasiones, los ciclistas se olvidan un poco de escuchar lo que su cuerpo les dice, especialmente respecto a los niveles de recuperación y de motivación para entrenar, dejándose llevar solo por los objetivos marcados. En este sentido, hay que saber escuchar cuando el cuerpo dice basta y nos da pistas para alertarnos de que quizás lo más inteligente sea bajar la intensidad, no hacer esa última serie o simplemente ese día no salir a entrenar. Para que los entrenamientos sean efectivos, es imprescindible que el ciclista se encuentre motivado y convencido de que esa sesión de entrenamiento va a ser positiva. Si los entrenamientos se convierten más en una obligación que en una diversión es que algo está fallando. Es el momento de parar, replantearse la situación e introducir los cambios necesarios para que salir a entrenar vuelva a ser



motivante. No se debe olvidar que el salir a andar en bici no deja de ser un juego o algo que se hace para disfrutar. Cuanto antes se detecten estos estados de apatía o de cansancio antes se podrán poner los medios para solucionarlo. Muchas veces, basta con dejar de salir en bici durante una semana para recuperar las ganas de entrenar. En otras ocasiones, un pequeño cambio en la planificación puede hacer que los entrenamientos ganen interés.



Compromiso total

Cualquier ciclista que lleve algún tiempo entrenando con cierta constancia se habrá dado cuenta de que para alcanzar un rendimiento aceptable se necesita disponer de un mínimo número de horas de entrenamiento a la semana, que normalmente son al menos 8. Suponiendo que fuesen 8 horas sobre la bici, se convierten en 10 u 11 horas si contamos el tiempo que dedicamos a vestirnos y desvestirnos, ducharnos, hacer cualquier arreglo en la bici o desplazarnos hasta el lugar de entrenamiento. Si tenemos en cuenta que la mayoría de estos ciclistas anónimos tienen un trabajo, una familia y otras tareas variadas que realizar a lo largo de la semana, nos daremos cuenta de que para encajar estas horas de dedicación a la bici hay que organizarse muy bien, haciendo del ciclismo un estilo de vida. Bien, pues para garantizarnos el éxito de nuestro plan de entrenamiento, es necesario que esta organización de la vida personal se realice con el mayor esmero y dedicación.

En este sentido, la dificultad más importante se suele encontrar dentro de la familia, ya que como es lógico también quieren que el ciclista no sea solo ciclista. Para ello, es muy importante que el entorno familiar conozca y acepte los objetivos del ciclista para poder compatibilizar la bici con la familia desde el principio. De este modo, nos evitaremos un sinfín de conflictos familiares cada sábado o domingo de entrenamiento que tengamos que salir a entrenar durante toda la mañana.

Además del tema familiar y de organización, es obvio que para conseguir unos buenos resultados no solo basta con entrenar y descansar, ya que hay otra serie de factores del día a día que también influyen en el rendimiento y no se pueden pasar por alto, como por ejemplo la nutrición y las horas de sueño. Al respecto es importante plantearse la necesidad de llegar a dormir al menos 8 horas al día. Durante el sueño, es el momento del día en el que se segregan una gran cantidad de hormonas relacionadas con la recuperación.

En cuanto a la nutrición, como ya se verá en el capítulo 8, es necesario conocer qué tipo de alimentación nos conviene seguir para aportar al organismo los nutrientes necesarios para recuperarnos mejor de los entrenamientos y tener la energía necesaria para entrenar con intensidad. En este sentido, es importante adquirir unos hábitos de alimentación saludables. Además de la función propia de los alimentos, el ciclista también deberá ser muy cuidadoso respecto al control del peso corporal, ya que está directamente implicado en el rendimiento.



10

Por último, entrenar inteligentemente también supone llevar un registro de los entrenamientos realizados, lo cual nos llevará también unos pocos minutos al día. Este registro y control del entrenamiento se hará preferentemente de manera informática, ya que así el análisis de los datos será mucho más sencillo de hacer. No obstante, con un cuaderno y un bolígrafo también podemos mantener un registro detallado de nuestros progresos. También es importante que el ciclista se preocupe por aprender y conocer más cosas referentes al ciclismo, al entrenamiento y a la nutrición. Cuantos más conocimientos se obtengan mejor se podrá entrenar. La adquisición de un libro como este ha sido un buen paso en este sentido, pero lo interesante para seguir aprendiendo es leer cuanto más mejor y de todo un poco: nutrición, biomecánica, fisiología... Si cada vez sabemos más sobre lo que sucede en nuestro organismo cada vez que nos ponemos a dar pedales seremos capaces de entrenar de forma más eficaz.

Los principios del entrenamiento

En cualquier libro sobre entrenamiento siempre encontramos una serie de principios o normas que se deben tener en cuenta a la hora de plantearse la ejecución de cualquier plan de entrenamiento con garantías de éxito. Estas normas deben respetarse al máximo. Cuando algo no funciona en un plan de entrenamiento es muy probable que se deba a que no se esté cumpliendo alguno de estos principios. Todos son igual de importantes. Estos principios son los siguientes:



- ▶ **1. Principio de sobrecarga.** Para conseguir cualquier mejora, hay que someter al organismo a un esfuerzo que le suponga un cierto nivel de estrés. Simplificando, este principio quiere decir que para que un entrenamiento sea útil y efectivo se debe acabar el entrenamiento con cierto cansancio. En términos de intensidad del esfuerzo, se estima que la intensidad mínima a la que se debe entrenar para provocar algún tipo de adaptación está en torno al 60-65% de la frecuencia cardíaca máxima.
- ▶ **2. Principio de progresión de la carga.** Este principio nos indica que a medida que va mejorando la condición física, también se tendrá que ir incrementando la carga de trabajo para que el estímulo del entrenamiento sea suficiente. La carga de trabajo está formada por tres componentes: la duración y la intensidad de cada sesión de entrenamiento y la frecuencia de las mismas. La frecuencia es el número de sesiones que se realizan a la semana. Es importante destacar que estos aumentos en la carga de trabajo han de realizarse de forma progresiva para evitar el sobreentrenamiento y las lesiones. Cuando la gente se estanca y deja de mejorar, lo normal es que se deba a que la carga de trabajo se le ha quedado corta. Tendría que aumentar las horas de entrenamiento o la intensidad de los mismos para seguir progresando.
- ▶ **3. Principio de variedad.** Tanto a nivel fisiológico como psicológico es necesario que el entrenamiento sea variado. Si siempre entrenamos haciendo los mismos recorridos y a la misma intensidad, además de que acabaremos aburriéndonos, nuestras piernas se adaptarán a ese tipo de esfuerzo y no mejoraremos. Es necesario introducir nuevos recorridos y nuevos estímulos para seguir mejorando.





- ▶ **4. Principio de especificidad.** Los efectos del entrenamiento son específicos a los músculos utilizados y a la intensidad del ejercicio. Este principio quiere decir que para mejorar sobre la bici no nos queda más remedio que montar en bici. Correr o nadar pueden servir para mantener la condición cardiovascular, pero por mucho que se corra o se nade, si no se entrena en bici no se producirán las mejoras necesarias. Igualmente, es necesario entrenar a la intensidad específica a la que se vaya a competir. Este es uno de los principios que muchas veces no se cumple: entrenar como se va a competir. Esto sucede con mayor frecuencia en los ciclistas que hacen carreras en las que predominan las arrancadas y los intensos cambios de ritmo. Si no entran ese tipo de esfuerzos es fácil que se queden descolgados en los primeros tirones de la carrera. Por lo tanto, las últimas semanas del plan de entrenamiento deben dedicarse a simular las condiciones en las que se va a competir. Por eso las propias carreras o marchas son el mejor entrenamiento cuando el objetivo de la temporada está cerca.
- ▶ **5. Principio de individualización.** Es necesario adaptar el entrenamiento a las condiciones particulares de cada uno. La edad, la experiencia, el nivel de preparación previo, el tiempo disponible para entrenar, los objetivos del plan de entrenamiento y otras circunstancias hacen que el entrenamiento deba adecuarse a las características propias de cada ciclista. La misma fórmula de entrenamiento no es válida para todos.
- ▶ **6. Principio de carga y recuperación.** Para que se produzcan las adaptaciones necesarias para mejorar el estado de forma, se deben respetar unos períodos de recuperación después de cada entrenamiento antes de realizar el siguiente. Si no se respetan unos correctos tiempos de recuperación no dejaremos al organismo recuperarse suficientemente, y por lo tanto nunca mejoraremos nuestro estado de forma. Las mejoras se producen después del descanso.
- ▶ **7. Principio de la periodización.** En función del calendario y de los objetivos de rendimiento que nos planteemos habrá que diseñar un plan de actuación en función del tiempo que tengamos para prepararnos. En la periodización habrá que establecer diferentes fases del entrenamiento durante las cuales incidiremos más o menos sobre las diferentes capacidades. No se debe entrenar de la misma forma durante todo el año.



12

ACTUALIZACIÓN SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA LA SALUD

- ▶ Introducción.
- ▶ Principios básicos de metabolismo energético.
- ▶ Beneficios de la actividad física para la salud.
- ▶ Beneficios del ejercicio físico en la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas.
- ▶ Otros factores de riesgo: factores de riesgo emergentes.
- ▶ Beneficios del ejercicio físico en la salud músculo esquelética.
- ▶ Beneficios del ejercicio en la salud mental.
- ▶ Efectos del ejercicio físico en la prevención de algunos tipos de cáncer.
- ▶ Genes y actividad física.

Introducción ◀

Nicolás Terrados Cepeda



UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA
DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS-FUNDACIÓN
DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS.

AUNQUE EN LA ACTUALIDAD SE HABLA MUCHO DE LA UTILIZACIÓN DEL EJERCICIO FÍSICO COMO HERRAMIENTA PARA PREVENIR Y CURAR DETERMINADAS PATOLOGÍAS, NO ES ALGO NUEVO EN MEDICINA. YA EN EL SIGLO X, LA REINA TODA DE NAVARRA ENVÍÓ A SU NIETO SANCHO "EL CRASO" DE LEÓN A CÓRDOBA, PARA QUE LE TRATARAN SU OBESIDAD MÓRBIDA LOS MÉDICOS JUDÍOS DE ABDERRAMÁN III. LOS CUALES LE TRATARON A BASE DE EJERCICIO (PASEOS Y CARRERA A PIE EN TORNO LA MEDINA AZAHARA, CACERÍAS A PIE, ETC.) Y DIETA.

Y en 1553 Cristóbal Méndez médico afincado en Jaén, escribió un libro titulado "Libro del ejercicio corporal y de sus provechos", en el que ya en el prólogo afirma "*el ejercicio corporal es causa de salud*", y dedica el Capítulo Tercero a "*de cómo el ejercicio es la cosa más fácil de las que conservan la salud*".

Hasta ahora, conocíamos el beneficio del ejercicio en la salud cardiovascular, metabólica y osteomuscular, basado en los efectos a nivel del metabolismo energético, en la mejora del músculo cardíaco y de los capilares musculares, y en el aumento de tono muscular.



13

Por ello en patologías tan preocupantes como la obesidad, no sólo influye el ejercicio 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. Lo mismo ocurre en la diabetes II, en relación a la oxidación de los hidratos de carbono ingeridos. En la hipertensión arterial esencial, se conocía el efecto beneficioso del ejercicio, por sus efectos a nivel cardiovascular y por la disminución de las resistencias periféricas, debidas al aumento de los capilares musculares. Igual ocurría 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 osteomuscular, no explicaban todos los efectos que se aprecian (entre ellos el aumento en la esperanza de vida) en las personas que realizan ejercicio físico (**ver Figura 1**).

En la actualidad, si que estamos conociendo mejor los mecanismos por los que el ejercicio físico tiene tantos efectos fisiológicos, ya que muchos de ellos están mediados por la expresión de determinados genes que se activan con el ejercicio físico.

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 conocemos 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 conocemos 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 el ejercicio, 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.



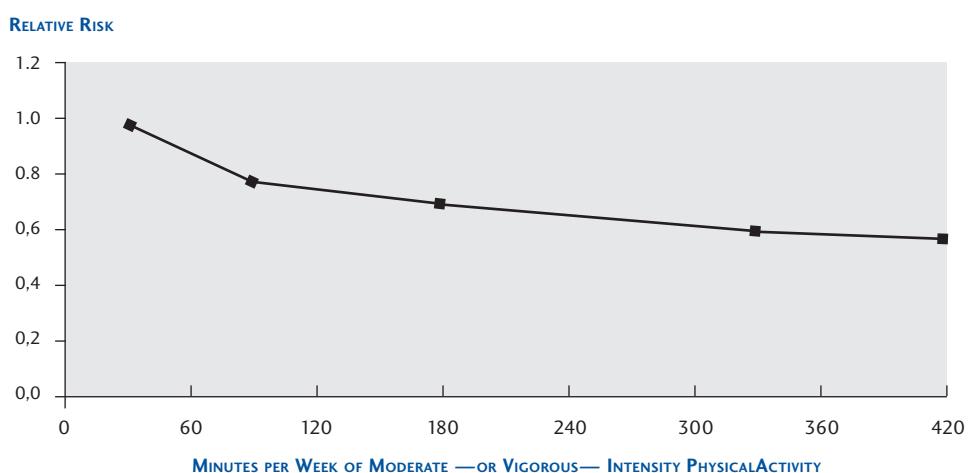
14

Desde inicios del 2006, varias asociaciones médicas internacionales, avalan (basadas en multitud de estudios científicos, entre los que se encuentran algunos realizados en Asturias) el uso del ejercicio físico no sólo como en la prevención sino en el tratamiento de: Obesidad, Resistencia a la Insulina, Dislipemias, Diabetes tipo 2, Hipertensión, EPOC, Enfermedad coronaria, Insuficiencia cardíaca, Claudicación intermitente, Artrosis, Osteoporosis y Depresión. Y se está valorando su uso en el Síndrome de Fatiga Crónica-Fibromialgia, en el Asma y en algunos tipos de Cáncer.

Además, hay que añadir el hecho de que en la sociedad actual se tiende, tanto en niños y adolescentes como en adultos, a un gran sedentarismo. Estudios recientes que se muestran en otros capítulos, indican unos niveles de sedentarismo en la población española alarmantes.

FIGURA 1: Relación entre el riesgo relativo de muerte y la cantidad de actividad física moderada o intensa a la semana.

Tomado de: **Physical Activity Guidelines for Americans (Gobierno USA), 2008.**



En resumen

Hasta ahora, conocíamos el beneficio del ejercicio en la salud cardiovascular, metabólica y osteomuscular, basado en los efectos a nivel del metabolismo energético, en la mejora del músculo cardíaco y de los capilares musculares, y en el aumento de tono muscular. Ahora estamos conociendo mejor los mecanismos por los que el ejercicio físico tiene tantos efectos beneficiosos, ya que muchos de ellos están mediados por la expresión de determinados genes que se activan con el ejercicio físico.



15



Por la importancia que tienen los cambios en el metabolismo energético humano en los beneficios del ejercicio en la salud, repasaremos a continuación los principios básicos del metabolismo energético y su relación con la actividad física.

En la realización de cualquier actividad física, el organismo humano necesita energía para: la síntesis de material celular nuevo que reponga el que se ha degradado, el transporte de sustancias contra gradientes de concentración, el mantenimiento de una correcta temperatura corporal y por último y más importante, para la realización del trabajo mecánico, principalmente a nivel muscular.

El principal medio de almacenar y de intercambiar energía en el organismo humano es el Adenosin Trifosfato (ATP), que libera una gran cantidad de energía al hidrolizarse y soltar sus iones fosfato (P_i), así como otros compuestos con uniones de fósforo de alta energía. Pero hay que reseñar que la cantidad de ATP y de los otros compuestos de alta energía, que puede almacenar el cuerpo humano, es limitada y relativamente baja. Por lo que hay que resintetizarlo cada vez que es utilizado. Además, incluso en ejercicios muy intensos, los niveles de ATP no bajan mas de un 40% aproximadamente de los niveles en reposo. Dichos niveles basales, hay que recordar que, son relativamente bajo. Para su resíntesis se necesita también energía, que se obtiene de la ruptura escalonada (vías metabólicas) de moléculas más complejas, provenientes del medio ambiente (los alimentos).

La habilidad del músculo esquelético para sintetizar ATP durante el ejercicio y la recuperación depende en último término del metabolismo energético.

La mayoría de los ejercicios obtienen energía de la grasa y los carbohidratos de manera combinada, a través del metabolismo aeróbico (oxidativo). **Ver Figura 2.**

Cuando la producción aeróbica de energía no es suficiente para las demandas que se necesitan (cuando la intensidad es muy alta), se obtiene ATP del metabolismo anaeróbico, también ocurre en el paso de reposo a ejercicio y en los cambios bruscos de intensidad de ejercicio. Las fuentes principales de ATP anaeróbico son; la degradación de la FosfoCreatina (PCr), y la producción de lactato por la glucólisis anaeróbica.

Así pues, las dos vías responsables fundamentalmente de proveer energía para la resíntesis de ATP son; a) la fosforilación oxidativa —la principal— en la que se realiza la oxidación de las grasas, los hidratos de carbono y las proteínas (**metabolismo aeróbico**) y b) el metabolismo anaeróbico (fosforilación de sustratos), principalmente la ruptura sin oxígeno de la Glucosa y el Glucógeno, hasta Piruvato o Lactato y la ruptura de fosfocreatina.



Principios básicos de metabolismo energético



16

La fosforilación oxidativa (también llamada “metabolismo aeróbico”), tiene dos grandes limitaciones durante ejercicio:

- ▶ 1- Necesita un tiempo para alcanzar los niveles de funcionamiento total, tanto al inicio de un ejercicio como cuando se cambia de intensidad de ejercicio.
- ▶ 2- No aporta ATP con suficiente rapidez para suplir totalmente los ejercicios de alta intensidad.

Estas dos limitaciones las suple el metabolismo anaeróbico. Por ello al inicio del ejercicio se produce energía por el metabolismo anaeróbico, hasta que se ha activado totalmente el metabolismo aeróbico. Así como en los ejercicios que requieren más ATP del que puede aportar el metabolismo aeróbico.

Dos tipos de metabolismo aeróbico



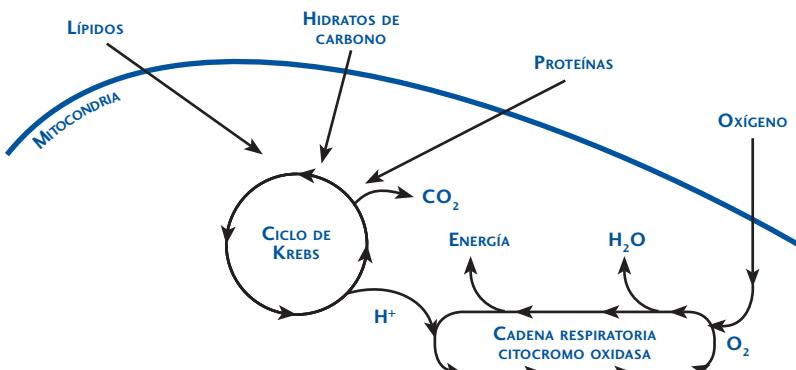
Conviene repasar los tipos de metabolismo aeróbico.

Una visión actualizada de las vías de obtención de energía durante el ejercicio, debe ser completada con una división en dos del metabolismo aeróbico (**Hawley y Hopkins, 1995; Achten y col. 2002**):

- ▶ a) **Glucolisis aeróbica**, en la que se oxidan CH para ejercicios de resistencia de alta intensidad. Una buena medida de este sistema sería teóricamente el $\text{VO}_{2\max}$.
- ▶ b) **Lipólisis aeróbica** (*lo de aeróbica sobraría...*), en la que se oxidan lípidos para obtener energía en ejercicios de media y baja intensidad y larga y muy larga duración. La medición de la potencia lipólica es difícil, podría utilizarse el cociente respiratorio en tests submáximos.

La mayoría de los ejercicios aeróbicos incluyen una combinación de metabolismo de grasas y de carbohidratos para aportar ATP a través del metabolismo aeróbico. Sin embargo, conviene recordar que el rango máximo de síntesis de ATP a partir de grasas, sólo puede proveer ATP para mantener un ejercicio a intensidades entre el 55-75% del $\text{VO}_{2\max}$, dependiendo del nivel de entrenamiento aeróbico del individuo. El metabolismo oxidativo de los carbohidratos, podría mantener un ejercicio a intensidades del 100% del $\text{VO}_{2\max}$, tanto en personas entrenadas como no entrenadas.

FIGURA 2: Esquema simplificado, de la vía metabólica oxidativa intra-mitocondrial y sus substratos.





El factor principal que determina la oxidación de grasa o de carbohidratos (CH) durante ejercicio, es la **intensidad**.

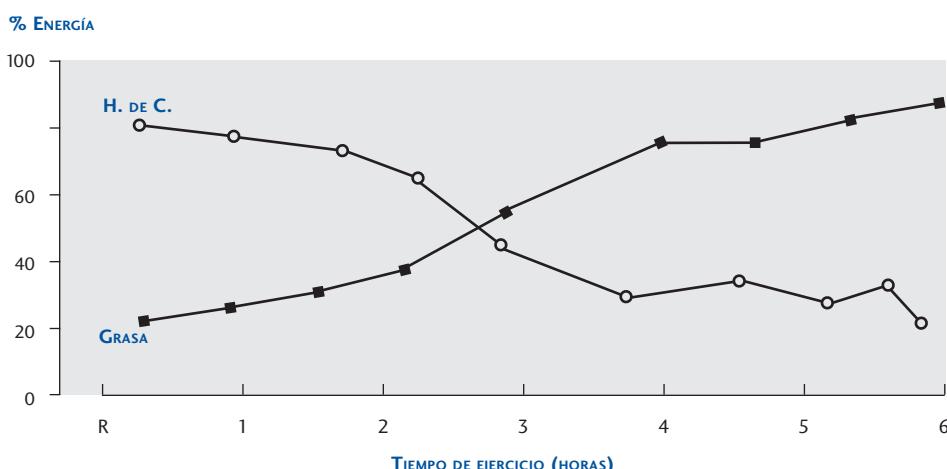
La intensidad del ejercicio es el factor fundamental en la elección de grasas o H de C como sustrato durante el ejercicio (Ver Figura 3). A intensidades de 25% del $\text{VO}_{2\text{max}}$, casi toda la energía proviene de la grasa (sobre todo de los FA del plasma). Al 65% la grasa provee un 50% de la energía (mayor en cifras absolutas que al 25%), pero a estas intensidades son los depósitos intramusculares (de IMTG y glucógeno) los más importantes, aunque los FA del plasma siguen aportando energía. A intensidades mayores de ejercicio (i.e. 85% del $\text{VO}_{2\text{max}}$), la contribución de las grasas en proporción a los H de C es mucho menor, aunque algo todavía se utilizan.



Hay dos aspectos del metabolismo de las grasas que son de gran importancia respecto al ejercicio físico, estos son:

- ▶ 1- La grasa sólo puede utilizarse como fuente energética en condiciones aeróbicas.
- ▶ 2- Debido al hecho de que en la célula muscular sólo se almacenan pequeñas cantidades de grasa, esta debe de ser transportada hasta el músculo e introducida en él.

FIGURA 3: Contribución (en % aproximado) al metabolismo energético total, de las grasas (o) y los Hidratos de carbono (.), durante ejercicios de diferente intensidad-duración. Desde ejercicios intensos de 30min de duración, hasta ejercicios muy suaves de 4-6 horas de duración. Modificado de **Edwards y col. 1934**.



Efecto de la intensidad de ejercicio

Utilización durante el ejercicio

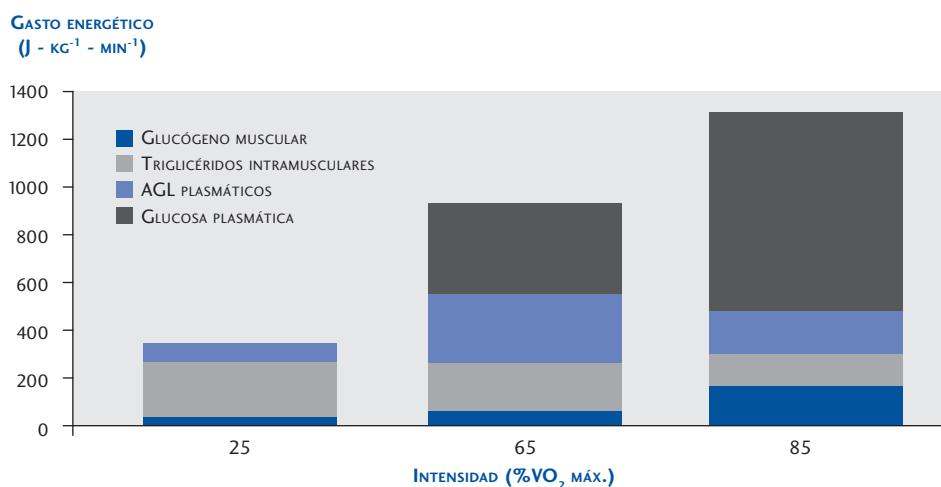


18

Durante el ejercicio físico la utilización mayor o menor de la grasa dependerá fundamentalmente de la intensidad y duración del ejercicio, haciéndolo en muchos casos de una manera inversa a los Hidratos de carbono (**Figura 3**), como ya se demostró en los años treinta, confirmándose en estudios posteriores (**Figura 4**).

Cuando el ejercicio es muy intenso la fuente energética principal son los Hidratos de carbono y la aportación de las grasas es pequeña. Conforme el ejercicio va siendo de menor intensidad y de mayor duración la contribución de las grasas es mayor. Así por ejemplo, durante ejercicio de baja intensidad y muy larga duración hay un progresivo aumento en la utilización de la grasa como fuente energética, llegando a ser en una persona no-entrenada de un 50% del total. Hay estudios científicos clásicos que muestran en ejercicios de muy larga duración que la contribución de la grasa a la producción total de energía puede ser de un 80-90%.

FIGURA 4: Contribución de los Hidratos de Carbono (glucosa y glucógeno) y las grasas (triglicéridos y ácidos grasos libres AGL) al gasto energético según la intensidad del ejercicio (**Adaptado de Romjin, et al. 1993**).



Los conocimientos fisiológicos del metabolismo energético, tienen una gran importancia a la hora de realizar la programación del ejercicio para la salud, ya que debemos de ajustar las intensidades del entrenamiento aeróbico lipolítico y/o glucolítico. Conocer cuando se está utilizando una vía metabólica u otra, es importante para ajustar mejor el ejercicio como fuente de salud, diferenciando cuando se están utilizando grasa y cuando hidratos de carbono.

Resumen práctico



El ser humano utiliza para obtener energía; grasa, hidratos de carbono e incluso proteínas, que se metabolizan dependiendo de la necesidad de energía.

Cuando el organismo humano ingiere más calorías de las que utiliza, se almacenan (se ahorran), fundamentalmente en forma de grasa.

Dependiendo de la intensidad del ejercicio físico, el músculo metaboliza un sustrato (grasa o hidratos de carbono, principalmente) u otro.



19

Cuando el ejercicio es muy intenso la fuente energética principal son los Hidratos de carbono y la aportación de las grasas es pequeña.

Cuando el ejercicio es moderada o baja intensidad y de larga duración la oxidación de las grasas es mayor.

Así por ejemplo, durante ejercicio de baja intensidad y muy larga duración hay un progresivo aumento en la utilización de la grasa como fuente energética, siendo mayor cuanto más entrenado esté el músculo.

El ejercicio físico continuado (entrenamiento), sobre todo el de larga duración, aumenta mucho el uso de las grasas del cuerpo. Y está recomendado para la prevención de la obesidad.

Los conocimientos fisiológicos del metabolismo energético, tienen una gran importancia a la hora de realizar la programación del ejercicio para la salud, ya que debemos de ajustar las intensidades del entrenamiento aeróbico lipolítico y/o glucolítico. Conocer cuando se está utilizando una vía metabólica u otra, es importante para ajustar mejor el ejercicio como fuente de salud, diferenciando cuando se están utilizando grasa y cuando hidratos de carbono.



Revisaremos a continuación los conocimientos actualizados, sobre los beneficios de un ejercicio correcto, en la salud de los adultos.

De una manera resumida se podría decir que el ejercicio físico regular tiene un efecto beneficioso y preventivo en muchas patologías relacionadas con el metabolismo energético y con el sistema cardiovascular, fundamentalmente por la mejora en la oxidación de la grasa, el mejor y mayor uso de la glucosa y las mejoras circulatorias por la capilarización muscular. Así como en patologías del sistema músculo esquelético, por la mejora en las propiedades contráctiles del músculo y en la densidad mineral del hueso. Además tiene un efecto beneficioso en la salud mental y en la prevención de algunos tipos de cáncer.

En la actualidad están apareciendo estudios científicos que muestran que el ejercicio físico es uno de los factores que modulan la expresión de determinados genes, por lo que pronto aparecerán más conexiones entre el ejercicio y la salud.

En la **Tabla I**, se detallan los principales efectos beneficiosos del ejercicio físico, separados por su nivel de evidencia.

Aunque se habla siempre del efecto en las enfermedades cardiovasculares, hay que resaltar el efecto en la salud músculo-esquelética, que influirá mucho en la calidad de vida.

Beneficios de la actividad física para la salud



20



Los beneficios que el ejercicio físico aporta a la salud de los adultos, los dividiremos en:

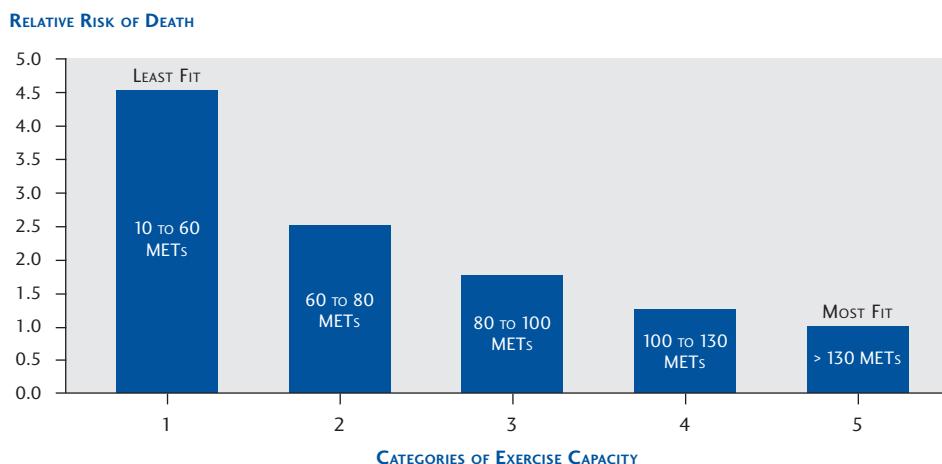
- ▶ Efectos del ejercicio físico la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas.
- ▶ Efectos del ejercicio físico en la salud músculo-esquelética.
- ▶ Efectos del ejercicio físico en la salud mental.
- ▶ Efectos del ejercicio físico en la prevención de algunos tipos de cáncer.
- ▶ Efectos en el sistema inmunológico.
- ▶ Aumento en la expresión de genes saludables.



TABLA I. Niveles de evidencia de cada uno de los efectos positivos del ejercicio. Tomado de Physical Activity Guidelines for Americans (Gobierno USA), 2008.

NIÑOS Y ADOLESCENTES	
FUERTE EVIDENCIA	
▶ MEJOR CONDICIÓN FÍSICA CARDIORRESPIRATORIA	
▶ MEJOR CONDICIÓN MUSCULAR	
▶ MEJOR SALUD ÓSEA	
▶ MEJORES MARCADORES DE SALUD CARDIOVASCULAR	
▶ MEJOR COMPOSICIÓN CORPORAL	
EVIDENCIA MODERADA	
▶ MENOS SÍNTOMAS DE DEPRESIÓN	
ADULTOS Y MAYORES	
FUERTE EVIDENCIA	
▶ MENOR RIESGO DE MUERTE TEMPRANA	
▶ MENOR RIESGO DE ENFERMEDAD CORONARIA	
▶ MENOR RIESGO DE ICTUS	
▶ MENOR RIESGO DE HIPERTENSIÓN ARTERIAL	
▶ MENOR RIESGO DE DISLIPEMIAS ADVERSAS	
▶ MENOR RIESGO DE DIABETES TIPO 2	
▶ MENOR RIESGO DE SÍNDROME METABÓLICO	
▶ MENOR RIESGO DE CÁNCER DE COLON	
▶ MENOR RIESGO DE CÁNCER DE MAMA	
▶ PREVENCIÓN DEL AUMENTO DE PESO	
▶ MEJOR CONDICIÓN FÍSICA CARDIORRESPIRATORIA	
▶ MEJOR CONDICIÓN MUSCULAR	
▶ PREVENCIÓN DE CAÍDAS	
▶ MEJOR FUNCIÓN COGNITIVA (ANCIANOS)	
EVIDENCIA MODERADA A FUERTE	
▶ MEJOR SALUD FUNCIONAL	
▶ MENOR OBESIDAD ABDOMINAL	
EVIDENCIA MODERADA	
▶ MENOR RIESGO DE FRACTURA DE CADERA	
▶ MENOR RIESGO DE CÁNCER DE PULMÓN	
▶ MENOR RIESGO DE CÁNCER ENDOMETRIAL	
▶ MANTENIMIENTO DEL PESO DESPUÉS DEL ADELGAZAMIENTO	
▶ MEJOR DENSIDAD ÓSEA	
▶ MEJOR CALIDAD DEL SUEÑO	

FIGURA 5: Relación entre el riesgo relativo de muerte y la cantidad de ejercicio físico diaria. Adaptado de Myers y col 2004.



En la actualidad, la mejor manera de valorar el impacto de las diferentes formas de entrenamiento en la prevención de enfermedades cardiovasculares (CV), es ver su efecto en los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular. Esta aproximación esta basada en la asunción de 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 se detallan en la Tabla II.

En el estudio llamado “Inter-Heart”, realizado en 52 países se establecen los factores de riesgo del ataque al corazón. Estos nueve factores diferentes son: colesterol, consumo de tabaco, diabetes, peso, depresión y/o estrés, presión sanguínea, dieta, ejercicio y consumo de alcohol. Como se puede apreciar, en 8 de ellos tiene efecto beneficioso, directa o indirectamente, el ejercicio físico. El único que no tenía relación directa con el ejercicio, era la dieta. Por lo que para muchos autores el sedentarismo es el primer factor de riesgo ya que solucionándolo , se solucionarían varios de los otros factores de riesgo CV. (**Haskell, 1996; Bogaard y col. 1997, Hurley y Hagberg, 1998**).

Beneficios del ejercicio físico en la prevención de enfermedades cardiovasculares y metabólicas



22



Bajos niveles de forma cardiovascular



Está ampliamente demostrado (**Hurley y Hagberg, 1998**), que una baja condición física cardiovascular es un importante factor de riesgo para todas las causas de mortalidad en hombres y mujeres. De hecho, el riesgo relativo asociado con la ausencia de la forma CV es similar al riesgo asociado con niveles altos de colesterol, elevados niveles de glucosa y una historia familiar de enfermedades CV. La capacidad de ejercicio es el mejor predictor de supervivencia entre los sujetos normales y los que tienen factores de riesgo cardiovascular. (**Myers et al. 2004**). Ver Figuras 5 y 6.

De este modo, queda claro que el ejercicio aeróbico (EA) es la intervención más efectiva para incrementar la forma CV en las personas mayores. La mayoría de los resultados previos indicaron que el EA provocaba incrementos substanciales en la forma CV. A la inversa, casi todas las evidencias indican que el ejercicio de fuerza (EF) no mejora la forma CV de manera apreciable; sin embargo, el EF puede provocar otras adaptaciones que podrían beneficiar al sistema CV de las personas mayores. (**Byrne y col. 1996; Schuit y col. 1999; Schulman y col. 1996; Takeshima y col. 1996; Kasch y col. 1999; Tsuji y col. 2000**).

Perfiles anormales de lipoproteinas-lípidos en plasma



Muchos investigadores han estudiado los efectos del ejercicio aeróbico (EA) en los perfiles de lipoproteinas-lípidos, mostrando que el perfil de lipoproteinas-lípidos mejora de forma clara, tanto en los hombres mayores como en los jóvenes.

La actividad física ocasiona una adaptación aguda y crónica que conlleva un efecto de protección frente a la enfermedad cardiovascular. Se asume que los niños menores de ocho años realizan una actividad física suficiente, sin embargo se observó una relación inversa entre el ejercicio en el exterior y la intensidad de ejercicio con los factores de riesgo cardiovascular (colesterol total, HDL, HDL/colesterol total, triglicéridos, presión arterial sistólica e IMC) en preescolares. Las diferencias de actividad ya se pueden observar en la edad preescolar (**Sääkslahti y col. 2004**).

Intolerancia a la glucosa y resistencia a la insulina



Además de ser importante en la etiología de la diabetes, la intolerancia a la glucosa y la resistencia a la insulina son factores de riesgo de enfermedad CV independientes. La prevalencia de la intolerancia a la glucosa se incrementa con la edad debido a la resistencia a la insulina. La intolerancia a la glucosa está asociada, también, con la pérdida de masa muscular relacionada con la edad. (**Hurley y Hagberg, 1998**).

Es lógico pensar que la mejora del metabolismo energético muscular con mayor y mejor uso de la glucosa sanguínea, serán factores preventivos y reguladores de la intolerancia a la glucosa.



23

Hay que recordar además, que la glucosa sanguínea entra en el músculo esquelético, incluso en ausencia total de insulina, por acción de la propia contracción muscular.

Existen evidencias sustanciales de que en personas mayores, cualquier tipo de ejercicio, tanto aeróbico como de fuerza, mejora la homeostasis de la glucosa, por un incremento de la disponibilidad de la glucosa y por el incremento de la sensibilidad a la insulina (**Takemura y col. 1999**).



► Hipertensión

En los países industrializados, la presión sanguínea (TA) se incrementa con la edad, así que a la edad de 60-70, aproximadamente el 50% de los hombres y mujeres son hipertensos. La TA elevada es uno de los mayores factores de riesgo de enfermedad CV en el envejecimiento, excepto para aquellos por encima de los 85 años.

El EA es efectivo en la reducción de TA en personas mayores con hipertensión esencial. (**Hurley y Hagberg ,1998**) Con los datos actuales (**Fagard, 1985; Ades y col. 1996; Bogaard y col. 1997; Sugimoto y col. 1998**) parece claro que el EA es efectivo en la reducción de la TA en hipertensos mayores, y que el entrenamiento de moderada y baja intensidad puede obtener las mismas o mayores reducciones en TA que el EA de elevada intensidad.

► Obesidad

En cuanto a las enfermedades cardiovasculares, el reducir el nivel de obesidad debería de ser considerado como una importante consecuencia de los programas de actuación sobre los factores de riesgo CV. Tanto el EA como el EF pueden reducir los almacenes de grasa corporal total en hombres y mujeres mayores, incluso cuando los sujetos no tienen restricciones calóricas. La vida sedentaria y en especial la baja condición cardio-respiratoria están, no solo asociadas al síndrome metabólico, sino que podrían también ser consideradas como parte de dicho síndrome (**Lakka y col. 2003**).



Parece que ambos, el EA y el EF son efectivos en la reducción de los depósitos de grasa abdominal en personas mayores (**Singh, 1998**).



24

Los estudios epidemiológicos indican que el ejercicio moderado e intenso está asociado a una disminución del riesgo del síndrome metabólico, independientemente de la edad, tabaco o ingesta de alcohol. El aumento de la condición cardiovascular y la disminución del IMC, son dos elementos fundamentales, en la disminución del riesgo de síndrome metabólico, en ambos tipos de ejercicio (**Rennie y col. 2003**).

TABLA II: Factores mayores “tradicionales”, de riesgo cardiovascular,(*)

- ▶ EDAD Y SEXO (HOMBRES ≤ 45 AÑOS, MUJERES ≤ 55 AÑOS).
- ▶ TABAQUISMO.
- ▶ HIPERTENSIÓN ARTERIAL (PA ≤ 140/90 mmHg O EN TRATAMIENTO ANTIHIPERTENSIVO).
- ▶ AUMENTO DE COLESTEROL LDL.
- ▶ DISMINUCIÓN DE COLESTEROL HDL (< 40 MG/DL)*.
- ▶ ANTECEDENTE FAMILIAR DE ENFERMEDAD CARDÍACA CORONARIA PREMATURA.
 - ▶ HOMBRES FAMILIARES EN PRIMER GRADO < 55 AÑOS.
 - ▶ MUJERES FAMILIARES EN PRIMER GRADO < 65 AÑOS.
- ▶ DIABETES MELLITUS**.
- ▶ ESTILO DE VIDA (SOBREPESO/OBESIDAD, SEDENTARISMO, DIETA ATROGÉNICA)***.

* ADAPTADA DEL PANEL III DEL NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM(4).

**SI EL COLESTEROL HDL ES 3 60 MG/DL, SE CONSIDERA COMO FACTOR DE RIESGO “NEGATIVO”.

**LA DIABETES MELLITUS SE EQUIPARA AL RIESGO EQUIVALENTE A LA SITUACIÓN DE PREVENCIÓN SECUNDARIA.

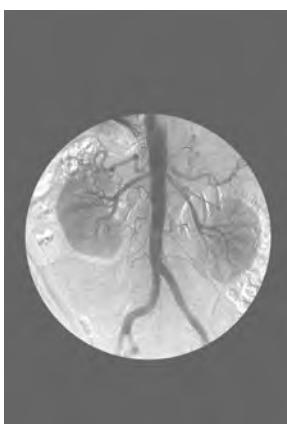
***ESTOS FACTORES NO SE COMPUTAN EN LOS ALGORITMOS PARA ESTRATIFICAR EL RIESGO.

PA: PRESIÓN ARTERIAL; LDL: LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD; HDL: LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD.

Resumen



Muchos estudios han investigado el efecto de la actividad física en la alteración de los factores de riesgo asociados con las enfermedades cardíacas. El efecto más beneficioso del ejercicio sería a nivel del metabolismo oxidativo, influyendo en los **niveles de lípidos en sangre**. Aunque las reducciones en el colesterol total y en el colesterol LDL con el entrenamiento, parecen relativamente pequeñas (generalmente menos del 10%), hay incrementos relativamente importantes en el colesterol HDL y considerables reducciones de los triglicéridos.



Existen datos sólidos que muestran la eficacia del ejercicio en la reducción de la **tensión arterial** en personas con hipertensión leve o moderada. El entrenamiento de resistencia puede reducir la TAS y la TAD aproximadamente 10 mmHg, en individuos con hipertensión esencial moderada.

En relación con los demás factores de riesgo cardiovascular tradicionales, el ejercicio juega un papel en la reducción y **en el control del peso y en el control de la diabetes**. Se ha descrito que el ejercicio también es efectivo en la reducción y **el control del estrés** para reducir la ansiedad.



25



Otros factores de riesgo: factores de riesgo emergentes

En la actualidad aparecen ([ver Tabla III](#)) otros factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, son los llamados “factores de riesgo emergentes”, para revisión ver Venta y col. 2009.

El ejercicio físico también puede tener un efecto beneficioso en los factores de riesgo emergentes.

Se conoce un efecto beneficioso de la práctica de ejercicio físico, disminuyendo los niveles de **apolipoproteína B**, mientras que no se observa relación entre la actividad física y los niveles de apolipoproteína A-1.

El efecto beneficioso del ejercicio físico también parece relacionado con sus efectos sobre el **proceso inflamatorio**. El ejercicio agudo produce a corto plazo una respuesta inflamatoria transitoria, reflejada en un incremento de los reactantes de fase aguda y las citoquinas, que es proporcional a la cantidad de ejercicio y al daño muscular. Sin embargo, la actividad física regular (entrenamiento) se han asociado con una respuesta antiinflamatoria crónica que se reflejaría en los niveles de reactantes de fase aguda como la PCR ultrasensible, y se relacionan también con lípidos y lipoproteínas (para revisión ver [Walsh y col. 2011](#)).

Los niveles elevados de **homocisteína** (Hcy) se relacionaron, mediante estudios clínicos y epidemiológicos, con un mayor riesgo de enfermedad vascular en coronarias, cerebro y arterias periféricas. También se le atribuyen efectos sobre la pared arterial ocasionando arteriosclerosis y trombosis. Con respecto a la homocisteína, estudios en grandes grupos de población han demostrado que la práctica habitual de ejercicio físico es un factor reductor de los niveles plasmáticos de homocisteína. Sin embargo, que otros estudios muestran que el ejercicio físico agudo eleva los niveles de Hcy. Estudios más recientes, muestran aumentos de homocisteína plasmática, tanto la total como la reducida, después de ejercicios muy intensos y esos aumentos son independientes del tipo de ejercicio y del nivel de vitaminas, pero podrían estar relacionados con cambios en la función renal. ([Venta y col. 2009](#)).



26

También relacionado con la homocisteína, es el hecho demostrado de que la práctica regular de actividad física produce una serie de efectos beneficiosos sobre el metabolismo oxidativo, que se traducen en un menor estrés oxidativo y una mayor capacidad de defensa ante los daños oxidativos, al aumentar la actividad de los sistemas antioxidantes endógenos y aumentar la resistencia de las partículas de LDL a la oxidación. Todo ello se traduce en una reducción de los niveles de la LDL oxidada y de los marcadores sistémicos de inflamación, tal como se explica en la revisión realizada por **Arquer et al., en 2010.**

A pesar de que el papel de la **Dimetil arginina asimétrica** (ADMA) como marcador de riesgo cardiovascular se ve reflejado en el incremento de estudios clínicos y publicaciones científicas al respecto, no existe en la literatura ningún estudio sobre el efecto producido por el ejercicio físico agudo ni por el entrenamiento en los niveles plasmáticos de ADMA. Pero tanto el ADMA como sus metabolitos próximos, podrían ser una vía de aproximación hacia el mecanismo por el cual, el ejercicio físico agudo produce una elevación de los niveles de homocisteína, mientras que la práctica habitual (entrenamiento) de ejercicio moderado parece ser un modulador beneficioso de los niveles de homocisteína.

TABLA III: Factores de riesgo cardiovascular emergentes.

FACTORES DE RIESGO LIPÍDICOS
► COCIENTE COLESTEROL TOTAL / COLESTEROL HDL.
► APOLIPOPROTEÍNAS.
► SUBCLASES DE LAS HDL.
► TRIGLICÉRIDOS.
► PARTÍCULAS DE LDL “PEQUEÑAS Y DENSAS”.
► LIPOPROTEÍNAS RESIDUALES O REMANENTES.
FACTORES DE RIESGO NO LIPÍDICOS
► MARCADORES DE INFLAMACIÓN (PCR ULTRASENSIBLE...).
► HIPERHOMOCISTEINEMIA.
► GLUCEMIA EN AYUNAS ALTERADA.
► FACTORES TROMBOGÉNICOS / HEMOSTÁTICOS.

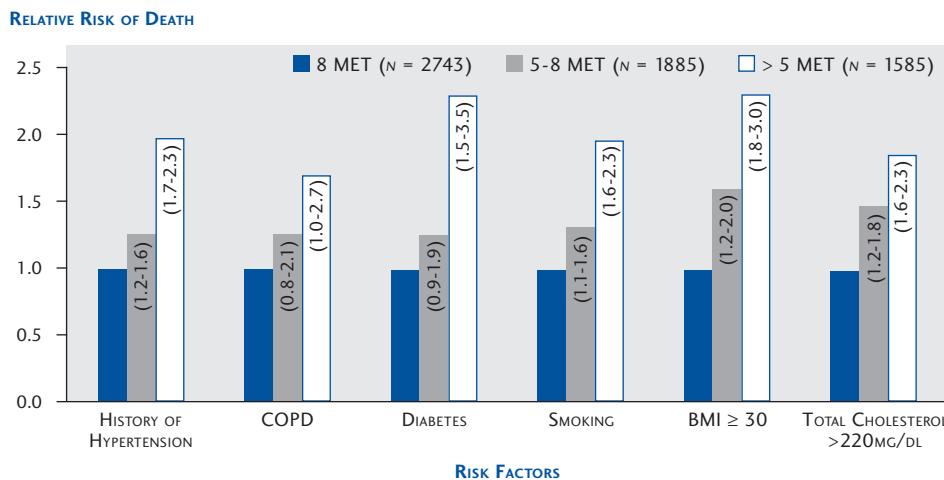
LDL: LIPOPROTEÍNAS DE BAJA DENSIDAD; HDL: LIPOPROTEÍNAS DE ALTA DENSIDAD.

Otros mecanismos de protección cardiovascular

Durante los últimos años se ha visto que el ejercicio reduce la morbilidad y mortalidad cardiovascular. Este efecto de protección se atribuía a la modificación de los factores clásicos de riesgo cardiovascular. Sin embargo, algunos estudios indican que el ejercicio físico es un factor independiente que mejora la salud de las personas.



FIGURA 6: Riesgo de muerte en función de la condición física y de los factores de riesgo
(Tomado de Warburton et al 2006).



Los mecanismos fisiológicos que se postulan se sitúan a nivel vascular (**Myers et al. 2002**) serían:

- ▶ Función endotelial. Dilatación dependiente del endotelio:
 - ▶ Prostaciclina.
 - ▶ Factor hiperpolarizante del endotelio.
 - ▶ Óxido nítrico.
- ▶ Músculo liso de las coronarias:
 - ▶ Aumenta la respuesta vasodilatadora.
 - ▶ Disminuye la respuesta constrictora.
- ▶ Adaptación vascular estructural: aumento del número de capilares.

La osteoporosis es una de las patologías con mayor prevalencia en las mujeres posmenopáusicas. La prevalencia de la osteoporosis también se incrementa con la edad en los hombres, aunque desde el punto de vista de la salud pública concierne mucho más a las mujeres.



Beneficios del ejercicio físico en la salud músculo esquelética



28

Un segundo componente importante de la salud musculoesquelética es la pérdida de masa muscular y de fuerza (sarcopenia) que ocurre con la edad. El potencial regenerativo del músculo esquelético, y de la masa muscular en su conjunto, disminuye con la edad. Este potencial regenerativo puede estar influenciado por factores de crecimiento intrínseco del propio músculo y por multitud de factores extrínsecos que pueden afectar la regeneración muscular incluyendo hormonas, factores de crecimiento, inervación, y mecanismos antioxidantes (**Cannon, 1998**). Esta disminución de la masa y de la fuerza muscular esta asociada con un incremento en el riesgo de caídas, baja densidad ósea y aumento de fracturas. Además, la disminución de la fuerza muscular es un determinante fundamental de la capacidad de la persona mayor para mantenerse activa, para mantener un estilo de vida de alta calidad, y, quizás, para su capacidad para minimizar un aumento de su obesidad con la edad como causa de la reducción en la masa muscular. De este modo, cuando se intenta optimizar la salud y la funcionalidad de personas mayores, todos los aspectos de la salud musculoesquelética, incluyendo el hueso y el músculo esquelético, deberían ser considerados (**Buchner y col. 1996; Welle y col. 1996; Hurley y Hagberg, 1998**).



Osteoporosis



Uno de los principales componentes de la salud musculoesquelética y un factor fundamental en el riesgo de fracturas, es la baja densidad mineral en el hueso (osteoporosis). La densidad mineral del hueso (DMO) disminuye notablemente entre los 2 y los 5 años después de la menopausia y posteriormente continúa disminuyendo en una proporción menor.

Debido a las importantes consecuencias de la osteoporosis, el mantenimiento o la intensificación de la DMO en las personas mayores, especialmente en las mujeres, es algo que concierne de forma principal a la salud pública.

En este contexto, la actividad física tiene un papel importante dado que incluye dos de los factores principales para el trofismo óseo; el impacto y la tracción (muscular en este caso).

Diferentes estudios encontraron que el EA incrementa DMO en los lugares críticos del esqueleto en las mujeres postmenopáusicas. Así mismo, otros estudios demostraron que el EA mantenía DMO en las mujeres mayores. También encontraron relaciones positivas entre la fuerza muscular y DMO en jóvenes y personas mayores. De forma similar, varios estudios han documentado que el entrenamiento de fuerza en las personas mayores mejora de manera clara la DMO, comparando con sus pares sedentarios (**Buchner y col. 1996; Goodpaster y col. 1996; Welle y col. 1996; Hurley y Hagberg, 1998**).

En resumen, parece que en las personas mayores, el EF puede tener mayores efectos beneficiosos que el EA en la DMO, especialmente en las mujeres postmenopáusicas. Sin embargo, el EA también puede afectar de forma beneficiosa al DMO en las personas mayores.



29

► Prevención de caídas

La prevención de las caídas es fundamental para evitar las fracturas. Los factores de riesgo de caídas son: discapacidad cognitiva, deficiencias visuales, condiciones medio ambientales, medicación usada y poca actividad física.

Existen evidencias que indican que el uso del ejercicio reduce los factores de riesgo a las caídas, aunque, debido al prolongado periodo de tiempo y los gastos requeridos para los estudios de los porcentajes de caídas, la mayoría de las investigaciones dentro de los efectos del EA y el EF se han centrado en los factores de riesgo para las caídas, antes que los porcentajes actuales de caídas (**Buchner y col. 1996; Perrin y col. 1999**). Estos estudios proporcionan evidencias que ambos EA y EF pueden incrementar las funciones neuromusculares, forma de andar, y balance, los cuales son factores de riesgo muy importantes para las caídas en el envejecimiento.



► Calidad muscular

Está bien establecido que existe una pérdida de masa y de fuerza muscular con la edad, en los hombres y mujeres mayores, y que esta pérdida pueden mejorarse relativamente rápido con el EF (**Hicks y McCartney, 1996; Taaffe y col. 1996; Welle y col. 1996; Chilibeck y col. 1997; Hepple y col. 1997; Kostka y col. 1997; Porter y Vandervoort, 1997; Frost, 1999; Marsh y col. 1999**). Sin embargo, los efectos de la edad y del EF en la calidad muscular (la fuerza inherente del músculo independientemente de los cambios en la masa) ha sido menos estudiada. Esta claro que el EF es el único método de entrenamiento que incrementa la masa muscular y la fuerza de forma efectiva en los hombres y mujeres mayores. La mayoría de las evidencias indican que en las personas mayores, el EF invierte las pérdidas en la calidad muscular.

► Flexibilidad

La pérdida en el rango de movilidad articular (flexibilidad) con la edad está bien documentada (**Hurley y Hagberg, 1998**), y está relacionada con la disfunción y una disminución en el estado de la salud. Se piensa que mucha de esta pérdida es debido a la inactividad, y que el incremento en la actividad muscular de fuerza al menos demoraría las pérdidas en flexibilidad. La mayoría de estudios sobre el EA y el EF que investigaron los efectos del entrenamiento en la flexibilidad usaron ejercicios de flexibilidad en sus programas de entrenamiento. De este modo, los efectos independientes del EA o del EF sobre la flexibilidad no están bien establecidos. No puede ser asumido que sólo el EF incrementará el rango de movimiento, simplemente ejercitando los grupos musculares agonistas y antagonistas a través de todo el rango de movimiento con cada ejercicio.



30

En resumen, parece que los programas de entrenamiento tanto si son aeróbicos o de fuerza, deberían incluir de forma específica ejercicios de flexibilidad. Los programas de EF y de EA por sí solos no incrementan la flexibilidad.

En resumen



Los datos disponibles indican claramente que tanto el entrenamiento aeróbico como el de fuerza ofrecen un amplio rango de beneficios a los adultos mayores. Estos tipos de ejercicio pueden mejorar la densidad ósea, la homeostasis de la glucosa, y disminuir el riesgo de caídas, e incluso prevenir algunos tipos de cáncer.

Si las personas mayores 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 podemos 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 este programa hay que mantenerlo “toda la vida”, pues el efecto beneficioso es reversible.

Beneficios del ejercicio en la salud mental

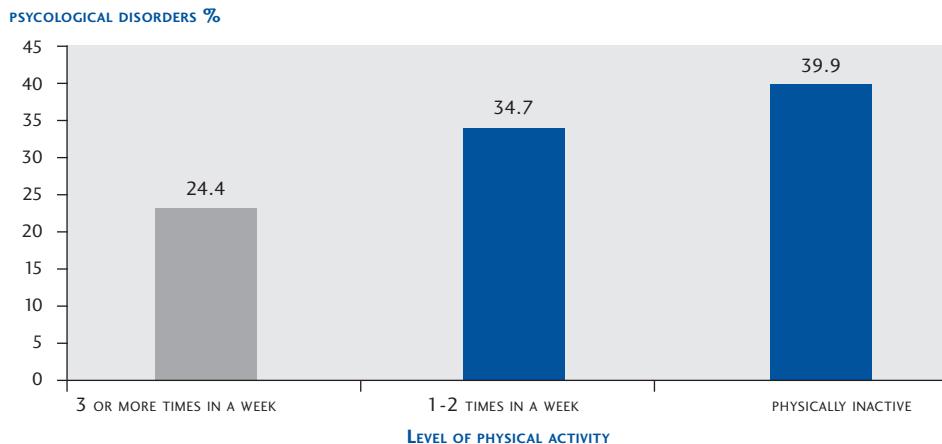


Por si a alguien le quedaban dudas sobre los beneficios de mantener una vida activa en la edad adulta, un trabajo estadounidense acaba de dar un argumento más para abandonar el sedentarismo. Algo tan simple como un paseo a buen ritmo es suficiente para mejorar las capacidades cerebrales y reducir el deterioro que se produce como consecuencia del paso del tiempo. En particular, se ha observado un aumento de la actividad en las regiones asociadas a la concentración y a los mecanismos de toma de decisiones.

En trabajos publicados desde el año 2004, alguno de ellos en los 'Proceedings of the National Academy of Sciences', se afirma que "estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la salud pública, puesto que incluso una actividad cardiovascular moderada, que está al alcance de la mayoría de las personas mayores sanas, supone una mejoría de las funciones neuronales y puede ayudar a aumentar o extender en el tiempo la independencia de la población anciana".



FIGURA 7: Incidencia de desórdenes psicológicos en personas muy activas físicamente, moderadamente activas y sedentarias (Tomado de Kull y col., 2002).



Se observa la utilidad de la actividad física en los trastornos mentales y/o del comportamiento (**ver Figura 7**), principalmente en:

- ▶ Depresiones leves y medias (en las graves está por confirmar).
- ▶ Transtornos bipolares.
- ▶ Esquizofrenia.
- ▶ Adicciones.

De hecho ya existe una revista científica internacional dedicada a la salud mental y la actividad física. “*Mental health and physical activity*”.



Existen evidencias del efecto beneficioso del ejercicio físico combinado con el tratamiento médico en los casos de ligera y moderada depresión (**ver Figura 8**). Un metaanálisis del 2001 (**Lawlor & Hopker, 2001**), se observa que, comparado con los que no reciben tratamiento, el ejercicio reduce significativamente los síntomas de la depresión (Beck Depression Inventory). Los autores del metaanálisis concluyen que la eficacia del ejercicio respecto a la reducción de los síntomas de la depresión no pueden determinarse debido a la débil metodología de las pruebas. Esta conclusión de todas formas, ha sido en parte contradictoria (**Brosse et al., 2002**).

Un reciente estudio, investiga los efectos de diferentes regímenes de ejercicio en adultos (n=80) con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años y diagnosticados de depresión mayor de leve a media intensidad (**Dunn et al., 2005**). Los individuos se repartieron en 4 grupos con regímenes de ejercicio diferente, 3 de ellos con un gasto energético desde 7,0 a 17,7 Kcal/Kg/semana y una frecuencia de 3 a 5 días/semana, y el cuarto el grupo control que realizaba ejercicio de flexibilidad 3 días por semana. El estudio demostró que el ejercicio realizado en los grupos de mayor intensidad era un tratamiento efectivo contra la depresión mayor de leve a moderada intensidad.

Efecto del ejercicio físico sobre la depresión

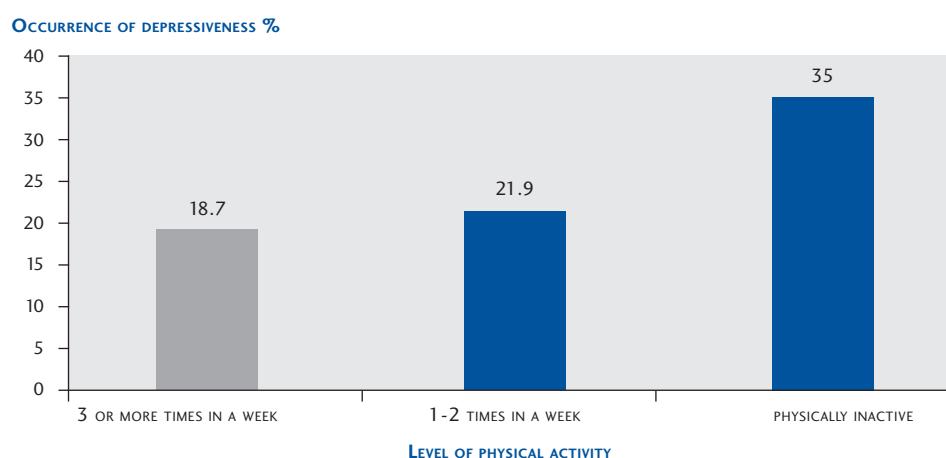


32



El mecanismo de actuación del ejercicio físico sobre la depresión se cree que es multifactorial (**Salmon, 2001**). En el mundo occidental se considera saludable ser físicamente activo y en los pacientes con depresión el ejercicio tiene un efecto positivo a través del contacto social y con el medio ambiente (**Scott, 1960**). Como el ejercicio se considera como un algo habitual y normal, puede hacer que las personas que lo realizan se sientan también normales. A menudo los pacientes con depresión presentan fatiga y sensación de situaciones insuperables, lo cual puede conducir a la inactividad física y esta a la perdida de la condición física que a su vez aumentará la fatiga. A actividad física aumenta la condición física y fuerza muscular y por lo tanto el bienestar físico. Por otro lado además, existen numerosas teorías acerca de los cambios hormonales que ocurren durante el ejercicio físico que afectan a su vez al humor. Por ejemplo los niveles de β -endorfinas y monoaminas (**Mynors-Wallis et al., 2000**). Algunas personas con depresión tienen ansiedad y sensación de in tranquilidad, de forma que les aumentan las pulsaciones/minuto y sudan, lo que también ocurre durante el ejercicio físico y así pueden ver que no son situaciones peligrosas.

FIGURA 8: Relación entre los niveles de actividad física y percepción de depresión en personas muy activas físicamente, moderadamente activas y sedentarias.
Tomado de **Kull y col., 2002**.



33



Hay evidencias epidemiológicas sobre que un estilo de vida físicamente activo protege de la aparición de cáncer de colon, de mama, de pulmón y de endometrio (**Thune & Furberg, 2001**), y recientemente se habla también de el de próstata. Además revisiones recientes afirman que los pacientes con cáncer se ven beneficiados de la realización de ejercicio físico.

Un estudio observacional prospectivo en 2987 mujeres con cáncer de pecho en estadio I,II y III, encuentra con la actividad física, un descenso del riesgo de muerte. Este gran beneficio aparecía en mujeres que realizaban ejercicio medio equivalente a 3-5 horas semanales de una actividad como caminar con pequeñas evidencias de correlación entre los beneficios obtenidos y la cantidad de energía consumida (**Holmes et al. 2005**). Existe estudios no intervencionistas en relación al efecto de la actividad física regular sobre la progresión y pronóstico del cáncer de mama. El objeto de la actividad física en mujeres con cáncer de mama es la mejora del estado de forma, el acondicionamiento muscular, mejora sensación de bienestar, disminuye la ansiedad, y la depresión y aumenta la sensación de mejor calidad de vida.

Una revisión del año 2000 de 38 estudios (**Thune & Smeland, 2000**) valora 1451 pacientes con cáncer, la mitad ellos cáncer de mama, mostraron consistentes efectos positivos del ejercicio físico en pacientes con cáncer de mama. De este modo, se encontraron una mejor condición física, acondicionamiento de fuerza, ganancia de peso, menos náuseas y menor fatiga y mejora psicológica.

Estos mismos resultados se obtuvieron en pacientes con otro tipo de cáncer como el colorectal, tumores sólidos, patologías maligna de la sangre (**Thune & Smeland, 2000; Courneya et al., 2003**). Otro estudio aleatorio , realizado en 123 pacientes con cáncer de mama (**Segar et al., 2001**) también demuestran los efectos positivos de 6 meses de actividad aeróbica en la condición física y la capacidad funcional.

Además del cáncer de mama, se ha visto que el ejercicio previene el desarrollo de algunos tipos de cáncer de epitelio ovárico (**Zhang y col. 2003**).

En esta misma línea, la actividad física se ha asociado a una disminución del riesgo de cáncer de colon (**Thune y Furberg, 2001, Quadrilatero y Hoffman-Goetz, 2003**).

Por otro lado, en pacientes mayores de 65 años, con cáncer de próstata avanzado, se observó un menor riesgo, cuando los pacientes practicaban ejercicio regular intenso. Por ello, estos autores concluyen que aunque no se conocen los mecanismos exactos, el ejercicio regular intenso podría enlentecer la progresión del cáncer de próstata (**Giovannucci et al. 2005**).



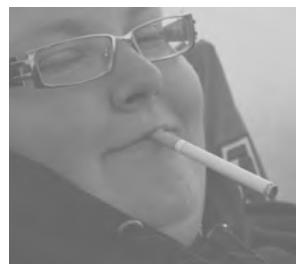
34

Los mecanismos que se han postulado como causa de la relación inversa entre el cáncer de colon y el ejercicio son los cambios en el tiempo de tránsito gastrointestinal, la alteración de la función inmune, los cambios en los niveles de prostaglandinas, la insulina, los ácidos biliares, el colesterol y hormonas pancreáticas y gastrointestinales (**Quadrilatero y Hoffman-Goetz, 2003**).

Recientemente se han propuesto modificaciones en la expresión génica inducidas por el ejercicio, como factor preventivo en el cáncer. Entre las que están los cambios en la metilación del DNA.

Además, en esta misma línea, en estudios realizados in vitro con células de pacientes con cáncer de próstata se observa que el ejercicio modifica determinados genes (por ejemplo el gen p53) que controlan el crecimiento celular e inducen apoptosis (**Leung y col. 2004**).

La Sociedad Americana del Cáncer (ACS) indicó a inicios de 2006, sus *5 mandamientos fundamentales en la prevención del cáncer: No fumar, hacer ejercicio, llevar una dieta sana, mantener un peso adecuado y someterse regularmente a las pruebas diagnósticas establecidas*. Aunque empiezan a ser mandamientos ya conocidos, este nuevo informe estadounidense asegura que la mitad de los casos de cáncer que se registran anualmente podría prevenirse siguiendo estas cinco reglas de oro. Y aunque la advertencia procede de Estados Unidos, todo hace pensar que los datos son extrapolables a Europa.



En resumen



El ejercicio físico actúa atenuando determinados factores de riesgo del cáncer. Existe una asociación clara entre la práctica de ejercicio físico y la prevención del cáncer de mama y del cáncer de colon. Se desconoce los efectos precisos del ejercicio físico sobre la mejora de la inmunidad, aunque existen pruebas de que el ejercicio regular ocasiona una mejora de diferentes factores inmunitarios.

Sistema inmune y ejercicio

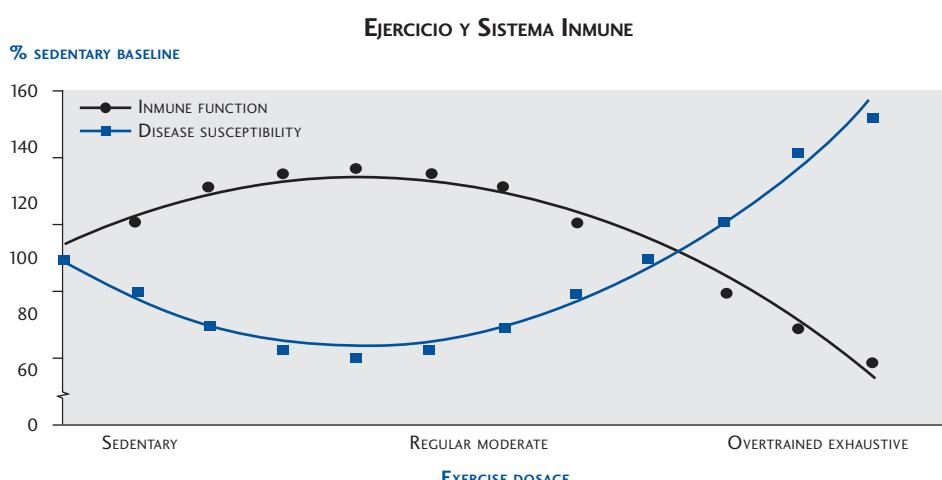


En la actualidad son cada vez más los estudios que muestran que el ejercicio físico puede tener un efecto modulador de la inflamación y del sistema inmune (ver **Walsh y col 2011**).

Aunque los mecanismos involucrados y su aplicación clínica está por precisarse, hay que mencionar este efecto beneficioso del ejercicio (**Figura 9**).



FIGURA 9. Esquema del efecto del ejercicio moderado y del ejercicio muy intenso en el sistema inmune y en la susceptibilidad a infecciones.



Genes y actividad física

Gracias a los grandes avances en genética molecular, las investigaciones sobre genes y ejercicio físico han proliferado muchísimo en los últimos años. Son muchos los estudios que intentan esclarecer el papel de los factores genéticos en la práctica deportiva, teniendo como objetivo fundamental la prevención de patologías asociadas a la actividad física y/o al sedentarismo.

A continuación resumiremos algunos de los conocimientos más recientes en este campo. Veremos el papel que atribuyen los investigadores a una serie de genes que heredamos de los hombres del Paleolítico, relacionados con la actividad física y con la aparición de enfermedades crónicas secundarias al sedentarismo. Hablaremos también de los efectos del ejercicio y la dieta en la activación de determinados genes.

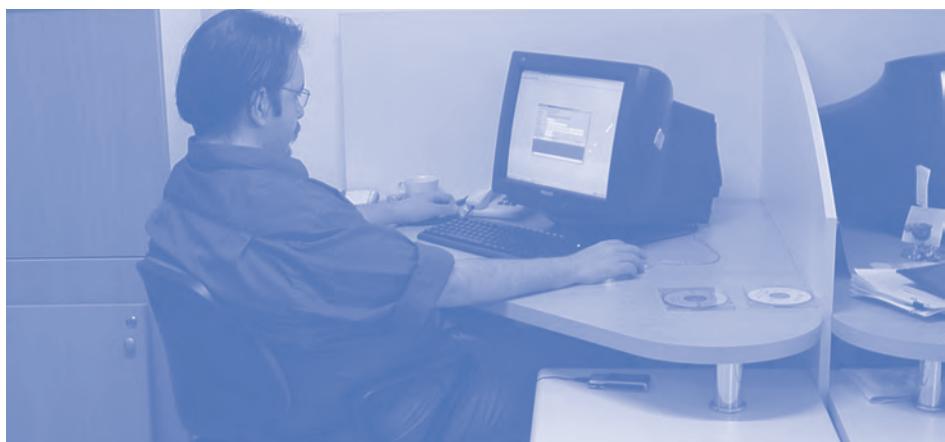
Los genes “ahorradORES”

La estructura básica del genoma humano terminó de conformarse en el Paleolítico tardío (50.000-10.000 A.C.), una era en la que la actividad física diaria era fundamental para la supervivencia. Desde entonces hasta hoy, que presentamos un estilo de vida básicamente sedentario, nuestra dotación genética ha permanecido prácticamente inalterada. La supervivencia del homo sapiens durante el Paleolítico era dependiente del hecho de conseguir comida por medio de la caza, la pesca o la recolección, actividades a su vez dependientes del nivel de actividad física. Sin embargo, la disponibilidad de comida no siempre era consistente.



36

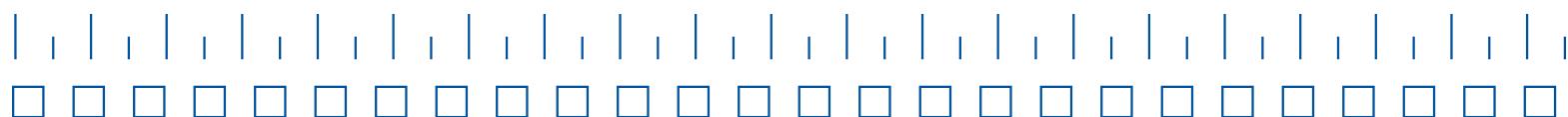
Por tanto, nuestros antepasados combinaban ciclos de ingesta abundante con ciclos de ayuno obligados por las circunstancias, asociados a ciclos de gran actividad física y otros de descanso. Para asegurar la supervivencia durante los períodos de ayuno, se cree que determinados genes se activaban y regulaban la utilización eficiente y el almacenamiento de los depósitos energéticos que se habían llenado durante los períodos de ingesta (**Chakravarthy y col, 2004**). Dichos genes se denominaron en 1962 “genes ahorradores”. Los hombres del paleolítico que no presentaban estos genes en su dotación fallecían, existiendo una especie de “selección genética” que hizo que los “genes ahorradores” perduraran hasta nuestros días.



Pero nuestro fenotipo es muy diferente del de nuestros antecesores. Aunque la ingesta diaria de calorías es menor que la que tenían entonces, en la mayoría de la población adulta existe un balance calórico positivo debido al incremento del sedentarismo. En este sentido, los mismos genes que un día sirvieron para que los hombres del paleolítico sobrevivieran, pueden ser ahora los que favorezcan la aparición de enfermedades cardiovasculares o metabólicas por exceso de ahorro. Si antes estos genes permitían a los hombres del Paleolítico disponer de depósitos para cuando escaseara la comida, hoy lo que provocan es un almacén de grasas y glucosa muchas veces excesivo, aún cuando la disponibilidad de comida es más que abundante y la actividad física es muchísimo menor que entonces o incluso nula.

Entre las enfermedades a las que conduce esta situación se encuentran patologías tan frecuentes en la actualidad como la obesidad o la diabetes tipo II, resultado muchas veces de la combinación de abundancia continua de comida y sedentarismo.

Podríamos decir que nuestro genoma está “mal adaptado” al estilo de vida actual (**Booth y col, 2002**). La identificación de estos genes ahorradores podría ayudarnos a entender la patogénesis de numerosas enfermedades asociadas al estilo de vida sedentario.



37



La composición genética exacta de un individuo, o genotipo, es diferente de la manifestación o expresión del mismo en el organismo, denominada fenotipo. A pesar de que todas las células del organismo poseen la misma dotación genética, existen genes que solamente se activan en células específicas o en determinados momentos de la vida de una célula. El resto del tiempo, permanecen inactivados. Esta activación-desactivación está regulada por medio de moléculas que se unen al ADN.

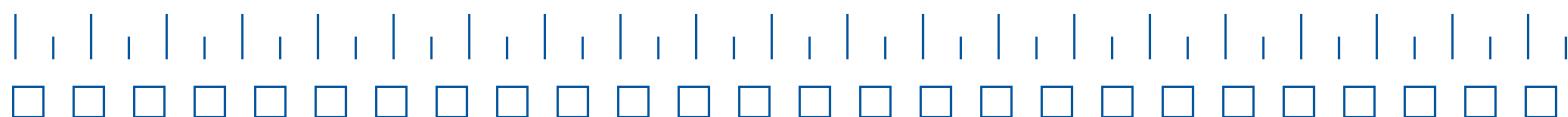
Muchos factores ambientales pueden conducir a la estimulación de diferentes genes; entre éstos factores, es fundamental el ejercicio físico. Así, en una célula muscular en reposo existen muchos genes “dormidos”, que sólo se expresan si realizamos una carga de ejercicio. Todos estos aspectos pueden ser analizados en el laboratorio mediante métodos más o menos invasivos. Para estudiar la composición exacta del ADN de un sujeto podemos utilizar cualquier célula nucleada de su organismo; las más utilizadas son los leucocitos, obtenidos a través de una simple analítica sanguínea. En cambio, para analizar la expresión genética de un gen determinado o un grupo de genes, tenemos que escoger células en las que ese gen se encuentre activado en un momento dado. En el caso de los deportistas, se tendrían que realizar biopsias de la musculatura en ejercicio (por ejemplo, recto anterior del cuádriceps en ciclistas tras un entrenamiento en cicloergómetro).

Las adaptaciones de los distintos sistemas corporales al ejercicio agudo ocurren como resultado de variaciones cualitativas y cuantitativas en la expresión genética de diferentes genes relacionados con el metabolismo muscular (**Barash 2004, Norrbom 2004, Gustafsson 2002**). Estas variaciones tienen lugar inmediatamente después de la actividad física, y las adaptaciones al entrenamiento regular se deben al efecto acumulativo de éstos pequeños cambios tras cargas repetidas de ejercicio. Por otro lado, la interrupción del entrenamiento lleva consigo la reversión de éstas adaptaciones. En los deportistas de élite, los niveles de expresión genética (medidos por el RNAm obtenido de biopsias musculares) son mucho mayores que en la población normal (**Wittwer 2004**).

Por lo tanto, parece ser que no sólo es importante la dotación genética que poseamos, sino que es necesaria la activación de nuestros genes para que ejerzan su acción, siendo el ejercicio un factor fundamental en dicha activación.

En la activación de los diferentes genes influyen otros factores ambientales además del ejercicio físico. Entre estos factores, la dieta parece ser el más relevante (**Hargreaves 2003**).

Activación de los genes. Efectos del ejercicio



38

CONSIDERACIONES PARA EL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA EXTREMA Y PERFIL DEL DEPORTISTA

- ▶ Introducción.
- ▶ Localización geográfica y orígenes.
- ▶ Presión barométrica y condicionantes ambientales.
- ▶ Parámetros fisiológicos en altura extrema.
- ▶ Peso corporal en altura extrema.
- ▶ Factores limitantes para la práctica del himalayismo.
- ▶ Perfil del himalayista.

Introducción. ◀

Gaizka Mejuto



LABORATORIO DE ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO
DEPORTIVO. DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
FÍSICA Y DEPORTIVA. FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.

UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO.

(*) FOTOGRAFÍAS DE ESTE ARTÍCULO, CEDIDAS
POR CORTESÍA DE ALBERTO IÑURRATEGUI.

EL HIMALAYISMO O ALPINISMO EXTREMO TIENE SU ORIGEN EN LA DÉCADA DE LOS AÑOS 70, CON LA INTRODUCCIÓN DE PROGRAMAS DE ENTRENAMIENTO SISTEMATIZADO, Y EL GRAN AVANCE EN MEDIOS TÉCNICOS Y TECNOLÓGICOS CON EL OBJETO DE MEJORAR EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE SUS PRACTICANTES (FRISON-ROCHE AND JOUTY 1996).

El himalayismo se clasifica en base a diferentes criterios:

- ▶ 1. Segundo la **actividad** que se realice:
Marcha, trekking, escalada, carreras...
- ▶ 2. Segundo el **área** donde se desarrolle:
Pista, piedra, hielo, roca...



► 3. Según la **altitud** a la que se practique:

Senderismo, media montaña, Alta Montaña y dentro de esta última clasificación, el ascenso a montañas por encima de los 7.000 m sobre el nivel del mar, último eslabón de todas las actividades donde confluyen además factores ambientales que la hacen compleja y peligrosa. A partir de los 5.500 m se produce un rápido y progresivo deterioro de la función fisiológica a pesar de la aclimatación por lo que se hace imposible el asentamiento para la vida permanente en humanos a estas latitudes (**Hackett 2001**).



El himalayismo es desarrollado en las cotas de altitud más altas del planeta, por encima de los 7.000 m de altura. Esta actividad solo es posible realizarla por tanto en la cordillera del Gran Himalaya. El montañismo como actividad deportiva se remonta a mediados del siglo XIX en Europa, centrando su actividad en la cordillera alpina, dando lugar a lo que hoy conocemos como alpinismo. En su mayor parte eran excursiones realizadas a la montaña sin aspiraciones de corte deportivo sino recreativo. Alcanzados Polo Sur y Polo Norte fue el Himalaya donde el ser humano trató de buscar nuevos horizontes a explorar y mayores retos. Es en los albores del siglo XX, cuando la evolución de la actividad y el desarrollo de los países europeos en plena competición expansionista provocan la exploración y conquista de los territorios más inaccesibles del planeta, entre ellos las cumbres del macizo del Gran Himalaya. Al mismo tiempo, la ciencia se empieza a interesar por este fenómeno favoreciendo la creación de observatorios en Francia e Italia principalmente, para el estudio de los efectos de la altitud a nivel fisiológico en el ser humano (**John B West, Schoene, and James S Milledge 2007**). De las catorce montañas más altas del mundo (más de 8.000 m SNM) cuatro se encuentran en el Karakorum y diez en el Himalaya *sensu stricto*.

Localización geográfica y orígenes



(*)



40

Las 14 montañas más altas del Planeta



TABLA 1. Listado de las montañas mas altas del planeta.

NOMBRE	ALTITUD (m)	PAÍSES	LATITUD	LONGITUD	CORDILLERA	ÁREA
EVEREST	8848	NP/CHN (Tb)	27°59'18" N	86°55'33"	NH	KHUMBU HIMAL
K2	8611	Pk/CHN (Sk)	35°52'51" N	76°30'48"	Kk	BALTORO MUZTAGH
KANGCHENJUNGA	8586	NP/IND	27°42'09" N	88°08'54"	SH	KANGCHENJUNGA HIMAL
LHOTSE	8516	NP/CHN (Tb)	27°57'42" N	86°56'00"	NH	KHUMBU HIMAL
MAKALU	8485	NP/CHN (Tb)	27°53'24" N	87°05'18"	NH	BARUN HIMAL
Cho oyu	8188	NP/CHN (Tb)	28°05'39" N	86°39'39"	NH	KHUMBU HIMAL
DHAULAGIRI I	8167	NP	28°41'48" N	83°29'39"	NH	DHAULAGIRI HIMAL
MANASLU	8163	NP	28°33'00" N	84°33'39"	NH	MANSIRI HIMAL
NANGA PARBAT	8125	Pk	35°14'15" N	74°35'24"	KH	NANGA PARBAT AREA
ANNAPURNA I	8091	NP	28°35'45" N	83°49'15"	NH	ANNAPURNA HIMAL
GASHERBRUM I	8080	Pk/CHN (Sk)	35°43'27" N	76°41'48"	Kk	BALTORO MUZTAGH
BROAD PEAK	8051	Pk/CHN (Sk)	35°48'39" N	76°34'06"	Kk	BALTORO MUZTAGH
GASHERBRUM II	8034	Pk/CHN (Sk)	35°45'27" N	76°39'15"	Kk	BALTORO MUZTAGH
SHISHA PANGMA	8027	CHN (Tb)	28°21'09" N	85°46'45"	NH	JUGAL HIMAL

Presión barométrica y condicionantes ambientales



La presión barométrica variará de forma decisiva, el grado de hipoxemia en el organismo cuando este se vea expuesto a altura extrema (**Amils, Ellis-Evans, and Hinghofer-Szalkay 2007**). En consecuencia, la reducción en la presión parcial de O₂ inspirado, dará lugar no solo a una reducción del rendimiento durante el ejercicio, sino que puede incrementar el riesgo de padecer mal agudo de montaña. Las variaciones de la presión barométrica con la latitud y la temporada en la que se realizan las expediciones, cobran una importancia crucial, especialmente en altitudes como la de la cima del Everest. Estos parámetros pueden condicionar la coronación con éxito de la montaña sin el uso de O₂ ya que se encuentra en los límites de tolerancia a la hipoxia del ser humano (**JB West 1983**).



TABLA 2. Presiones barométricas, altitudes, y gases sanguíneos arteriales en reposo y durante un ejercicio de carácter maximal. Tomado de West. (**West, Lahiri et al. 1983**).

PRESIÓN BAROMÉTRICA MMHG	PO ₂ INSPIRADO MMHG	ALTITUD	REPOSO			EJERCICIO MAXIMAL		
			PO ₂	PCO ₂	pH	PO ₂	PCO ₂	pH
760	149	0	99	34	7.43	87	35	7.30
429	80	4.825	52	25	7.46	42	20	7.42
347	63	6.482	41	20	7.50	34	17	7.44
282	49	8.043	37	13	7.53	33	11	7.49
253	43	8.848	30	11	7.56	28	10	7.52

La temperatura cae conforme se incrementa la altitud a razón de 1°C por cada 150 m de altura, independientemente de la latitud a la que nos encontremos. Dadas estas condiciones, se podría estimar como referencia para expediciones, que la media de temperatura en la cima mas alta de la tierra, el monte Everest, es de unos -40°C. La mayor parte de los himalayistas prefieren escalar en temporada pre o post monzónica cuando las temperaturas pueden llegar a rondar los -27°C a 8.500 m o incluso subir hasta los -9°C (**Newman 1961**). Hay que subrayar que tan importante como la temperatura en si misma lo es el viento, que en estas altitudes llega a alcanzar los 150 km h⁻¹, haciendo imposibles los ataques a cima en multitud de ocasiones. Por otro lado, la presión del vapor de agua a 20°C es 17 mmHg, mientras que a -20°C seria 1 mmHg. Como indican Boyer, Blume y cols. 1984 (**Boyer and Blume 1984**), es muy necesario para los himalayistas tener este factor en cuenta a la hora de diseñar la ingesta de fluidos que se va a realizar en expediciones. Por ejemplo en altitudes superiores a 6.000 msnm, 3-4 L de fluidos son necesarios para mantener un volumen de micción de 1.5 L dia⁻¹.



(*)

La intensidad de la radiación solar es otro elemento muy a tener en cuenta por montañeros y escaladores (**Moehrle and Dennenmoser 2003**), puesto que se incrementa marcadamente a grandes alturas por dos razones fundamentales. La primera, se debe a que la capa atmosférica es mucho más fina, reduciendo la densidad del aire y absorbiendo menos rayos solares. En alturas de 4.000 msnm, la incidencia de la radiación solar llega a ser un 100% mayor que la registrada a nivel del mar. La sequedad del aire en altura es otro importante factor por el que el vapor de aire en la atmósfera absorbe una cantidad sustancial de radiación solar. La segunda, es debida al reflejo de la luz solar en la nieve, aumentando la exposición a las radiaciones significativamente.



42

Entre las patologías asociadas propiamente a la altura, destaca el mal agudo de montaña, el cual puede presentar los síntomas que se describen a continuación, o derivar en patologías más graves como el edema de pulmón o incluso edema cerebral. Todavía no se conoce la susceptibilidad de padecer esta patología, ya que no responde a colectivos determinados sino que su etiología es de carácter multifactorial (**JS Milledge 1983**). Los factores de más peso pudieran ser el ratio de altura-tiempo a partir de alturas moderadas como los 2.500 m, siendo más común la presencia de los síntomas en aquellas personas con antecedentes. En cuanto a géneros, tanto mujeres como hombres se encuentran bajo la amenaza de este fenómeno. El historial clínico individual, el número de ascensos por encima de los 3.000 m en los meses inmediatamente anteriores y el uso de medicamentos como la dexametasona o la acetazolamida ayudarían a no padecerlo (**Imray, Wright, and Subudhi 2010**).



Parámetros fisiológicos en altura extrema

El consumo máximo de O_2 ($VO_{2\max}$), tiene una correlación significativa con el nivel de acondicionamiento físico del sujeto. Son numerosos los estudios que sostienen que exposiciones a estímulos hipódicos ya sean intermitentes o prolongados durante días o semanas o combinados “*Living High – Training Low*” (**Terrados, Jansson, and Sylven 1990**), aumentan la capacidad aeróbica de los deportistas. En grandes alturas donde se llevan a cabo regímenes de trabajo maximales, este parámetro es de gran importancia y se altera de forma crítica en hipoxia severa aguda debido a tres razones principalmente:

- ▶ 1. Reducción de la presión de O_2 inspirada,
- ▶ 2. Impedimento para el intercambio de gases pulmonares, y,
- ▶ 3. Reducción del rendimiento cardíaco máximo (**Calbet, Boushel, and Rådegran 2003**).

Sutton et al. (1988) (**Sutton et al. 1988**) concluyen que la exposición a HP aguda no mejora el $VO_{2\max}$, a la vuelta a nivel del mar. Cerretelli y su equipo en 1976 (**Cerretelli 1976**), muestran que a pesar del 11% de incremento en la concentración de hemoglobina, no se acompañó de un incremento estadísticamente significativo en el $VO_{2\max}$.





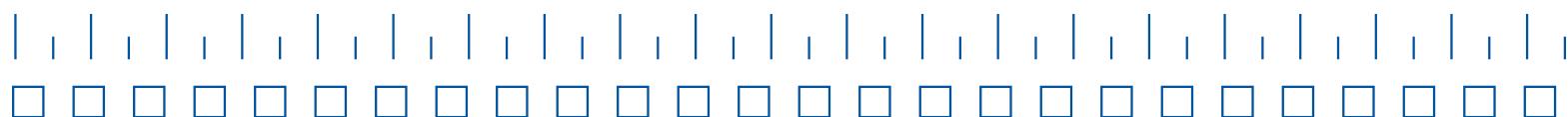
En alturas a partir de los 4.500 m, la concentración de lactato [LA] es fuente de controversia (**Mazzeo and Secher 2007; JB West 2007; Van Hall, Lundby, and Araoz 2009**), y diferentes teorías acerca de los valores que muestra debido a las condiciones en las que se realiza, protocolos y la altura exacta a la que se realizan los estudios, ofrecen datos dispares al respecto. Por un lado, algunos trabajos sobre la fisiología de altura prueban su baja concentración en sujetos aclimatados residentes a nivel del mar aún cuando el ejercicio es de intensidad máxima dando lugar a la teoría de la “paradoja del lactato”, la cual es a día de hoy objeto de debate. Recientes trabajos científicos (**Van Hall, Lundby, and Araoz 2009**), indican que no se suelen tener en cuenta dos cuestiones fundamentales:

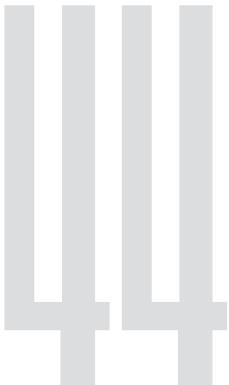
- ▶ 1. La causa de la fatiga en altura extrema, la cual puede no estar debida a la baja [LA] (tanto en sangre como en los músculos), y,
- ▶ 2. El paradójicamente bajo rendimiento cardíaco se mantiene en ejercicios de régimen maximal en hipoxia extrema.

Quizá esto se deba a que el reclutamiento de músculo esquelético decae en altura extrema como adecuación para una correcta oxigenación del cerebro. Estudios que confirman la baja [LA] en altura extrema, concluyen que en altitudes por encima de los 7.500 m no se superan los 4 mmol/L (**Green, Sutton, and Wolfel 1992**). Sin embargo, otros trabajos relacionan la [LA] y la “paradoja del lactato” a factores de la propia hipoxemia, que sufren los músculos, como la epinefrina circulante o la [LA] liberado de los músculos implicados en el ejercicio (**Kayser, Favier, and Ferretti 1996**). En cualquier caso, hoy día es fuente de controversia entre los expertos y el debate sigue abierto.



(*)





La hipoxia provoca un incremento de la frecuencia cardíaca (FC) tanto en reposo como en ejercicio (**Lenfant 1971**). Esta respuesta del organismo a la altitud ha sido registrada hasta la fecha tanto en trabajos de campo como en laboratorio (**Savard, Areskog, and Saltin 1995**) (**Cymerman et al. 1989**). La FC por encima de los 4.500 m llega a aumentar hasta un 136% (**Hirata, Ban, and Jinnouchi 1991**) para luego descender en su pico máximo (seis semanas después de aclimatación a 5.400 m). La FC máxima en ejercicio, se reduce en altura en sujetos aclimatados, descendiendo en AE a la medida de 1 $\text{pul} \cdot \text{min}^{(-1)}$ aproximadamente cada 7 mmHg menos de presión barométrica desde los 530mmHg, lo que correspondería a 130 m de desnivel a partir de los 3.100 m sobre NM. La FC en régimen de ejercicio maximal en sujetos aclimatados residentes a nivel del mar, es menor que a nivel del mar (**Lundby and Araoz 2001**) ($167 \pm 7 \text{ lpm}$ a nivel del mar Vs. $137 \text{ lpm} \pm 4$ a 6.100 m, $123 \pm 6 \text{ lpm}$ a 7.620 m y $118 \pm 3 \text{ lpm}$ a 8.848 m). Los estudios llevados a cabo a montaña abierta hallan valores considerablemente más altos. Martínez Ferrer concluyó en 38 registros Holter durante una expedición a Cho Oyu (8.201 msnm), valores de FC máxima de 149 pm (**Ferrer and del Deporte Vitoria-Gasteiz 1990**). Según este mismo autor la FC máxima empieza a experimentar limitaciones a 3.500 m y queda bloqueada antes de los 5.000 m. Esta reacción se intenta explicar por una inactivación en hipoxia de las catecolaminas.



(*)

Peso corporal en altura extrema

La práctica del himalayismo conlleva la pérdida de peso y cambios en mayor o menor medida en la composición corporal y aumento del metabolismo basal (**Boyer and Blume 1984**). Parte de estos cambios, pueden tener su origen en el desbalance entre la ingesta calórica, la demanda energética y la capacidad de producir energía del organismo en situaciones de hipoxia hipobárica crónica (**Kayser 1994**). La anorexia surgida de este desbalance puede ir acompañada de síntomas propios de un principio de mal agudo de montaña, incluyendo náuseas y vómitos, lo que acentúa aún más la pérdida de peso. Otros autores, concluyen que los mecanismos podrían no estar totalmente debidos a un desajuste entre la ingesta de alimentos, el gasto energético y síntomas asociados al mal agudo de montaña, sino que podrían jugar un papel determinante una mala absorción de los carbohidratos y la diuresis (**MS Westerterp-Plantenga 1999**). También hay que tener en cuenta la hipoxia aguda a la hora de la absorción intestinal de grasas y de los carbohidratos por la mala absorción de la xilasa, debido principalmente a una disminución de la saturación arterial de O_2 . Destaca el estudio realizado por Westerterp et al. 1999 (**Margriet S Westerterp-Plantenga et al. 1999**) el cual indica que el nivel de actividad física puede ser determinante a la hora de una pérdida de peso en altura extrema. Este trabajo aporta datos sobre sujetos escandinavos que avalan el hecho de que sujetos no entrenados pueden



mantener un nivel de ejercitación física de 1.5 PAL (physical activity level), frente a los 3.0 - 4.5 PAL que serían capaces de sostener sujetos entrenados sin sufrir pérdida de peso en altura extrema. Esto se consigue según se desprende del estudio gracias a una enorme ingesta de nutrientes, especialmente carbohidratos a base de múltiples ingestas y bebidas energéticas altas en carbohidratos. Otro aspecto muy importante parece ser la palatabilidad de los alimentos.

La práctica deportiva en ambientes extremos como lo es el himalayismo conlleva cambios cineantropométricos, principalmente en la composición corporal, pliegues grados y masa corporal. Será fundamental para quienes intenten conquistar las cimas de Himalaya, presentar un correcto balance hídrico y calórico, consideraciones que debieran tenerse cuidadosamente en cuenta por los deportistas, entrenadores y equipo de apoyo, a la hora de planear expediciones.



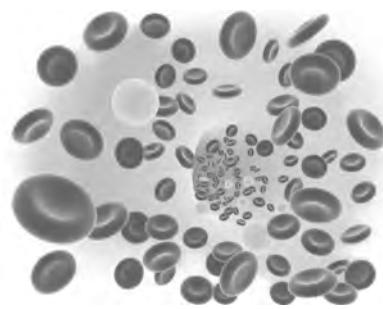
(*)

Intentar hollar las cumbres más altas, requiere de especiales componentes fisiológicos, considerados por Sutton (**Sutton, Houston, and Coates 1987**) como primordiales los siguientes:

- ▶ Destreza y técnica en escalada.
- ▶ Fuerza.
- ▶ Ratio adecuado de potencia/peso.
- ▶ Alto VO_2 máx a nivel del mar (el cual debe permanecer alto en ascenso).
- ▶ Respuesta ventilatoria baja o moderada en condiciones de HP.
- ▶ Tolerancia cerebral a la HP.
- ▶ Estatus psicológico alta motivación.

De ello se deriva que el himalayismo requiere una gran capacidad de transporte de O_2 , especialmente dadas las extremas condiciones de HP existentes en este medio. Para ello, es imprescindible una alta capacidad de VO_2 máx. Esta capacidad en las latitudes más altas del planeta dependerá de las siguientes variables (**John B West 2006**):

- ▶ Presión barométrica.
- ▶ Ventilación.
- ▶ Capacidad de difusión de la membrana.
- ▶ Alcalosis.
- ▶ P50 en pH 7.4.
- ▶ Volumen sistólico.
- ▶ Hemoglobina.



Factores limitantes para la práctica del himalayismo



46

A medida que se incrementa la altitud, el himalayista se aproxima a su $\text{VO}_{2 \text{ máx}}$ hasta cierta altura donde le es imposible mantener el nivel y empieza a trabajar intermitentemente. Sobre los himalayistas, R. Schoene sostiene que “son un grupo de atletas cuya alta eficiencia ventilatoria les es útil para la supervivencia y rendimiento exitoso en estos ambientes” (**John B West, Schoene, and James S Milledge 2007**).

Perfil del himalayista

Aunque existe controversia en cuanto al perfil del himalayista de élite, los estudios que analizan las características necesarias para coronar las grandes cimas, comparten ciertas condiciones que tienen que reunir estos atletas. Aparecen en la mayoría de los estudios, como sujetos altamente entrenados pero con una capacidad aeróbica por debajo de los corredores profesionales de larga distancia. Dichos deportistas cuentan con una alta respuesta ventilatoria a la hipoxia. Una buena condición física producto del entrenamiento junto con desplazamientos rápidos sobre el terreno y ascensos muy rápidos, también desde el campo base, evitan el deterioro orgánico y el desentrenamiento por inactividad. Otra característica común de estos deportistas es la alta tolerancia a la fatiga, al dolor y a las condiciones extremas que se experimentan en terrenos tan hostiles. Para ser un himalayista de élite a parte de una adaptación a la altura extrema excelente y una forma física lograda a través de un alto nivel de entrenamiento, parece necesario contar con una motivación excepcional.



(*)



BIBLIOGRAFÍA

Artículo 2

Achten, J., M. Gleeson, and A. E. Jeukendrup. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 34(1): 92-97, 2002.

Ades PA, Waldmann ML, Meyer WL, Brown KA, Poehlman ET, Pendlebury WW, Leslie KO, Gray PR, Lew RR, LeWinter MM. Skeletal muscle and cardiovascular adaptations to exercise conditioning in older coronary patients. *Circulation.* 1996; 1: 94(3): 323-30.

Arkinstall MJ, Tunstall RJ, Cameron-Smith D, Hawley JA. Regulation of metabolic genes in human skeletal muscle by short-term exercise and diet manipulation. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2004;287(1): E25-31.

Barash IA, Mathew L, Ryan AF, Chen J, Lieber RL. Rapid muscle-specific gene expression changes after a single bout of eccentric contractions in the mouse. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2004; 286(2): C355-64.

Baumgartner RN, Koehler KM, Romero L, and PJ. Garry. Serum albumin is associated with skeletal muscle in elderly men and women. *Am J Clin Nutr.* 1996, 64(4): 552-8.

Bogaard HJ, Woltjer HH, Dekker BM, van Keimpema AR, Postmus PE, and de Vries PM. Haemodynamic response to exercise in healthy young and elderly subjects. *Eur J Appl Physiol.* 1997; 75(5): 435-42.

Booth FW, Chakravarthy MV, Spangenburg EE. Exercise and gene expression: physiological regulation of the human genome through physical activity. *J Physiol.* 2002; 543 (Pt2): 399-411.

Buchheit M, Simon C, Piquard F, Ehrhart J, Brandenberger G. Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004 Dec;2 87(6): H2813-8. Epub 2004 Aug 12.

Buchner DM, Cress ME, Esselman PC, Margherita AJ, de Lateur BJ, Campbell AJ, Wagner EH. Factors associated with changes in gait speed in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1996, 51(6): M297-302.

Byrne EA, Fleg JL, Vaitkevicius PV, Wright J, Porges SW. Role of aerobic capacity and body mass index in the age-associated decline in heart rate variability. *J Appl Physiol.* 1996; 81 (2): 743-50.

Cameron-Smith D, Burke LM, Angus DJ, Tunstall RJ, Cox GR, Bonen A, Hawley JA, Hargreaves M. A short-term, high-fat diet up-regulates lipid metabolism and gene expression in human skeletal muscle. *Am J Clin Nutr.* 2003; 77(2): 313-8.

Cannon JG. Intrinsic and extrinsic factors in muscle aging. *Ann NY Acad Sci.* 1998, 20; 854: 72-7.

Chakravarthy MV, Booth FW. Eating, exercise, and "thrifty" genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol.* 2004; 96(1): 3-10.

Chilibeck, P. D., D. H. Paterson, D. A. Cunningham, A. W. Taylor, and E. G. Noble. Muscle capillarization, O₂ diffusion distance, and O₂ kinetics in old and young individuals. *J. Appl. Physiol.* 1997 82: 63-69.

Clark DO, Nothwehr F. Exercise self-efficacy and its correlates among socioeconomically disadvantaged older adults. *Health Educ Behav.* 1999, 26(4): 535-46.

Cook MB, Zhang Y, Graubard BI, Rubertone MV, Erickson RL, McGlynn KA. Risk of testicular germ-cell tumours in relation to childhood physical activity. *Br J Cancer.* 2008 Jan 15; 98(1): 174-8. Epub 2007 Nov 20.

Dunn AL, Trivedi MH, Kampert JB, Clark CG, Chambliss HO. Exercise treatment for depression: efficacy and dose response. *Am J Prev Med.* 2005 Jan; 28(1): 1-8.

Evans WJ. Exercise training guidelines for the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* 1999, 31(1): 12-7.

Fagard R. Habitual physical activity, training and blood pressure in normo- and hypertension. *Int J Sports Med.* 1985, 6: 57-67.

Feigenbaum MS, and Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc.* 1999, 31(1): 38-45.

Ferruci L, Izmirlian G, Leveille S, Phillips CL, Corti MC, Brock DB, Guralnik JM. Smoking, physical activity, and active life expectancy. *Am J Epidemiol.* 1999, 1; 149(7): 645-53.

Fozard JL. 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.* 1999, 25(2): 175-82.

Fridenreich, C.M. Physical activity and breast cancer risks. *Exerc Sports Sciences Reviews,* vol 32, 4 180-185, 2004.

Frost H.M. 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, 1999.

Goodpaster BH, Costill DL, Trappe SW, and Hughes GM. The relationship of sustained exercise training and bone mineral density in aging male runners. *Scand J Med Sci Sports.* 1996, 6(4): 216-21.

Graf C, Wessely N. Physical Activity in the Prevention and Therapy of Breast Cancer. *Breast Care (Basel).* 2010; 5(6): 389-394. Epub 2010 Dec 8.

Grøntved, A., Hu, F.A. Television Viewing and Risk of Type 2 Diabetes, Cardiovascular Disease, and All-Cause Mortality, A Meta-analysis. *JAMA.* 2011; 305(23): 2448-2455.

Guo SS, Zeller C, Chumlea WC, Sierogol RM. Aging, body composition, and lifestyle: the Fels Longitudinal Study. *Am J Clin Nutr.* 1999, 70(3): 405-11.

Gustafsson T, Knutsson A, Puntschart A, Kaijser L, Nordqvist AC, Sundberg CJ, Jansson E. Increased expression of vascular endothelial growth factor in human skeletal muscle in response to short-term one-legged exercise training. *Pflugers Arch.* 2002; 444(6): 752-9. Epub 2002 Aug 01.

Haskell WL. Physical activity, sport, and health: toward the next century. *Res Q Exerc Sport.* 1996; 67(3 Suppl): S37-47.

Hawley, J.A. and Hopkins W.G. Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power systems. *Sports Medicine.* 19 (4): 240-250. 1995.

Hicks AL, McCartney N. Gender differences in isometric contractile properties and fatigability in elderly human muscle. *Can J Appl Physiol.* 1996, 21(6): 441-54.

Houston DK, Johnson MA, Daniel TD, and Poon LW. Health and dietary characteristics of supplement users in an elderly population. *Int J Vitam Nutr Res.* 1997; 67(3): 1 83-91.

Hurley BF, Hagberg JM. Optimizing health in older persons: aerobic or strength training? *Exerc Sport Sci Rev.* 1998; 26: 61-89.

Kasch FW, Boyer JL, Schmidt PK, Wells RH, Wallance JP, Verity LS, Guy H, Schneider D. Ageing of the cardiovascular system during 33 years of aerobic exercise. *Age Ageing.* 1999, 28(6): 531-6.

Kostka T., Bonnefoy M., Arsac L.M., Berthouze S.E., Belli A., and J.R. Lacour. Habitual physical activity and peak anaerobic power in elderly women. *Eur J App Physiol.* 76 (1): 81-87. 1997.



- Kull M.** The relationships between physical activity, health status and psychological well-being of fertility-aged women. *Scand J Med Sci Sports.* 2002 Aug;12(4): 241-7.
- Lakka TA, Rankinen T, Weisnagel SJ, Chagnon YC, Lakka HM, Ukkola O, Boule N, Rice T, Leon AS, Skinner JS, Wilmore JH, Rao DC, Bergman R, Bouchard C.** Leptin and leptin receptor gene polymorphisms and changes in glucose homeostasis in response to regular exercise in nondiabetic individuals: the HERITAGE family study. *Diabetes.* 2004 Jun; 53(6): 1603-8.
- Larsen IK, Grotmol T, Almendingen K, Hoff G.** Lifestyle as a predictor for colonic neoplasia in asymptomatic individuals. *BMC Gastroenterol.* 2006 Jan 13; 6:5.
- Lenasi H, Struci M.** Effect of regular physical training on cutaneous microvascular reactivity. *Med Sci Sports Exerc.* 2004 Apr; 36(4): 606-12.
- Littman AJ, Doody DR, Biggs ML, Weiss NS, Starr JR, Schwartz SM.** Physical activity in adolescence and testicular germ cell cancer risk. *Cancer Causes Control.* 2009 Oct; 20(8): 1281-90. Epub 2009 Apr 28.
- Lopez-Chicharro, J. C., Legido-Arce, and N. Terrados.** Umbral Láctico. En: Umbral Anaerobio. Bases fisiológicas y aplicaciones. J. Lopez-Chicharro, and J. C. Legido-Arce (eds). Madrid, Spain. MacGraw-Hill. Interamericana. 1991, p. 91-114.
- Malbut-Shennan K, and Young A.** The physiology of physical performance and training in old age. *Coron Artery Dis* 1999; 10(1): 37-42.
- Marsh GD, Paterson DH, Govindasamy D, Cunningham DA.** Anaerobic power of the arms and legs of young and older men. *Exp Physiol.* 1999; 84(3): 589-97.
- Mathur N, Pedersen BK.** Exercise as a mean to control low-grade systemic inflammation. *Mediators Inflamm.* 2008; 2008: 109502. Epub 2009 Jan 11.
- Morio B, Barra V, Ritz P, Fellmann N, Bonny JM, Beaufre B, Boire JV, Vermorel M, Myers J, Kaykha A, George S, Abella J, Zaheer N, Lear S, Yamazaki T, Froelicher V.** Fitness versus physical activity patterns in predicting mortality in men. *Am J Med.* 2004 Dec 15;117(12):912-8.
- Myers, Jonathan.** Exercise and Cardiovascular Health. *Circulation* 2003; 107; e2-e5.
- Norrbon J, Sundberg CJ, Amelin H, Kraus WE, Jansson E, Gustafsson T.** PGC-1alpha mRNA expression is influenced by metabolic perturbation in exercising human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2004; 96(1): 89-94. Epub 2003 Sep 12.
- Ortolano R, Terrados N, Coto E.** Marcadores genéticos relacionados con el rendimiento físico y la prevención de patologías. Archivos de Medicina del Deporte. Vol XVIII, n° 84: 307-313, 2001.
- Pedersen BK, Bruunsgaard H, Jensen M, Krzywkowski K, Ostrowski K.** Exercise and immune function: effect of ageing and nutrition. *Proc Nutr Soc* 1999, 58(3): 733-42.
- Pedersen BK, Bruunsgaard H, Jensen M, Toft AD, Hansen H, Ostrowski K** Exercise and the immune system—fluence of nutrition and ageing. *J Sci Med Sport* 1999, 2(3): 234-52.
- Pedersen BK, Saltin B.** Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports.* 2006 Feb; 16 Suppl 1: 3-63. Review.
- Perrin PP, Gauchard GC, Perrot C, Jeandel C.** Effects of physical and sporting activities on balance control in elderly people. *Br J Sports Med* 1999; 33(2): 121-6.
- Porter MM, and Vandervoort AA.** Standing strength training of the ankle plantar and dorsiflexors in older women, using concentric and eccentric contractions. *Eur J Appl Physiol* 1997; 76(1): 62-8.
- Poulsen HE, Loft S, Vistisen K.** Extreme exercise and oxidative DNA modification. *J Sports Sci* 1996; 14(4): 343-6.
- Rennie KL, McCarthy N, Yazdgerdi S, Marmot M, Brunner E.** Association of the metabolic syndrome with both vigorous and moderate physical activity. *Int J Epidemiol.* 2003 Aug; 32(4): 600-6.
- Roberts, R. A. Ghiasvand, F., and Parker, D.** Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology;* 287, 3, R502-516. 2004.
- Schuit AJ, van Amelsvoort LG, Verheij TC, Rijneke RD, Maan AC, Swenne CA, Schouten EG.** Exercise training and heart rate variability in older people. *Med Sci Sports Exerc* 1999, 31(6): 816-21.
- Schulman SP, Fleg JL, Goldberg AP, Busby-Whitehead J, Hagberg JM, O'Connor FC, Gerstenblith G, Becker LC, Katzel LI, Lakatta LE, Lakatta EG.** Continuum of cardiovascular performance across a broad range of fitness levels in healthy older men. *Circulation* 1996, 1; 94(3): 359-67.
- Seitsamo J, Klockars M.** Aging and changes in health. *Scand J Work Environ, 1997, 23 Suppl.1:* 27-35.
- Sial S, Coggan AR, Carroll R, Goodwin J, Klein S.** Fat and carbohydrate metabolism during exercise in elderly and young subjects. *Am J Physiol* 1996, 271(6 Pt 1): E983-989.
- Singh MA.** Combined exercise and dietary intervention to optimize body composition in aging. *Ann N Y Acad Sci* 1998, 20; 854: 378-93.
- Sloan RP, Shapiro PA, DeMeersman RE, Bagiella E, Brondolo EN, McKinley PS, Slavov I, Fang Y, Myers MM.** The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. *Am J Public Health.* 2009 May; 99(5): 921-8. Epub 2009 Mar 19.
- Strawbridge WJ, Cohen RD, Shema SJ, Kaplan GA.** Successful aging: predictors and associated activities. *Am J Epidemiol* 1996, 15; 144(2): 135-41.
- Sugimoto S.I., Takenaka K., Hirano K., Miyake Y and T. Imaizumi.** Analysis of blood pressure responses during exercise by logistic function curve in hypertension: effects of age, gender and physical training. *Acta Physiol Scand* 1998, 163: 17-24.
- Sun Q, Townsend MK, Okereke OI, Franco OH, Hu FB, Grodstein F.** Physical activity at midlife in relation to successful survival in women at age 70 years or older. *Arch Intern Med.* 2010 Jan 25; 170(2): 194-201.
- Taaffe DR, Pruitt L, Pyka G, Guido D, Marcus R.** Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clin Physiol* 1996, 16(4): 381-92.
- Takemura Y, Kikuchi S, Inaba Y, Yasuda H, Nakagawa K.** The protective effect of good physical fitness when young on the risk of impaired glucose tolerance when old. *Prev Med* 1999, 28(1): 14-9.
- Takeshima N, Kobayashi F, Watanabe T, Tanaka K, Tomita M, Pollock ML.** Cardiorespiratory responses to cycling exercise in trained and untrained healthy elderly: with special reference to the lactate threshold. *Appl Human Sci* 1996, 15(6): 267-73.
- Terrados N. y R.J. Maughan.** Exercise in the heat: Strategies to minimize the adverse effects on performance. *Journal of Sports Sciences.* 13, S55-S62. 1995.
- Terrados, N.** Metabolismo energético durante la actividad física. En: *Fisiología de la Actividad Física y del Deporte.* J. Gonzalez-Gallego (ed). Madrid, Spain. McGraw-Hill. Interamericana. 1992, p 75-94.



Terrados, N. "Effects of Aerobic Training in Midlife Populations". In: *Sports and Exercise in Midlife*. Eds: S.L.Gordon, X.Gonzalez-Mestre and W.E.Garret. American Academy of Orthopaetic Surgeons Publ. Rosemont, IL USA. p: 309-315. 1993.

Thune I, Furberg AS. Physical activity and cancer risk: dose-response and cancer, all sites and site-specific. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Jun; 33(6 Suppl): S530-50; discussion S609-10.

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. Randomized controlled trial of exercise training for older people (Sendai Silver Center Trial; SSCT): study design and primary outcome. *J Epidemiol* 2000, 10(1): 55-64.

Tuomi K, Ilmarinen J, Martikainen R, and L. Aalto. Aging, work, life-style and work ability among Finnish municipal workers in 1981-1992. *Scand J Work Environ Health* 1997; 23 Suppl 1: 58-65.

Venta R, Cruz E, Valcárce G, Terrados N. Plasma vitamins, amino acids, and renal function in postexercise hyperhomocysteinemia. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 2009 Aug; 41(8): 1645-1651.

Walsh NP, Gleeson M, Shephard RJ, Gleeson M, Woods JA, Bishop NC, Fleshner M, Green C, Pedersen BK, Hoffman-Goetz L, Rogers CJ, Northoff H, Abbasi A, Simon P. Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev.* 2011; 17:6-63.

Wang YX, Zhang Ch, Yu RT, Cho HK, Nelson MC, Bayuga-Ocampo CR, Ham J, Kang H, Evans RM. Regulation of muscle fiber type and running endurance by PPAR δ . *Plos Biol* 2(10): e294.

Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ* 2006; 174(6): 801-9.

Welle S, Totterman S, Thornton C. Effect of age on muscle hypertrophy induced by resistance training. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1996 Nov; 51(6): M270-5.

Wittwer M, Billeter R, Hoppeler H, Fluck M. Regulatory gene expression in skeletal muscle of highly endurance-trained humans. *Acta Physiol Scand.* 2004g; 180(2): 217-27.

Zmuda JM, Thompson PD, Winters SJ. Exercise increases serum testosterone and sex hormone-binding globulin levels in older men. *Metabolism* 1996; 45(8): 935-9.

Artículo 3

Amils R et al. 2007. *Life in Extreme Environments.* Springer Verlag,

Boyer S.J. et al. 1984. "Weight loss and changes in body composition at high altitude." *J. Appl. Physiol* 57(5): 1580-1585.

Calbet, J.A. et al. 2003. "Determinants of maximal oxygen uptake in severe acute hypoxia." *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 284(2): 291-303.

Cerretelli, P. 1976. "Limiting factors to oxygen transport on Mount Everest." *J Appl Physiol* 40(5): 658-667.

Cymerman A. et al. 1989. "Operation Everest II: maximal oxygen uptake at extreme altitude." *J. Appl. Physiol* 66 (5): 2446-2453.

Ferrer, José Martínez. Instituto Municipal del Deporte Vitoria-Gasteiz. 1990. *Adaptación humana a la extrema altura.*

Frison-Roche R et al. 1996. A history of mountain climbing. Flammarion-Pere Castor.

Green. et al. 1989. "Operation Everest II: muscle energetics during maximal exhaustive exercise." *J Appl Physiol* 66(1): 142-150.

Hackett, PH. 2001. "High-altitude illness." *N Engl J Med* 345(2): 107-114.

Hirata et al. 1991. "Echocardiographic assessment of left ventricular function and wall motion at high altitude in normal subjects." *Am J Cardiol* 68(17): 1692-1697.

Imray et al. (2010). Acute Mountain Sickness: Pathophysiology, prevention and treatment. *Progress in Cardiovascular Diseases* 52, 467-484.

Kayser, B. 1994. "Nutrition and energetics of exercise at altitude. Theory and possible practical implications" *Sports med* 17 (5): 309-323.

Kayser B. et al. 1996. Lactate and epinephrine during exercise in altitude natives. *J. Appl. Physiol* (81): 2488-2494.

Lenfant C. 1971. "Adaptation to high altitude." *N Engl J Med.* 284 (1), 1298-1309.

Lundby, C.M. et al. (2001). "Peak heart rate decreases with increasing severity of acute hypoxia." *High Alt Med Biol* 2(3): 369-376.

Mazzeo RS. 2007. Comments on Point: Counterpoint: "The lactate paradox does/not occur during exercise at high altitude" *J. Appl. Physiol* 102:2403, author reply 2409-2410.

Milledge, JS. 1983. "Acute mountain sickness." *Thorax.*

Moehrle, M. et al. (2003). Continuous long-term monitoring of UV radiation in professional mountain guides reveals extremely high exposure. *International Journal of Cancer.* 103 (6):775-778.

Newman, MT. 1961. "Biological adaptation of man to his environment: heat, cold, altitude, and nutrition." *Annals of the New York Academy of Sciences.*

Savard, G.K. et al. 1995. "Cardiovascular response to exercise in humans following acclimatization to extreme altitude.." *Acta physiologica Scandinavica* 154 (4): 499-509.

Sutton, JR. et al. 1988. "Operation Everest II: oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude." *J. Appl. Physiol* 64 (4) (April 1): 1309-1321.

Sutton, JR. et al. 1987. *Hypoxia and cold.* Praeger Publishers, November 25.

Terrados, N. et al. 1990. Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *J. Appl. Physiol.* 68, 2369-2372.

Van Hall, G. et al. (2009). "The lactate paradox revisited in lowlanders during acclimatization to 4100 m and in high-altitude natives." *J Physiol* 587(5): 1117-1129.

West, JB. 1983. "Climbing Mt. Everest without oxygen: an analysis of maximal exercise during extreme hypoxia." *Respiration physiology.* 52: 265-279.

West, JB. 2007. "Point: The lactate paradox does/not occur during exercise at high altitude." *J. Appl. Physiol* 81(11): 1550-1555

West, JB. 2006. "Human responses to extreme altitudes." *Integrative and Comparative Biology* 46 (1) 25-34.

West, JB, Schoene RB, and Milledge JS. 2007. *High Altitude Medicine and Physiology.* 4th ed. Hodder Arnold Publishers.

Westerterp-Plantenga,MS et al. 1999. "Appetite at 'high altitude' [Operation Everest III (Comex-'97)]: a simulated ascent of Mount Everest." *J. Appl. Physiol* 87 (1): 391-399.

Westerterp-Plantenga, MS. 1999. Effects of extreme environments on food intake in human subjects. *Proc. Nutr. Soc.* (58): 791-798.



50

UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA

► Revistas



Nº1

► EJERCICIO FÍSICO PARA LA SALUD DE LOS ADULTOS

Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce
Benjamín Fernández García

► NUEVOS ASPECTOS DEL METABOLISMO ENERGÉTICO
Y DE LA FATIGA EN DEPORTES DE LARGA DURACIÓN

Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce
Benjamín Fernández García

Nº2

► EJERCICIO FÍSICO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES. LA FUERZA

Javier Pérez-Landaluce / Raquel Ortolano Ríos
Benjamín Fernández García / Nicolás Terrados Cepeda

► RESPUESTAS Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO
DE ALTA INTENSIDAD: APLICACIONES AL ENTRENAMIENTO

Benjamín Fernández García / Javier Pérez-Landaluce
Nicolás Terrados Cepeda

► ANTIOXIDANTES Y DEPORTE

Dr. Juan Carlos Bango Melcón

Nº3

► LA ACTIVIDAD FÍSICA EN EDAD ESCOLAR. SU RELACIÓN CON LA SALUD

Javier Rodríguez Ordax / Sara Márquez Rosa
Serafín de Abajo Olea / Nicolás Terrados Cepeda

► CICLO MENSTRUAL Y DEPORTE

María Luisa Ruiz Fernández / Luis María Gutiérrez Glez.

► EJERCICIO FÍSICO DURANTE EL EMBARAZO

María Esther Álvarez Cueto

Nº4

► MEDICINA DEPORTIVA APLICADA A DEPORTES DE EQUIPO (BALONCESTO)

Antonio Tramullas

► EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO

Ricardo Rodríguez Suárez

► NUTRICIÓN Y FÚTBOL: NECESIDADES NUTRICIONALES
Y PRÁCTICAS DIETÉTICAS RECOMENDADAS

Eduardo Iglesias / Ángeles M Patterson

► NOVEDADES EN GENÉTICA Y EJERCICIO

Raquel Ortolando Ríos / Nicolás Terrados Cepeda



Nº5

► EL ESQUÍ ALPINO. ACONDICIONAMIENTO FÍSICO PREVIO AL INICIO
DE LA TEMPORADA

Javier Pérez-Landaluce López

► ACTUALIZACIONES SOBRE LA ACIDOSIS LÁCTICA
Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO

Nicolás Terrados Cepeda

► OBESIDAD Y EJERCICIO. METABOLISMO DE LA GRASA DURANTE EL EJERCICIO

Nicolás Terrados Cepeda

Nº6

► CARGAS DE TRABAJO SALUDABLES EN EL DEPORTE
Y APLICACIÓN DE LA GENÉTICA

María Ramos Bueno / Tania Fernández González
Nicolás Terrados Cepeda

► ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL TENIS DE COMPETICIÓN

Jaime Fernández Fernández / Alberto Méndez Villanueva
Babette Pluim / Nicolás Terrados Cepeda

Nº7

► IMPORTANCIA DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA PREVENCIÓN
Y TRATAMIENTO DE CIERTAS PATOLOGÍAS

Nicolás Terrados Cepeda

► METABOLISMO DEL BALONCESTO

Nicolás Terrados Cepeda / Enrique Salinas
Julio Calleja

► AYUDAS ERGOGÉNICAS NATURALES EN LA SALUD Y EL RENDIMIENTO
DEPORTIVO. UTILIZACIÓN DE SUBSTANCIAS TAMPÓN PARA MEJORAR
EL RENDIMIENTO DEPORTIVO

Manuel Rodríguez Alonso

► PAPEL DE LA FISIOTERAPIA EN LA RECUPERACIÓN DEL DEPORTISTA

Tania Fernández González



51

PUBLICACIONES

Monografías ◀

Nº8

- ▶ NIÑOS, EJERCICIO, OBESIDAD Y ESTILO DE VIDA.
Javier Pérez Landaluce
- ▶ ANEMIAS NUTRICIONALES
Xabier Leibar
- ▶ EL EJERCICIO FÍSICO COMO FUENTE DE SALUD EN EL NIÑO Y EL ADULTO.
Nicolás Terrados Cepeda

Nº9

- ▶ ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE MEDIO URBANO.
Hernández L. A. / Ferrando J. A. / Quílez J. Aragón M. / Terreros J. L.
- ▶ NUEVOS EFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO Y DEL ENTRENAMIENTO EN LOS FACTORES DE RIESGO CARDIOVASCULAR EMERGENTES.
Gracia Valcárcel Piedra / Nicolás Terrados Cepeda
Rafael Venta Obaya
- ▶ ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ÉXITO ASOCIADOS AL ENTRENAMIENTO DE LA CONDICIÓN FÍSICA EN EL BALONCESTO MODERNO.
Julio Calleja-González / Argia Langarika Rokafort
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ EL CORE. LA ESTABILIDAD LUMBOPÉLVICA EN EL DEPORTISTA.
Belen Fernández Alonso

Nº10

- ▶ INTRODUCCIÓN AL ENTRENAMIENTO EN CICLISMO.
Yago Alcalde.
- ▶ ACTUALIZACIÓN SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA LA SALUD.
Nicolás Terrados Cepeda.
- ▶ CONSIDERACIONES PARA EL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN ALTURA EXTREMA Y PERFIL DEL DEPORTISTA.
Gaizka Mejuto.

Nº 1 NUTRICIÓN PARA EL DEPORTISTA ADOLESCENTE

Editores: Ángeles M. Patterson
Nicolás Terrados Cepeda

Eduardo Iglesias
Ángeles M. Patterson
Xabier Leibar
Nicolás Terrados



- ▶ CAP. 1 NECESIDADES NUTRICIONALES Y HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LOS ADOLESCENTES. GENERALIDADES
- ▶ CAP. 2 INVESTIGACIÓN EN NUTRICIÓN DEPORTIVA: EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL Y LOS HÁBITOS ALIMENTICIOS DE FUTBOLISTAS ADOLESCENTES ASTURIANOS
- ▶ CAP. 3 ANEMIAS NUTRICIONALES
- ▶ CAP. 4 RECOMENDACIONES NUTRICIONALES Y CONSEJOS PRÁCTICOS

Nº 2 ACTUALIZACIONES EN EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

Editor: Nicolás Terrados Cepeda

Benjamín Fernández García
Nicolás Terrados Cepeda
Dionisio Alonso Curiel
Juan M. del Campo Vecino
Ricardo Rodríguez Suárez
Daniel Alonso Curiel



- ▶ CAP. 1 METABOLISMO ENERGÉTICO DE LOS DEPORTES DE RESISTENCIA
- ▶ CAP. 2 ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LARGA DURACIÓN
- ▶ CAP. 3 LA RESISTENCIA EN BALONCESTO
- ▶ CAP. 4 EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO
- ▶ CAP. 5 DE LA INICIACIÓN ATLÉTICA AL ALTO RENDIMIENTO EN LA PRUEBA DE MARATÓN:
UNA PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO



NOTAS



damos salida al

deporte en Avilés

con:



IDEAS

CORAZÓN

FUERZA

IMPULSO

APOYO



DEPORTE ASTURIANO

GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

www.asturias.es/deporteasturiano