

MD

Revista Científica en
Medicina del Deporte

Centro Andaluz
de Medicina del Deporte

Nº 7

Septiembre 2007



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE
CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

Glorieta Beatriz Manchón s/n
(Isla de la Cartuja)
41092 SEVILLA

Teléfono
955 062 025

Fax
955 062 034

e-mail
camd.ctcd@juntadeandalucia.es



JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE TURISMO, COMERCIO Y DEPORTE
CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE

Caos determinista y fisiología humana

Variabilidad de la frecuencia cardíaca en reposo y durante el ejercicio. Estudio de un sujeto sano y un paciente cardíaco • Estudio del biotipo y la composición corporal en jóvenes jugadores de bádminton • Efectos de la restricción calórica y el entrenamiento moderado sobre la actividad motora en ratones

MD

Revista Científica en
Medicina del Deporte

Centro Andaluz
de Medicina del Deporte

Nº 7
Septiembre 2007



Los contenidos de la revista MD están referenciados en el Catálogo Bibliográfico del Centro de Documentación de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte de la Junta de Andalucía

(<http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion>)

Edita

Centro Andaluz de
Medicina del Deporte.
Consejería de Turismo,
Comercio y Deporte.

Coordinación Editorial

Lucía Quiroga Rey
Jefa del Servicio de Información,
Documentación, Estudios
y Publicaciones
(Secretaría General Técnica)

Celia Guirado Pretel
Unidad de Información
y Documentación del Centro Andaluz
de Medicina del Deporte

Comité Científico Interno

Comisión de Investigación
del Centro Andaluz
de Medicina del Deporte.

Colaboran en este número

Amelia Molina Melero
Angel M. Carrión Rodríguez
Belén Naranjo Río-Miranda
Blanca De La Cruz Torres
Borja Sañudo Corrales
Covadonga López López
Cristina Vicente García
Elisabeth Rodríguez Bies
Federico Paris García
Francisco José Berral de la Rosa
Guillermo López- Lluch
José Naranjo Orellana
Julián Mier Mota
Lorenzo J. La Fuente
Manuel J. Porras Sánchez
Moisés De Hoyo Lora
Mónica Cadena Villanueva
Plácido Navas Lloret

UNIDAD DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN EN MEDICINA DEL DEPORTE

Centro Andaluz de Medicina del Deporte
Consejería de Turismo, Comercio y Deporte

Glorieta de Beatriz Manchón s/n
41092 Sevilla

Tlfno. 955 06 20 33

Fax 955 06 20 34

Esta revista está impresa en papel
ecológico reciclado.



Se permite la reproducción de los
contenidos de esta publicación
siempre que sea citada su fuente.

ISSN: 1698-9775

D.L.: CO-83/2005

NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ORIGINALES

La revista MD: revista científica de Medicina del Deporte es la publicación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte y acepta trabajos originales sobre todos los aspectos relacionados con las ciencias del deporte y la actividad física. Los trabajos admitidos quedarán en propiedad de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada.

La remisión de originales deberá atenerse a las siguientes normas:

1. Los trabajos se remitirán en soporte informático, con el texto en Word y las figuras en formato JPG, acompañado de una copia en papel a doble espacio, en formato DIN A4 y con todas las páginas numeradas.
2. La primera página contendrá el título del trabajo en español y en inglés, nombre y apellidos de todos los autores, centro de trabajo de cada uno de ellos y dirección completa del primer autor para correspondencia.
3. La segunda página contendrá un resumen del trabajo en español e inglés con una extensión entre 150 y 250 palabras, así como entre 3 y 5 palabras clave también en español e inglés.
4. La extensión del texto no debe ser superior a 5.000 palabras con un máximo de 6 figuras y 6 tablas.
5. El texto constará de los siguientes apartados:
 - a. Introducción, breve y destacando los objetivos del trabajo.
 - b. Material y método, facilitando los datos necesarios para que la experiencia pueda ser repetida.
 - c. Resultados, relatando las observaciones realizadas sin interpretarlas.
 - d. Discusión, donde los autores expondrán su opinión sobre los resultados encontrados, la interpretación de los mismos, las comparaciones con otros trabajos similares y cuantas observaciones estimen oportunas.
 - e. Bibliografía.
6. La bibliografía se relacionará con numeración correlativa según el orden de aparición en el texto, donde constará el número de la cita entre paréntesis. Las citas se ajustarán a las normas de Vancouver para publicaciones biomédicas (www.medicinallegal.com.ar/vanco97.htm).
7. Las tablas y figuras irán en hojas aparte (una en cada página) y numeradas de acuerdo al orden de aparición en el texto. Las figuras serán en blanco y negro.
8. Los trabajos se acompañarán de una carta en la que el autor principal se responsabiliza de que el artículo es original y no ha sido publicado previamente ni se encuentra a la espera de aceptación en ninguna otra publicación.

Recorte este boletín y envíelo por correo a la dirección indicada en el mismo.

Si no desea recortar la revista, puede fotocopiarlo y mandarlo por fax al 95 506 54 46 o al correo md.ctcd@juntadeandalucia.es

MD

Revista Científica en
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte

Boletín de suscripción

Si desea recibir gratuitamente la revista MD, envíe este boletín a la
Junta de Andalucía
Consejería de Turismo, Comercio y Deporte
Centro de Documentación
C/ Juan Antonio de Vizarrón, s/n - 41092 Sevilla

Nombre y Apellidos

Organismo

Domicilio

Población C. P.

Teléfono Fax

e-mail

¿Cómo ha conocido la revista?

Editorial

MD, la revista sobre medicina del deporte impulsada por la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, a través del Centro Andaluz de Medicina del Deporte hace su séptima entrega con el mismo afán informativo y de puesta al día para los profesionales de este sector: médicos, entrenadores, deportistas...

En estos tiempos de avalancha informativa, se hace necesaria más que nunca la selección de información de calidad y la elección de temas actuales que nos puedan ayudar a mejorar las líneas de acción en un campo tan específico, pero no por ello menos importante, como es el de la medicina del deporte.

Por eso tratamos de incorporar a cada número de esta revista los últimos avances en materias como la frecuencia cardiaca, la composición corporal en jugadores de bádminton o el caos determinista y la fisiología humana.

Además, os recordamos la unidad de información y documentación, abierta a todas aquellas personas que necesiten cualquiera de los servicios que presta: búsquedas bibliográficas y documentales, elaboración de dossiers "ad hoc", préstamo de materiales informativos, etc. Esta Unidad contribuye, igualmente, a que las investigaciones avancen, a que los resultados obtenidos se difundan, en definitiva, a hacer una sociedad del conocimiento compartido que contribuya a seguir mirando hacia un futuro mejor.



Manuel Jiménez Barrios
Secretario General para el Deporte
Consejería de Turismo, Comercio y Deporte



Editorial

1

Artículos originales

Variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo y durante el ejercicio. Estudio de un sujeto sano y un paciente cardiaco

3

Estudio del biotipo y la composición corporal en jóvenes jugadores de bádminton.

9

Efectos de la restricción calórica y el entrenamiento moderado sobre la actividad motora en ratones

15

Artículo de revisión

Caos determinista y fisiología humana

25

Página abierta

Unidad de información y documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

32

Unidad de Información y Documentación

Últimas Adquisiciones

37

Dossiers Temáticos

41

Nuevos Productos Documentales

41

Nos interesa...

42

Agenda

43

El contenido de la revista podrá descargarse en formato PDF en la siguiente dirección:

www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion

MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 11
14 de octubre 2012



MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 12
14 de octubre 2012



MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 13
14 de octubre 2012



Muerte súbita en el deporte (I)

Actualización de conocimientos y protocolos de actuación en el deporte de élite. Definición de muerte súbita, etiología, diagnóstico, pronóstico y medidas de prevención. Tratamiento de la muerte súbita en el deporte de élite. Medidas de prevención y protocolos de actuación en el deporte de élite.

MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 14
14 de octubre 2012



Muerte súbita en el deporte (II) • Actualización de conocimientos y protocolos de actuación en el deporte de élite. Definición de muerte súbita, etiología, diagnóstico, pronóstico y medidas de prevención. Tratamiento de la muerte súbita en el deporte de élite. Medidas de prevención y protocolos de actuación en el deporte de élite.

MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 15
14 de octubre 2012

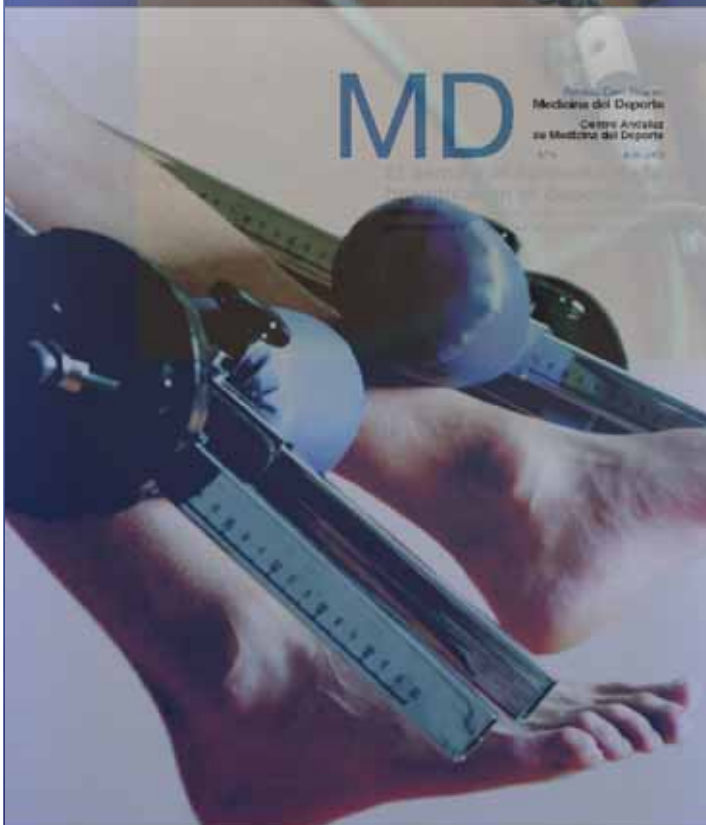
MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 16
14 de octubre 2012

Hombre y mujer: diferencias en el músculo-esqueleto y en el deporte de élite. La nutrición del deportista de élite.

MD

Revista Científica de
Medicina del Deporte
Centro Andaluz
de Medicina del Deporte
Nº 17
14 de octubre 2012



Aspectos médico legales de la Medicina del Deporte: mucho más que el dopaje

Actualización de conocimientos y protocolos de actuación en el deporte de élite. Definición de muerte súbita, etiología, diagnóstico, pronóstico y medidas de prevención. Tratamiento de la muerte súbita en el deporte de élite. Medidas de prevención y protocolos de actuación en el deporte de élite.



CENTRO ANDALUZ DE MEDICINA DEL DEPORTE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS Y CLÍNICAS
CONSEJO REGULADOR DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS Y CLÍNICAS

Artículos originales

Variabilidad de la frecuencia cardiaca en reposo y durante el ejercicio. Estudio de un sujeto sano y un paciente cardiaco

Blanca de la Cruz Torres

Centro Andaluz de Medicina del Deporte,
Sevilla.

Covadonga López López

Centro Andaluz de Medicina del Deporte,
Sevilla.

José Naranjo Orellana

Centro Andaluz de Medicina del Deporte,
Sevilla.

1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) es el resultado de las interacciones ente el sistema nervioso autónomo (SNA) y el aparato cardiovascular, de manera que su análisis permite un estudio no invasivo de la actividad del SNA sobre el nodo sinusal, lo que de alguna manera refleja el control global de las actividades cardiovasculares¹.

Una alta VFC es señal de buena salud y adaptabilidad mientras que una baja VFC es indicador de mala salud, un funcionamiento anormal o una adaptabilidad insuficiente del SNA, lo que alerta sobre la presencia de un mal comportamiento fisiológico en el organismo, siendo la activación neuro-humoral y la alteración del balance simpático-vagal el mecanismo más común que provoca una VFC anormal en los pacientes enfermos de corazón^{2,3,4}.

El IAM es capaz de producir una disfunción regional simpática y parasimpática, presumiblemente por interrupción de las fibras aferentes y eferentes que atraviesan la zona afectada. La VFC se encuentra disminuida después de un IAM, recuperándose en un plazo de 6-12 meses después de éste, aunque siempre permanecerá más baja que en personas sanas⁵.

En lo referente a las medidas de tiempo de la VFC, la mejor información pronóstica es la ofrecida por la des-

viación estándar de los intervalos entre los latidos normales (SDRR)^{6,7,8,9} y el pRR50¹⁰, que es una medida de cuánto difieren entre sí los pares de intervalos RR adyacentes y que refleja la actividad vagal sobre el corazón. Así, una SDRR < 50 ms y un pRR50 inferior al 3% identifican al grupo de pacientes con VFC severamente reducida mientras que valores de SDRR > 100 ms y un pRR50 superior al 3%, corresponden a pacientes con una VFC normal.

Es sabido que durante el ejercicio físico, tanto la actividad simpática como parasimpática participan en el control de la frecuencia cardiaca; el balance autónomo durante el ejercicio físico se inclina hacia un predominio de la actividad simpática, aumentando así la FC¹¹. Sin embargo, si el ejercicio físico se realiza de forma habitual a lo largo del tiempo, podemos ver que estos efectos cambian, pues el entrenamiento físico disminuye la FC en reposo y durante el ejercicio submáximo.

Hay trabajos que estudian los cambios en la VFC tras ejercicio agudo¹² y otros que analizan esta respuesta en función del tipo de ejercicio realizado¹³, de su intensidad¹⁴ o de su duración^{15,16,17},

Respecto al papel de la VFC en la detección de situaciones de sobreentrenamiento, unos autores¹⁸ encuentran un aumento, para otros¹⁹ los índices de la VFC no se modifican y otros²⁰ refieren un descenso de la VFC.

Es decir, hay numerosos estudios sobre la VFC de reposo en pacientes cardíacos y sujetos sanos con una finalidad preventiva o diagnóstica; también hay bastantes trabajos que analizan los efectos del ejercicio físico sobre la VFC, así como su utilidad en el diagnóstico del sobreentrenamiento. Sin embargo, apenas hay estudios que valoren la VFC durante el ejercicio comparando patrones de comportamiento entre sujetos sanos y pacientes cardíacos.

El objetivo de este trabajo ha sido analizar la VFC en reposo y los cambios al realizar ejercicio en un paciente cardíaco comparándolo con un sujeto joven y activo para establecer si existen diferencias en los patrones de comportamiento.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Hemos estudiado a un sujeto sano y activo (edad 31 años; talla 1,90 m; peso 91 kg) y un paciente cardíaco (edad 56 años, talla 1,59 m y peso 81,7 kg) que sufrió un infarto agudo de miocardio hace dos años sin complicaciones posteriores; este paciente se encontraba incluido en un programa de rehabilitación cardíaca fase III. Ambos sujetos fueron informados del contenido de la investigación y se les pidió su consentimiento por escrito para participar en la misma. El estudio contó con la aprobación del comité ético del Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD).

A los dos sujetos se les registró la señal del latido cardíaco durante 15 minutos en reposo y 15 minutos pedaleando en una bicicleta estática a una carga constante mediante un monitor del ritmo cardíaco Polar S810i™ (Kempele, Finlandia) en modo de registro RR (latido a latido).

Al paciente cardíaco se le realizó un examen clínico previo consistente en una anamnesis, electrocardiograma de reposo y ecocardiografía. Las exploraciones fueron realizadas e informadas por un cardiólogo del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Tras una breve explicación sobre el procedimiento se procedió en primer lugar al registro de reposo durante 15 minutos en posición de sentados y a continuación se realizó la medida durante un ejercicio consistente en un trabajo aeróbico en bicicleta estática durante 15 minutos a una intensidad constante. Para el paciente cardíaco la intensidad del ejercicio fue el 75% de la frecuencia cardíaca máxima alcanzada en la ergometría aportada en el informe de alta hospitalaria por el servicio de cardiología correspondiente. Esta intensidad fue elegida porque es a la que normalmente trabajan los pacientes en sus sesiones de actividad física en el grupo rehabilitación cardíaca. Dado que esta intensidad se encuentra en torno al 60% de su frecuencia cardíaca máxima teórica, este valor fue el elegido para la realización de la prueba en el sujeto sano.

El ejercicio consistió en ir progresivamente pedaleando en la bicicleta hasta alcanzar la intensidad establecida para cada uno de los sujetos y a partir de ahí, mantenerla durante 15 minutos, periodo en que se procedió a la grabación de la señal cardíaca. La duración de 15 minutos elegida para las mediciones proporciona una serie de datos suficiente para el análisis^{21, 22}.

Los registros fueron volcados al ordenador mediante comunicación por infrarrojos (Interfaz Polar IR), utilizando el software Polar Precision Performance (versión 3) y posteriormente exportados a una hoja de cálculo del programa Excel para su tratamiento y análisis.

En el dominio de tiempo, y siguiendo las recomendaciones de la European Society of Cardiology y de la North American Society of Pacing and Electrophysiology²¹, se calcularon los siguientes parámetros: el promedio de la duración de todos los intervalos RR; la desviación estándar de los intervalos RR (SDRR); la desviación estándar de los intervalos RR medios calculados sobre periodos cortos de 5 minutos (SDARR); el promedio de las desviaciones estándar del intervalo RR (Índice SDRR) y el número de pares de intervalos RR adyacentes que difieren en más de 50 ms en el registro completo, dividido por el número total de intervalos RR y expresado en porcentaje (pRR50).

También se realizó un gráfico de dispersión de Poincaré, donde los intervalos RR consecutivos se trasladan a un diagrama de dispersión de dos dimensiones para obtener una imagen gráfica del comportamiento de la VFC de cada uno de los sujetos.

La tabla 1 muestra los valores utilizados como referencia en el dominio de tiempo.

Para el análisis de los gráficos de Poincaré hemos seguido los modelos de comportamiento propuestos por Woo *et al*²³.

Media del Intervalo RR	RR < 750 ms à alto riesgo RR 750-900 ms à riesgo moderado RR >900 ms à bajo riesgo
SDRR	SDRR < 50 ms à alto riesgo SDRR 50-100 ms à riesgo moderado SDRR >100 ms à bajo riesgo
pRR50	pRR50 < 3% à alto riesgo pRR50 ≥ 3% à bajo riesgo
SDARR	SDARR < 8 ms à alto riesgo SDARR 8-12 ms à riesgo moderado SDARR ≥ 12 ms à bajo riesgo
Índice SDRR	Índice SDRR < 25 ms à alto riesgo Índice SDRR 25-40 ms à riesgo moderado Índice SDRR ≥ 40 ms à bajo riesgo

Tabla 1: valores de referencia de los parámetros estadísticos del dominio de tiempo.

	SUJETO SANO		PACIENTE CARDIACO	
	REPOSO	EJERCICIO	REPOSO	EJERCICIO
Media Intervalo RR	822.2	539.2	696.5	670.5
SDRR	88.9	21.9	18.7	13.5
INDICE SDRR	79.1	20	17.4	13.3
SDARR	48.2	7.4	8.1	1.4
pRR50	20.4	0.8	0.8	0.1
N° total ondas R	1037	1716	1287	1357
FC media	73	111	86	89

Tabla 2: valores promedio de los parámetros estadísticos del dominio de tiempo.

3. RESULTADOS

La tabla 2 muestra los valores (media y desviación estándar) del dominio de tiempo para ambos sujetos. La tabla 3 muestra la estratificación del riesgo para los valores medios alcanzados en reposo por el sujeto sano y el paciente cardíaco, observándose siempre un mayor riesgo en el segundo.

La figura 1 muestra la reducción en la duración media de los intervalos RR desde el reposo al ejercicio en el sujeto sano, mientras que apenas se modifica en el cardíaco.

En la figura 2 se observa el mismo comportamiento en la evolución de los parámetros SDRR, SDARR e índice SDRR del reposo al ejercicio y en la figura 3 los cambios correspondientes al pRR50.

En el análisis de los gráficos de dispersión de Poincaré en reposo y durante el ejercicio se observa en los sujetos sanos (figura 4) una reducción de los valores sin cambios

Parámetros	SANO	CARDIOPATA
Media intervalo RR	Riesgo moderado	Alto riesgo
SDRR	Riesgo moderado	Alto riesgo
Índice SDRR	Bajo riesgo	Alto riesgo
SDARR	Bajo riesgo	Riesgo moderado
pRR50	Bajo riesgo	Alto riesgo

Tabla 3: estratificación del riesgo en reposo en el sujeto sano y el paciente cardíaco según los parámetros del dominio de tiempo.

en el tamaño de los ejes ni en la morfología de la nube de puntos, mientras que en los pacientes cardíacos (figura 5) ambas situaciones son totalmente superponibles.

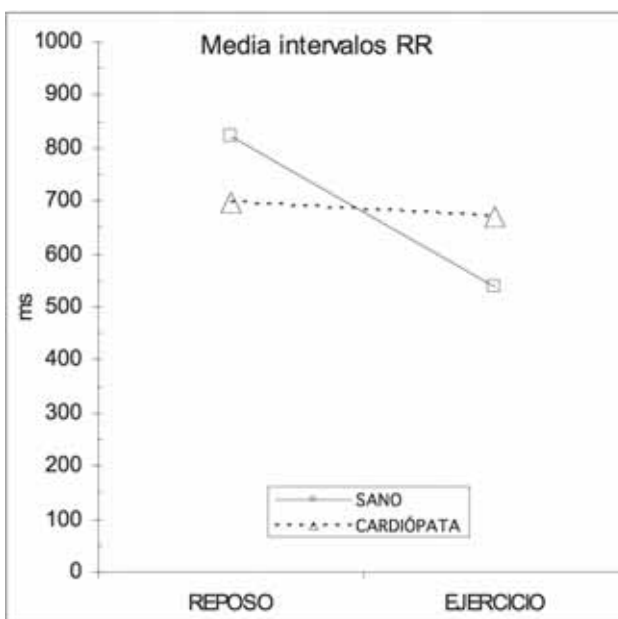


Fig.1: valor medio en ms del intervalo RR en reposo y durante el ejercicio para el sujeto sano y el paciente cardíaco.

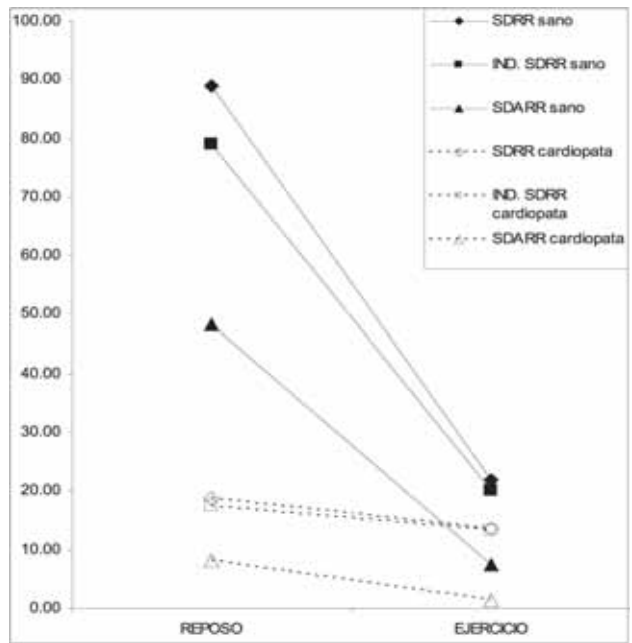


Fig.2: variación de parámetros del dominio de tiempo del reposo al ejercicio.

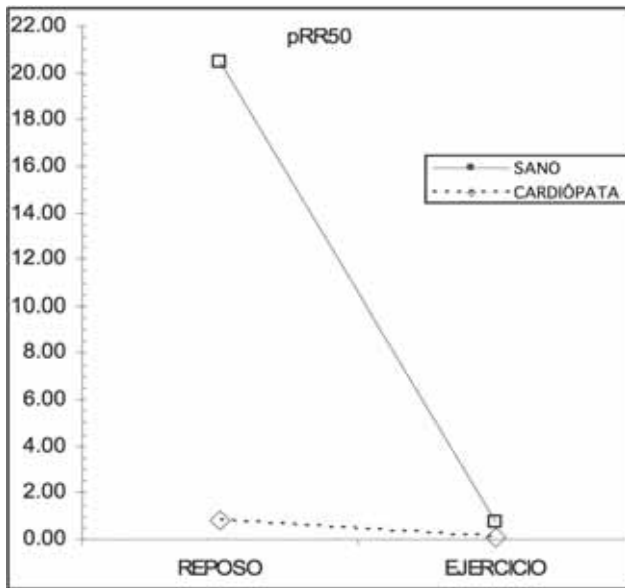


Fig.3: variación del pRR50 del reposo al ejercicio en ambos sujetos.

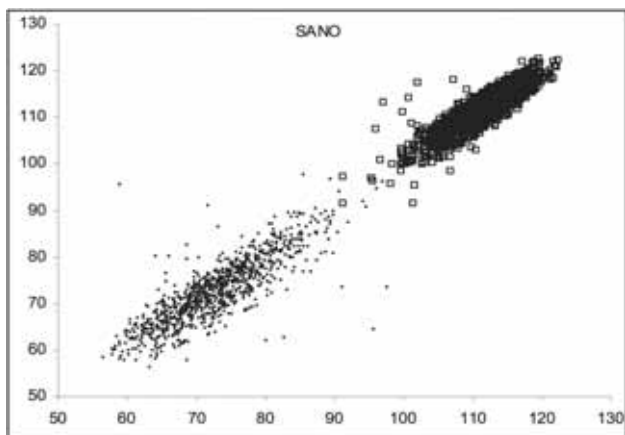


Fig.4: Gráfico de dispersión de Poincaré del sujeto sano. Los cuadrados claros corresponden al ejercicio y los puntos negros al reposo.

4. DISCUSIÓN

El estudio de la VFC es una técnica con un uso cada vez mas extendido en la práctica diaria, hasta tal punto que la mayoría de los equipos para registros Holter de 24 horas ya llevan incorporado un análisis básico de la variabilidad R-R que, en la mayoría de los casos, se centra en parámetros estadísticos que se muestran en forma de resultados y se traducen en una valoración del riesgo. Igualmente, hay comercializados equipos destinados al análisis en profundidad de la VFC e incluso de la variabilidad de la presión arterial. Sin embargo, en ambos casos el usuario no tiene acceso a los datos originales y para éste trabajo resultaba fundamental poder analizar de forma directa la serie de tiempo original para poder plantear los diferentes tipos de análisis.

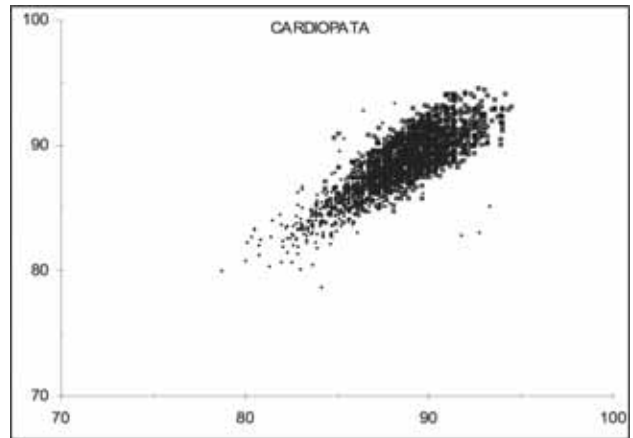


Figura 5: Gráficos de dispersión de Poincaré del paciente cardiaco. Ambos son superponibles tanto en reposo como al realizar ejercicio.

Por esta razón optamos por utilizar un monitor de frecuencia cardiaca de uso habitual entre los deportistas, colocándolo en forma de registro "latido a latido" para disponer de un registro original de tiempo entre latidos para ser analizados en una hoja de cálculo en la que nosotros mismos podíamos incluir cuantas técnicas de análisis estimásemos conveniente.

Según la bibliografía, las personas sanas en reposo tienen una alta variabilidad del latido cardiaco cuya ventaja es la capacidad de adaptación a los diferentes estímulos impredecibles que se pueden presentar^{24, 25}. Sin embargo, hay una multitud de factores que pueden influir en la VFC, de los cuales los que más nos interesan son la enfermedad y el ejercicio físico.

En el campo de la patología cardiaca, los pacientes presentan menor VFC en reposo que las personas sanas²⁶ y muestran una serie de diferencias características recogidas ampliamente en la bibliografía^{5, 23, 26} y que consisten fundamentalmente en que los pacientes con infarto agudo de miocardio presentan en reposo valores de intervalos RR, SDRR y pRR50 menores que los sujetos sanos. Igualmente, los pacientes con insuficiencia cardiaca crónica presentan en reposo valores de SDRR y SDARR significativamente menores que las personas sanas.

Por otro lado, sabemos que los deportistas tienen mayor VFC que las personas sedentarias y que en situación de reposo tanto los parámetros del dominio de tiempo como de frecuencia, que reflejan la actividad parasimpática, tienden a ser más altos en los deportistas²⁷.

Habitualmente la VFC se mide en reposo y esto es así incluso cuando se analizan sus cambios con el ejercicio físico, recurriéndose a registros en reposo antes y después del esfuerzo. Pero nosotros creemos que también sería importante registrar la VFC durante el esfuerzo porque esto podría aportar datos sobre la capacidad de adaptación cardiovascular que tiene una persona al ejercicio que

se le prescribe y, si está enferma, no exponerla a un riesgo innecesario. Sin embargo, no son frecuentes los trabajos donde se registre la VFC durante el esfuerzo ya que la mayoría suelen evaluarla en reposo tras el ejercicio.

Teniendo esto en cuenta, sabemos que durante un ejercicio al 50% del VO_2 max realizado en un cicloergómetro por sujetos sanos, los parámetros indicadores de la actividad parasimpática (como el pRR50) disminuyen²⁸.

Por lo que se refiere a la VFC durante el ejercicio físico en pacientes cardíacos solo hemos encontrado un trabajo que concluye que en pacientes con un IAM incluidos en la primera fase de un programa de rehabilitación cardíaca, al realizar un ejercicio aeróbico en el cicloergómetro se observa un descenso de la actividad parasimpática²⁹.

Hay acuerdo en que tanto la desviación estándar (SDRR)⁶⁻⁹ como el pRR50¹⁰, son los dos parámetros que mejor reflejan en reposo el comportamiento de la VFC y los que mejor definen el riesgo cardiovascular. Efectivamente, en nuestro estudio encontramos que tanto la SDRR como el pRR50 en reposo son de alto riesgo en el paciente cardíaco, reflejando un descenso de la actividad parasimpática sobre el corazón.

Por último, en relación al gráfico de dispersión de Poincaré, hemos encontrado en el sujeto sano (Fig. 4) una reducción de ambos diámetros, mas llamativa en el longitudinal, al pasar del reposo al ejercicio, lo que significa que la VFC se ve reducida como consecuencia de una disminución

del sistema nervioso parasimpático. Sin embargo, en el paciente cardíaco (Fig. 5) ya presenta en reposo un descenso de la actividad parasimpática y una VFC disminuida, que se no modifica al pasar a una situación de ejercicio.

En resumen, el comportamiento de la VFC del sujeto sano en reposo se caracteriza por unos valores de moderado y bajo riesgo, mientras que para los pacientes cardiopatas son de alto riesgo. Al pasar del reposo al ejercicio físico, el comportamiento de la VFC en el sujeto sano se caracteriza por un descenso en la duración media de los intervalos RR, así como en el SDRR, índice SDRR, SDARR y pRR50; igualmente disminuyen los diámetros del gráfico de Poincaré. Sin embargo, en los pacientes cardiopatas el comportamiento viene definido por un leve descenso de los RR, SDRR, índice SDRR, SDARR, y pRR50, sin cambios en los diámetros o la posición del gráfico de Poincaré.

Las diferencias entre ambos sujetos se centra fundamentalmente en que los valores de reposo en el paciente cardíaco ya se encuentran muy reducidos con respecto al sujeto sano. Por tanto, podemos concluir que la combinación de diferentes métodos de análisis de la VFC aporta mayor información que la utilización de cualquiera de ellos de forma aislada y que su análisis al pasar del reposo al ejercicio, si se realiza en grupos amplios de sujetos, puede proporcionar información adicional para establecer patrones diferentes entre sujetos sanos y cardiopatas que permitan distinguir el riesgo cardiovascular asociado al esfuerzo, con la consiguiente utilidad para la prescripción de ejercicio físico en pacientes cardiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Pumplra J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basic and practical applications. *Int J Cardiol.* 2002; 84: 1-14.
- 2 Huihuri HR, Mäkikallio T, Airaksinen J, Mitrani R, Castellanos A y Myerburg RJ. Measurement of heart rate variability: a clinical tool or a research toy?. *J Am Coll Cardiol.* 1999; 34(7): 1878-1883.
- 3 La Rovere MT, Bigger Jr JT, Marcus FI, Mortara A, Schwartz PJ. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet.* 1998; 351: 478-484.
- 4 Sztajzel J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Med System.* 2004; 134: 514-522.
- 5 Musialik-Lydkka A, Srednkawa B, Pasyk S. Heart rate variability in heart failure. *Kardiol Pol.* 2003; 58: 10-13.
- 6 Nolan J, Batin PD, Andrews R, Lindsay SJ, Brooksby P, Mullen M et al. Prospective study of heart rate variability and mortality in chronic heart failure. *Circulation.* 1998; 98: 1510-1516.
- 7 Kleiger RE, Miller JP, Bigger JT y Moss AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1987; 59: 256-262.
- 8 Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996; 93: 1043-1065.
- 9 Kleiger RE, Bosner MS, Rottman JN, Stein PK. Time-domain measurements of heart rate variability. *J Ambulatory Monitoring.* 1993; 6(1): 1-18.
- 10 Algra A, Tijssen JGP, Poelant JRTC, Pool J, Lubsen J. Heart rate variability from 24-hour electrocardiography and the 2-year risk for sudden death. *Circulation.* 1993; 88: 180-185.
- 11 Hatfield BD, Spalding TW, Maria DLS, Porges SW, Potes JT, Byrne EA et al. Respiratory sinus arrhythmia during exercise in aerobically trained and untrained men. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30 (2): 206-214.

- 12 Pober DM, Braun B, Freedbon PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(7): 1140-1148.
- 13 González-Camarena R, Carrasco S, Román R, Gaitán MJ, Medina V, Azpiroz J. Effect of static and dynamic exercise on heart rate and blood pressure variabilities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(10): 1719-1728.
- 14 Parekh A, Lee CM. Heart rate variability alter isocaloric exercise bouts of different intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37(4): 599-605.
- 15 Perini R, Fisher N, Veicsteinas A, Pendergast DR. Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(4): 700-708.
- 16 Pichot V, Busso T, Roche F, Garet M, Costes F, Duverney D et al. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(10):1660-1666.
- 17 Lee CM, Wood RH, Welsch MA. Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(6): 961-969.
- 18 Hedelin R, Winklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Cardiac autonomic imbalance in a overtrained athlete. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(9): 1531-1533.
- 19 Hedelin R, Kenttá G, Winklund U, Bjerle P, Henriksson-Larsén K. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses and heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(8): 1480-1484.
- 20 Baumert M, Brechtel L, Lock J, Hermsdorf, Wolff R, Baier V et al. Heart rate variability, blood pressure variability and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. *Clin J Sport Med.* 2006; 16:412-417.
- 21 Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996; 93: 1043-1065.
- 22 Pincus MS. Approximate entropy as a measure of system complexity. *Proc Natl Acad Sci.* 1991; 88: 2297-2301.
- 23 Woo MA, Stevenson WG, Moser DK, Trelense RB, Harper RM. Patterns of beat-to-beat heart rate variability in advanced heart failure. *Am Heart J.* 1992; 123: 704-710.
- 24 Goldberger AL, Rigney D.R y West B.J. Caos y Fractales en la fisiología humana. *Investigación y Ciencia.* 1990; 63: 31-38.
- 25 Goldberger AL. Is the normal heartbeat chaotic or homeostatic? *News Physiol Sci.* 1991; 6: 87-91.
- 26 Goldberger AL. Fractal electrodynamics of the heartbeat. *Am N Y Acad Sci.* 1990; 591:402-409.
- 27 Melanson EL. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 (11): 1894-1901.
- 28 Mouro L, Bouhaddi M, Perrey S, J.D Rouillon, Regnard J. Quantitative poincaré plot analysis of heart rate variability : effect of endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 91:79-87.
- 29 Matsunaga A, Masuda T, Oruga M.N, Saitoh M, Kasahara Y, Iwamura T et al. Adaptation to low-intensity exercise on a cycle ergometer by patients with acute myocardial infarction undergoing phase I cardiac rehabilitation. *Circ J.* 2004; 68: 938-945.

Artículos originales

Estudio del biotipo y la composición corporal en jóvenes jugadores de bádminton.

Study of the biotype and the body composition in the youth category badminton player's

Moisés de Hoyo Lora

Departamento de Educación Física y Deportes.
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla.

Grupo de Investigación HUM-507:
"Educación Física, Salud y Deporte.

Borja Sañudo Corrales

Departamento de Educación Física y Deportes.
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla.

Grupo de Investigación HUM-507:
"Educación Física, Salud y Deporte.

Federico París García

Departamento de Educación Física y Deportes.
Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Sevilla.

Lorenzo J. de La Fuente

Licenciado Ciencias Actividad Física y el Deporte.
Cuerpo Superior Facultativo,
Opción Actividad y Deporte.
Asesor Técnico en Gestión Deportiva.
Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es determinar la composición corporal, el somatotipo y el perfil antropométrico de los jugadores/as de bádminton de categoría infantil y cadete de la Comunidad Autónoma Andaluza. Un total de 108 sujetos fueron analizados, a los cuales se realizó un estudio de carácter descriptivo y transversal. Las diferentes mediciones fueron realizadas de acuerdo con las indicaciones del Manual de la I.S.A.K. Nuestro estudio demuestra, al igual que otros publicados con anterioridad, que el IMC no es un buen indicador del grado de adiposidad, por lo que se utilizó el porcentaje graso como medida más específica para determinar dicho parámetro. Atendiendo a éste, un 2,7% de la muestra masculina presenta sobrepeso, mientras que en el caso de las chicas, el 44% de la muestra analizada se encuentra por encima de los límites aconsejados. En relación al somatotipo, hemos obtenido para chicos un perfil mesomórfico balanceado y para las chicas mesomorfo-endomorfo, lo que contrasta con estudios realizados con otros deportes de raqueta. Esto permitirá definir el perfil de rendimiento del bádminton en categorías infantil y cadete, así como posibilitar la detección de talentos.

PALABRAS CLAVES: Bádminton; Antropometría; Composición Corporal; Somatotipo.

ABSTRACT

The objective of the current study is to determine the body composition, somatotype and the youth and cadet category andalusian player's anthropometric profile. A total amount of 108 subjects were analyzed, a descriptive and transversal character study was done to a total amount of 108 subjects. The different measures used corresponded with the indications of the ISAK manual (ISAK 2001). Our study shows the same results as others published previously, that the IMC is not a good indicator of the adiposity grade. Thus, the fat percentage was used as a more specific means to determine of the parameters explained before with respect to the above mentioned, 2,7 % of the male sample shows obesity, while in the case of women, 44% of the analyzed sample exceeds the advised limits. With respect to the somatotype, we have obtained a mesomorphically balanced profile for men, and a mesomorph – endomorph profile for females. This form a contrast with the studies realized with other racket sports, which will allow us to define the badminton performance profile in both youth and cadet categories, as well as allow the possible detection of talents.

KEYWORDS: Badminton, Anthropometry, body composition, somatotype.

1. INTRODUCCIÓN:

El bádminton, cuando se realiza como deporte de competición, está orientado a obtener el máximo resultado deportivo. Esto requiere un régimen de especialización que solamente se consigue tras un largo proceso de entrenamiento dirigido óptimamente. El aspecto fundamental de la preparación de los deportistas de alto nivel lo constituye el desarrollo de los factores que determinan su rendimiento en competición, la preparación física, el desarrollo de habilidades técnicas y los planteamientos tácticos unidos a la preparación psicológica y biológica¹. En este sentido, el estudio cineantropométrico se constituye como una herramienta más dentro del sistema de preparación del deportista, que va a optimizar el rendimiento del mismo en la competición.

Para la valoración morfológica se incluyen técnicas cineantropométricas², que permiten, mediante la aplicación de distintos métodos, estimar diversos parámetros de la estructura corporal tanto biológicos como aquellos otros resultantes del proceso adaptativo, especialmente los inducidos por el entrenamiento deportivo. El estudio de las dimensiones y de la composición corporal viene a ser un elemento importante en el ámbito deportivo, debido a que los datos que aporta constituyen información relevante para la especialización deportiva, ya que cada disciplina presenta una serie de exigencias que obliga, en la mayoría de los casos, a poseer una determinada morfología en los deportistas³.

Por tanto, el principal objetivo del presente estudio es analizar las características antropométricas y los parámetros relacionados con la composición corporal y el somatotipo en jóvenes jugadores de bádminton, los cuales van a facilitar la definición de perfiles de rendimiento en edades tempranas, para así conseguir una detección precoz de jugadores con condiciones anatómicas favorables para desarrollar sus habilidades en esta disciplina deportiva y que puedan utilizarse, además, como medidas objetivas en el control del entrenamiento.

2. MATERIAL Y MÉTODO:

Sujetos:

Una muestra de 108 sujetos ($n_1 = 54$ chicos; $n_2 = 54$ chicas), con edades comprendidas entre 12 y 16 años, fueron analizados durante el "Campeonato de Andalucía de Selecciones Provinciales Infantiles y Cadetes", celebrado en Punta Umbría entre los días 21 y 23 de Abril de 2006, con los que se realizó un estudio de carácter descriptivo y transversal.

Procedimiento:

La variable peso se midió con una báscula SECA (SECA, Hamburg, Germany), con precisión de 100 gr. La forma de

realizar la medida está estandarizada, permaneciendo el individuo de pie en el centro de la plataforma, desprovisto de ropa, y con el peso distribuido por igual en ambos pies y sin apoyos⁴. La talla se obtuvo con tallímetro Holtain (Holtain Ltd., Dyfed, UK), siguiendo el protocolo descrito por Marfell-Jones⁵.

Los pliegues (bicipital, subescapular, tricípital, pectoral, axilar, supraespinal, abdominal, muslo, pierna y suprailíaco) se midieron, por triplicado, con un plicómetro Holtain Skinfold Caliper (Holtain Ltd., Dyfed, UK) con amplitud de 0 a 48 mm, graduación de 0,2 mm y presión constante de 10 g/mm². Para los diámetros óseos de utilizó un paquímetro con capacidad de medida de 140 mm. y precisión de 1 mm., y para los perímetros musculares, una cinta métrica Harpenden Anthropometric Tape de Holtain Ltd. Los datos se extrajeron según las técnicas recomendadas por el "Manual de Cineantropometría"⁶ y el manual de la ISAK⁷. Dos observadores analizaron la muestra por separado. Se calculó el error técnico de medida admitiendo una tolerancia de un 5% en pliegues cutáneos y de un 2% en el resto de medidas.

Se estudió la composición corporal siguiendo la estrategia de De Rose y Guimaraes⁶ basada en el modelo clásico de Matiegka. Para el cálculo del porcentaje de masa grasa se utilizó la ecuación propuesta por Slaughter⁸, para niños de 8 a 18 años, validada en estudios con menores.

Asimismo, se determinó el somatotipo de estos deportistas, atendiendo al modelo propuesto por Heath y Carter⁹.

Análisis estadístico:

Una vez efectuadas las mediciones correspondientes se procedió a realizar el análisis estadístico. Los datos fueron analizados con el software SPSS 13.0 para Windows. Los resultados de la prueba de Kolmogorov – Smirnov mostraron una distribución normal de todas las variables tratadas, por lo que se utilizó la prueba t de Student para establecer posibles diferencias. Se determinó el porcentaje en cada uno de los grupos conformados y el coeficiente de dispersión entre grupos (DDS). Así mismo, se llevaron a cabo análisis de correlación con el fin de determinar el grado de relación entre las variables estudiadas. En todo caso se estableció un intervalo de confianza del 95%.

3. RESULTADOS:

A continuación se muestran los resultados y el análisis de las mediciones antropométricas más interesantes del estudio realizado, expresados como valores medios \pm desviación típica.

La muestra presenta un peso medio de $55,4 \pm 12,4$ kg. ($58,2 \pm 14,1$ Kg. en chicos y $53,1 \pm 9,9$ Kg. en chicas). Respecto a la altura, la media se sitúa en $162,8 \pm 10,7$ cm. ($166,6 \pm 11,9$ cm. en chicos y $159,6 \pm 8,3$ cm. en chicas) Las diferencias entre ambos sexos se pueden considerar estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Es sabido que los pliegues cutáneos estiman el depósito de grasa subcutánea. Nuestros resultados señalan que los pliegues mayores fueron los tomados a nivel abdominal para los niños y en el muslo para las niñas. En todos los casos, a excepción del pliegue pectoral, las chicas presentaron valores absolutos más altos (Tabla 1). En relación al sumatorio de 6 pliegues podemos afirmar que las diferencias son estadísticamente muy significativas entre niños y niñas ($p < 0,001$). Sin embargo, en el caso de la sumatorio de los 4 pliegues, al comparar las medias, encontramos un valor significativo ($p < 0,07$), lo que nos indica que existe cierta diferencia entre las mismas, pero es necesario ampliar la muestra para poder generalizar.

El índice de masa corporal (IMC) medio es de $20,7 \pm 3,1$, siendo para los chicos de $20,7 \pm 3,3$ y para chicas de $20,7 \pm 2,9$, no pudiéndose considerar las diferencias entre ambos grupos estadísticamente significativas ($p > 0,10$). Los datos relacionados con este parámetro se pueden observar en la tabla 2.

Al analizar el porcentaje graso obtenemos una media de $16,2 \pm 8,3\%$, siendo para el porcentaje magro de $43,8 \pm 6,9\%$, para el porcentaje óseo de $17,4 \pm 3,0\%$ y para el porcentaje residual de $22,5 \pm 1,6\%$. Los datos relativos a cada sexo quedan analizados en la tabla 2. Respecto a la comparativa entre ambos grupos, podemos decir que en lo relativo al porcentaje graso las diferencias encontradas se pueden considerar estadísticamente muy significativas ($p < 0,001$), presentando las chicas valores muy superiores a los de los chicos.

En relación al somatotipo, los chicos presentan unos valores medios de mesomorfia y ectomorfia superiores a los de las chicas. Sin embargo, respecto a la endomorfia, ésta es mayor en las niñas. Los datos relativos a estos parámetros se pueden observar en la tabla 3.

De acuerdo con estos datos, hemos obtenido para los chicos un perfil mesomórfico balanceado, ya que al hacer el test de igualdad (t-student) obtenemos que el componente de mesomorfia es el mayor ($p < 0,001$ con respecto a la endomorfia; $p < 0,01$ con respecto a la ectomorfia), mientras que la endomorfia y ectomorfia son similares ($p < 0,7$). Para las chicas encontramos un perfil Mesomorfo-Endomorfo, es decir, los componentes de mesomorfia y endomorfia son iguales ($p < 0,9$) y superiores a la ectomorfia ($p < 0,001$ respecto a la endomorfia; $p < 0,01$ respecto a la mesomorfia).

		Tríceps	Subesc.	Bíceps	Pectoral	Axilar	Ileo	Supra.	Abdom.	Muslo	Pierna	Σ6P	Σ4P
Niños	Media	12,53	9,23	6,51	6,48	7,84	14,65	11,24	16,59	16,01	15,32	80,78	49,38
	SD	4,75	4,02	3,02	3,24	4,2	7,36	6,67	10	6,54	5,78	34,50	23,97
Niñas	Media	15,92	10,55	8,21	6,33	9,10	17,36	12,49	18,96	22,42	18,93	101,33	57,92
	SD	4,97	3,55	3,15	5,84	3,80	6,53	5,52	7,87	7,87	5,2	29,21	20,58

Tabla 1: Análisis de los pliegues cutáneos y sumatorio de los 6 pliegues.

Nota: Σ6P = tríceps, subescapular, supraespal, abdominal, muslo y pierna. Σ4P (tríceps, subescapular, supraespal y abdominal).

		IMC	% Graso	% Magro	% Óseo	% Residual
Niños	Media	20,79	9,79	48,01	18,08	24,1
	SD	3,39	5,27	5,23	3,15	0
Niñas	Media	20,7	22,08	44,13	16,75	20,9
	SD	2,91	6,03	6,2	2,7	0

Tabla 2: Datos relativos al IMC y Composición Corporal

Nota: IMC = Índice de Masa Corporal; Composición Corporal (% graso, % magro, % óseo y % residual)

	Total			Niños			Niñas		
	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto
Media	3,66	4,14	2,85	3,26	4,36	3,1	4	3,93	2,63
SD	1,33	2,56	1,41	1,43	2,39	1,49	1,14	2,70	1,29

Tabla 3: Datos relativos al somatotipo.

Nota: Endo. = endomorfia; Meso. = mesomorfia; Ecto. = ectomorfia.

A través del análisis comparativo de los diferentes somatotipos se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos conformados según el género ($p < 0,05$ para $DDS > 2$), ya que en este caso el valor correspondiente a la DDS fue 4,19.

La Figura 1 contiene la representación gráfica del somatotipo de estos deportistas según los grupos definidos; en rojo los chicos ($x = -0,16$; $y = 2,36$) y en rosa las chicas ($x = -1,37$; $y = 1,23$).

Se efectuó un análisis de correlación entre los componentes de la composición corporal y el somatotipo. En este sentido, se hallaron elevados (y significativos) coeficientes de correlación entre el componente endomorfo y los parámetros antropométricos y de composición corporal relacionados directamente con el contenido de grasa corporal (masa grasa y sumatorio de los 6 pliegues). Concretamente, al realizar la correlación de Pearson para las chicas, obtuvimos valores de $r = 0,84$ respecto a la masa grasa y $r = 0,98$ respecto al S6p. Para los chicos los resultados fueron incluso mejores, con valores de $r = 0,93$ para masa grasa y $r = 0,98$ para S6p.

4. DISCUSIÓN:

Este estudio define el perfil antropométrico de jóvenes jugadores de bádminton, así como sus características en lo que a la composición corporal se refiere. La distribución en grupos atendiendo al factor género ha permitido observar diferencias importantes, especialmente en relación a la masa grasa, en la que los registros correspondientes al género femenino fueron significativamente superiores a los obtenidos en el género masculino ($p < 0,05$).

En niños con edades comprendidas entre 12 y 16 años, un IMC igual o superior a $22,6 \text{ kg/m}^2$ debe considerarse sugestivo de sobrepeso, mientras que un valor superior

a $27,5 \text{ kg/m}^2$ implica la existencia de obesidad. Mientras que para las niñas, los valores estarían entre $23,2 \text{ kg/m}^2$ y $28,3 \text{ kg/m}^2$ para sobrepeso y obesidad respectivamente¹⁰. Utilizando este criterio, un 21,49% de la muestra analizada presenta sobrepeso; concretamente el 24,53% de los niños y el 18,52% de las niñas.

Si utilizamos como límite de referencia para considerar que un niño tiene sobrepeso o es obeso, que su porcentaje de masa grasa corporal sea superior al 20%, tal como han propuesto algunos autores¹¹⁻¹², resulta que un 2,7% de la muestra masculina presenta sobrepeso.

Respecto a las chicas, si tomamos como referencia las indicaciones de Hoeger¹³ para mujeres deportistas menores de 19 años, un valor del porcentaje graso por encima del 22,5% es representativo de sobrepeso y un valor superior al 27,5% señala obesidad. De acuerdo con esto, el 44,0% de las niñas analizadas presentaba sobrepeso u obesidad.

Un aspecto a resaltar en nuestro estudio es la similitud obtenida en los registros derivados del IMC en chicos ($20,8 \pm 3,4$) y en chicas de ($20,7 \pm 2,9$). Similares resultados fueron encontrados por otros investigadores, quienes detectaron un sumatorio de pliegues cutáneos muy superior en chicas que en chicos adolescentes, mientras que no hallaron diferencias respecto al IMC³¹⁴⁻¹⁵.

Si bien es cierto que muchos autores consideran que el IMC es un índice adecuado para la valoración del sobrepeso en poblaciones¹⁶⁻¹⁷ y para la identificación de niños y adolescentes obesos¹⁸, nuestro estudio muestra, al igual que otros publicados con anterioridad, que el IMC no parece ser un parámetro que permita definir las diferencias de composición corporal entre los niños de diferente género^{3,19-22}. Por lo tanto, los valores de IMC en niños, aunque pueden constituir una medida razonable del grado de obesidad¹⁰, deben ser evaluados con cautela.

Son diversos los estudios que se han realizado sobre cineantropometría en jugadores de bádminton o de otras modalidades dentro de los deportes de raqueta, pero muy pocos si tenemos en cuenta la edad de la muestra. En este sentido, Bello y García²³ analizaron un amplio grupo de jugadores de bádminton infantiles y cadetes, obteniendo porcentajes de grasa similares para los chicos ($9,5 \pm 1,7\%$) e inferiores para las chicas ($12,1 \pm 4,1\%$). Similares resultado a los anteriores encuentran en el estudio de Pradas et al.,²⁴ sobre jóvenes jugadores de tenis, bádminton y tenis de mesa de entre 15 y 17 años, los cuales obtuvieron un porcentaje graso medio del $8,5 \pm 3,8\%$ para la muestra masculina y de $9,3 \pm 3,3\%$ para la muestra femenina. Por otro lado, Torres et al.,²⁵ en su estudio con jugadores de tenis de 14 a 16 años encontraron valores superiores, siendo estos para chicos de $12,6 \pm 2,5\%$ y de $16,2 \pm 4,2\%$ para las chicas.

Respecto al somatotipo, podemos afirmar que los resultados obtenidos guardan una relación directa con los

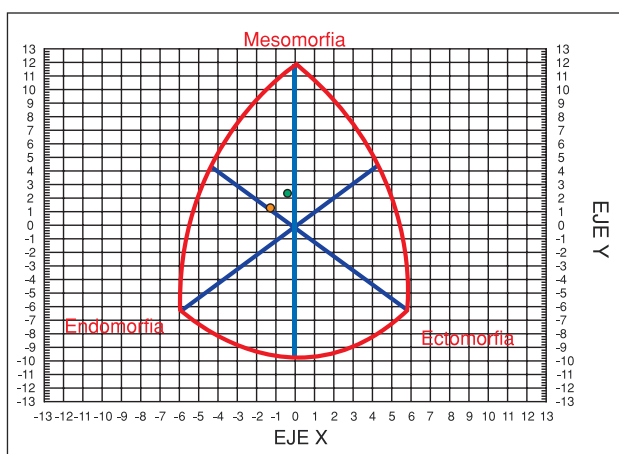


Figura 1: Representación gráfica del somatotipo.

Nota: En la representación gráfica, las chicas en naranja y en verde los chicos ("x" = ectomorfia - endomorfia; "y" = 2 x mesomorfia - (ectomorfia + endomorfia))

rasgos característicos de los niños y niñas a estas edades. Según Gómez et al.,²⁷ los adolescentes alcanzan un modelo más endomesomorfo en la temprana madurez, mientras que las jóvenes tienen una mayor tendencia a la endomorfia en la adolescencia, apareciendo esta tendencia en el hombre al aproximarse a la edad adulta, aunque tanto hombres como mujeres tienden a una mayor endomorfia con la edad.

Cuando comparamos el somatotipo del grupo masculino de nuestro estudio con el obtenido por otros autores, observamos un perfil muy similar, es decir mesomórfico balanceado. En lo referente a las chicas (Tabla 4), al igual que ocurriera con los chicos existe una cierta homogeneidad en lo referente al somatotipo predominante en la mayoría de los estudios, en este caso mesomorfo-endomorfo, aunque en los estudios de Pradas et al.²⁸ y Torres et al.²⁵, existe cierta tendencia hacia el perfil meso-endomorfo.

Los elevados coeficientes de correlación que hemos obtenido entre el componente endomorfo y los parámetros antropométricos y de composición corporal relacionados directamente con el contenido de grasa corporal (MG y S6p), coinciden con los resultados del estudio de Garrido et al.²⁹, en 3092 deportistas de alto nivel, con el estudio de Carrasco et al.³, con jóvenes piragüistas, con el de De Hoyo y Sañudo²² realizado con escolares de 8 a 12 años y con lo que nos indicaban Slaughter y Lohman³⁰. La estrecha relación entre el componente endomórfico y los sumatorios de pliegues era de esperar, ya que al igual que ocurre con el cálculo del porcentaje de grasa corporal, varios de los pliegues computados en estos sumatorios (tríceps y subescapular) forman parte de los cálculos para la obtención de dicho componente.

5. CONCLUSIONES:

Aunque los sujetos participantes de este estudio se encontraban en las primeras etapas de sus carreras deportivas en el momento de su análisis, el control sobre su composición corporal es un factor decisivo de cara a la consecución de los mayores éxitos deportivos. Su análisis permitirá establecer el peso ideal del deportista, seguir los cambios de la composición corporal en el proceso de maduración de los adolescentes, prevenir la obesidad, señalar la pérdida excesiva de peso asociada con desórdenes de la alimentación, prescribir un programa de ejercicios para lograr el peso óptimo y favorecer el fortalecimiento muscular, de acuerdo a las necesidades individuales, así como permitir el seguimiento de los programas de acondicionamiento físico y nutricional.

Como ha quedado reflejado en nuestro estudio, el IMC no es un buen indicador del grado de adiposidad en deportistas, por lo que aconsejamos el uso del porcentaje graso como indicador más fiable de dicho parámetro. En este sentido, el hecho de que un 44% de la muestra femenina analizada presente sobrepeso nos lleva a plantearnos la necesidad de cierta intervención si queremos que éstas se encuentren en las condiciones más óptimas para el rendimiento.

Otro aspecto relevante de nuestro estudio es el cálculo del somatotipo, el cual complementa al de la composición corporal, ya que si uno es un método para valorar la cantidad de tejidos y fluidos orgánicos, el otro nos permite definir la morfología corporal característica de una determinada especialidad deportiva. Así pues, para los jugadores de bádminton de género masculino entre 12 y 16 años hemos encontrado un perfil mesomórfico balanceado y para el género femenino un perfil mesomorfo-endomorfo.

Estudio	Chicos			Chicas			Total			
	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto	
Actual 108 sujetos 12-16 años Bádminton										
	Media	3,26	4,36	3,1	4	3,93	2,63	3,66	4,14	2,85
	SD	±1,33	±2,56	±1,41	±1,43	±2,39	±1,49	±1,14	±2,70	±1,29
Pradas et al. (2007). 14 sujetos 12-14 años Tenis de mesa		Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto
	Media	3,12	4,26	3,50	4,21	3,42	2,88	3,59	3,90	3,23
	SD	±1,51	±0,49	±1,24	±0,76	±1,20	±1,23	±1,33	±0,93	±1,23
Torres et al. (2006). 67 sujetos 14-16 años Tenis		Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto
	Media	3,14	4,52	3,22	4,10	3,42	3,03	--	--	--
	SD	±1,10	±1,10	±1,24	±1,18	±0,97	±1,02	--	--	--
Sánchez et al. (2005). 123 sujetos 12-14 años Tenis		Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto	Endo	Meso	Ecto
	Media	3,76	4,97	3,27	4,38	4,28	3,04	--	--	--
	SD	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 4: Comparación del somatotipo con otros estudios.

Nota: Endo= endomorfia; Meso = mesomorfia; Ecto = ectomorfia.

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Cabello D. Análisis de las características del juego en el bádminton de competición. Su aplicación al entrenamiento. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España). 2000.
2. Berral FJ. Cineantropometría: Concepto. Aspectos anatómicos de interés. Planos y ejes. Puntos anatómicos de referencia. *Med. Ejerc* 1995; 2:21-33.
3. Carrasco L, Martínez E, Nadal C. Anthropometric profile, somatotype and body composition of young paddlers. *Rev. Int. Cienc. Deporte*. 2005;20.
4. Canda A, Esparza F. Cineantropometría. En: Valoración del deportista: aspectos biomédicos y funcionales. Pamplona: (GREC) FEMEDE;1999.
5. Marfell-Jones M. Guidelines for athlete assesment in New Zealand Sport. *Kinanthropometric Assesment*. 1991.
6. Esparza E. Manual de Cineantropometría. Pamplona: (GREC) FEMEDE; 1993.
7. ISAK. International Standards fir Antthropometric Assesment. Unerdale. ISAK. 2001.
8. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill RJ, Stillman MD, Van Loan MD, Bembem DA. Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in children and Youth. *Human Biology* 1988;60(5):709-723.
9. Carter JE. The Heath-Carter anthropometric somatotype. Instruction manual. San Diego State University. San Diego, CA (USA). 2002.
10. Cole T, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000;320:1240-1247.
11. Dwyer T, Blizzard CL. Defining obesity in children by biological endpoint rather than population distribution. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1996;20: 472-480.
12. Lohman TG. Exercise training and body composition in childhood. *Can J Spt Sci* 1992;17 (4):284-287.
13. Hoeger W. Lifetime physical fitness and wellness. Englewood Cliffs, NJ: Morton. 1989.
14. González-Gross M, Ruiz JR, Moreno LA, de Rufino-Rivas P, Garaulet M, Mesana MI, Gutiérrez A. Body composition and physical performance of Spanish adolescents: the AVENA pilot study. *Acta Diabetol* 2003;40:299-301.
15. De Hoyo M, Sañudo B. Análisis de la composición corporal en escolares de 8 a 12 años. *Actas del Primer Congreso Internacional de Ciencias del Deporte*. Pontevedra (España). 2006.
16. Moreno LA, Sarría A, Lázaro A, Bueno M. Dietary fat intake and body mass index in Spanish children. *Am J Clin Nutr* 2000;72(Suppl):1399-1403.
17. Sarría A, Moreno LA, García-Llop LA, Fleeta J, Morellón MP, Bueno M. Body mass index, triceps skinfold and waist circumference in screening for adiposity in male children and adolescents. *Acta Paediatr* 2001;90:387-392.
18. Deurenberg P, Pieters JJ, Hautvast JG. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *Br J Nutr* 1990;63: 293-303.
19. Kimm SYS, Glunn NV, Kriska AM, Barton BA, Kronsber SS, Daniels SR, Crawford PB, Sabry ZI, Liu K. Decline in physical activity in black girls and white girls during adolescence. *N Engl J Med* 2002;347:709-715.
20. Moreno LA, Mur L, Fleeta J. Relationship between physical activity and body composition in adolescents. *Ann NY Acad Sci* 1997;817:372-374.
21. López Calbet JA, Armengol O, Chavarren J, Dorado C. Anthropometric equation for assessment of percent body fat in adult males of de Canary Islands. *Med Clin Barc* 1997;108:207-213.
22. De Hoyo M, Sañudo B. Body composition and physical activity like health parameters in childrens in a rural Sevillian population. *Int J Sport Sci* 2007;6: 52-62.
23. Bello G, García JL. Datos antropométricos de jugadores de bádminton infantiles y cadetes. *Actas del V Congreso Mundial de Deportes de Raqueta*. Madrid (España). 2006.
24. Pradas F, Martínez E, Carrasco L, Herrero R. Perfil antropométrico, somatotipo, composición corporal y dinamometría en jóvenes jugadores de alto nivel de tenis, bádminton y tenis de mesa. *Actas del V Congreso Mundial de Deportes de Raqueta*. Madrid (España). 2006.
25. Torres G, Alacid F, Ferragut C, Villaverde C. Estudio cineantropométrico del jugador de tenis adolescente. *Actas del V Congreso Mundial de Deportes de Raqueta*. Madrid (España). 2006.
26. Sánchez C, Zabala M, Ávila F, Sáenz, D. The Anthropometric Profile of Spanish Under 14 Tennis Players. 14th ITF Worldwide Coaches Workshop. Turquía. 2005.
27. Gómez JR, Berral CJ, Viana B, Leiva A, Ibnziaten A, Berral FJ. Un estudio de somatotipo en adolescentes de 10 a 14 años. *Medicina del Ejercicio*, 2002;17(1-2):22-34.
28. Pradas F, Carrasco L, Martínez E, Herrero R. Anthropometric profile, somatotype, and body composition of young table tennis players. *Int J Sport Sci*, 2007;7:11-23.
29. Garrido RP, González M, García M, Expósito I. Correlación entre los componentes del somatotipo y la composición corporal según fórmulas antropométricas. Estudio realizado con 3092 deportistas de alto nivel. *EF deportes*. *Revista Digital* 2005;84.
30. Slaughter MH, Lohman TG. Relationship of body composition to somatotype. *Am J Phys Anthrop* 1976;44: 237-244.

Artículos originales

Efectos de la restricción calórica y el entrenamiento moderado sobre la actividad motora en ratones

Effects of caloric restriction and moderated training on motor activity in mice

RESUMEN

En el presente trabajo analizamos los efectos que la restricción calórica (RC), en forma de ayuno intermitente, y el entrenamiento moderado producen sobre la actividad física y parámetros bioquímicos en animales de laboratorio. Utilizando ratones macho como modelo hemos comprobado que la RC y el entrenamiento producen cambios de comportamiento que afectan a la actividad exploratoria horizontal y vertical comparado con animales alimentados ad libitum (AL). Igualmente, hemos encontrado que ni la RC ni el entrenamiento afectan a la fuerza de los animales pero sí afectan a su coordinación motora y a la resistencia. Los animales entrenados así como los sometidos a RC per se fueron más resistentes en un ejercicio isotónico como la carrera. Este efecto no se debió a una mayor coordinación motora.

Estos resultados parecen estar relacionados con una mayor capacidad de movilización de nutrientes tales como lípidos y azúcares por parte de los animales bajo RC. Así, mientras los animales AL disminuyen los niveles de glucosa y triglicéridos tras la carrera extenuante, los animales bajo RC y en especial aquellos entrenados fueron capaces de movilizar ambos metabolitos permitiendo así una mayor afluencia de nutrientes útiles para la actividad muscular y en especial de las fibras aeróbicas tipo I.

Guillermo López-Lluch
Universidad Pablo de Olavide, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, CABD-CSIC. Sevilla.

Mónica Cadena Villanueva
Universidad Pablo de Olavide, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, CABD-CSIC. Sevilla.

Julián Mier Mota
Universidad Pablo de Olavide, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, CABD-CSIC. Sevilla.

Cristina Vicente García
Universidad Pablo de Olavide, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, CABD-CSIC. Sevilla.

Elisabeth Rodríguez Bies
Departamento de Deporte e Informática. Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide.

Angel M. Carrión Rodríguez
Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad Pablo de Olavide.

Manuel J. Porras Sánchez
Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide.

Francisco José Berral de la Rosa
Departamento de Deporte e Informática. Facultad del Deporte. Universidad Pablo de Olavide.

Plácido Navas Lloret
Universidad Pablo de Olavide, Centro Andaluz de Biología del Desarrollo, CABD-CSIC. Sevilla.

Finalmente, el entrenamiento produce efectos beneficiosos sobre el daño muscular y el estrés oxidativo de una manera independiente del tipo de dieta. Estudios futuros nos permitirán unir estos efectos fisiológicos con aspectos histológicos y bioquímicos de las fibras musculares.

Palabras clave: Restricción calórica; rendimiento; conducta; daño muscular; capacidad antioxidante

ABSTRACT

In this work, we analyse the effects of caloric restriction (i.e. intermittent fasting diet, RC) and moderated training on physical activity and biochemical parameters in animals. By using male mice as model we have found that both RC and training produce behaviour changes that affect the horizontal and vertical exploratory activity compared with mice submitted to ad libitum diet (AL). We also found that neither the RC nor training affected the strength capacity but do affect motor coordination and resistance. Trained animals and, per se, RC in non-trained animals were able to increase the resistance of these animals in a isotonic exercise as running. This effect was not due to a higher motor coordination.

These results seem to be related to a higher capacity of the RC animals to mobilise nutrients such as lipids and sugar. Then, whereas in animals submitted to AL, the levels of glucose and triglycerides decreased after the exhausting running, in RC animals and, specially, in trained RC animals, both nutrients were mobilised permitting that a higher levels of nutrients used by the muscular activity and, specially, for aerobic type I fibres.

Finally, training produces beneficial effects on muscular damage and oxidative stress in a diet-independent way. Future studies will permit us to link these physiological effects to other aspects such as histology and biochemistry of muscular fibres.

Key words: *caloric restriction; performance; behaviour; muscular damage; antioxidant capacity.*

INTRODUCCIÓN

Muchos de los efectos de la restricción calórica (RC) han sido asimilados con los efectos producidos por el ejercicio moderado¹. Es por ello que se pretendió que tanto la RC como el ejercicio mejorarían el rendimiento energético e incrementarían la longevidad. Así, en animales de laboratorio, se comprobó que el ejercicio voluntario libre y el forzado descienden la morbilidad y la mortalidad en un efecto similar al que ocurre con la RC². Por otro lado, los efectos celulares y moleculares de la RC o de una variante basada en la alimentación cada dos días (ayuno intermitente ó IFD), sobre el sistema cardiovascular y el cerebro son similares a los que se observan en organismos sometidos a un ejercicio físico regular, por lo que se sugiere la existencia de un mecanismo similar³. Además, se ha demostrado un efecto sinérgico entre la RC y el ejercicio moderado en la bioenergética del músculo gastrocnemius sometido a estimulación eléctrica en ratas⁴.

En humanos obesos, la conjunción del descenso de la ingesta calórica y el ejercicio moderado, desciende significativamente el peso corporal, el índice de masa corporal y

la masa de grasa, a la vez que aumenta significativamente la fuerza y energía muscular⁵. Muy recientemente se ha demostrado que el ejercicio moderado, en edades avanzadas, desciende el daño oxidativo en humanos⁶, al igual que ocurre con la RC en animales modelo. Así, el ejercicio regular desciende los niveles de 8 hidroxidesoxiguanosina (8-OHdG) en orina (un marcador de oxidación de ácidos nucleicos).

El ejercicio moderado afecta a la actividad del complejo IV mitocondrial, incrementando la relación entre la actividad de este complejo y el complejo I, un marcador relacionado con la producción de radicales libres en la mitocondria⁶. Por otro lado, otro de los efectos beneficiosos de la RC sobre el organismo radica en una menor producción de radicales de oxígeno por parte de la mitocondria, es decir, un menor daño oxidativo⁷, tal y como hemos demostrado recientemente en un modelo in vitro de RC⁸. Este hecho provocaría un menor daño sobre la actividad mitocondrial, uno de los factores más importantes en el descenso de la actividad mitocondrial tras un ejercicio extenuante o en el envejecimiento.

Por todo ello, nos hemos planteado la hipótesis de que la RC junto con la actividad física moderada afectaría a la actividad muscular de dos maneras diferentes, la primera, incrementando los niveles de coenzima Q necesarios para la actividad de la cadena respiratoria y por otro lado, disminuyendo el daño oxidativo sufrido por ésta durante el ejercicio o a lo largo del envejecimiento. Por ello el presente trabajo trata de estudiar los efectos de la RC y el entrenamiento en ratones sobre la actividad física normal y bajo condiciones extremas, marcadores metabólicos en plasma y estrés oxidativo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Grupos muestrales.

Utilizamos una cohorte de ratones machos swiss-OF1, de un promedio de 27 g, aproximadamente de cinco-seis semanas de edad y provenientes del Centro de Investigaciones Científicas de Granada, que en un principio fueron separados en dos grupos muestrales estabulados al azar en cuatro cajas a razón de 16 ratones por caja. Los animales de dos de las cajas fueron sometidos a alimentación *ad libitum* (AL) y los de las otras dos restantes cajas fueron sometidos a RC utilizando el modelo de alimentación cada dos días (RC o IFD: "intermittent fasting diet" en algunas figuras). Tras cuatro meses de alimentación bajo estas circunstancias, los animales fueron nuevamente subdivididos, de manera que en cada uno de los grupos AL y RC se procedió a elegir al azar una de las cajas para someter a los animales a un proceso de entrenamiento diario basado en el ejercicio sobre cinta sin fin modelo Treadmill Columbus 1055M-E50 de seis calles (Cibertec SA), utilizando un

plan de trabajo con incremento de la velocidad y tiempo en la cinta durante las primeras dos semanas y un sistema de mantenimiento a 40 metros/minuto durante 20 min en sesiones de 5 días por semana durante las restantes semanas hasta culminar un total de seis semanas. De esta manera, los grupos de animales quedaron establecidos como sigue: AL: animales sedentarios alimentados ad libitum; ALT: animales entrenados alimentados ad libitum; RC: animales sedentarios alimentados bajo RC; y RCT: animales entrenados alimentados bajo RC.

Determinación de parámetros de comportamiento.

A lo largo del experimento, los animales fueron sometidos a pruebas de comportamiento para determinar el efecto que la alimentación y el entrenamiento producían en este modelo animal. Las pruebas a las que se sometieron fueron: actividad motora horizontal (prueba del actímetro activado por fotocélulas); comportamientos de entretenimiento (acicalamiento, exploración vertical, y exploración periférica en campo abierto). En todas las pruebas, los animales fueron monitorizados por vídeo para analizar posteriormente los resultados.

Igualmente se procedieron a realizar pruebas de coordinación motora mediante Rotarod en varias sesiones de 5 min cada una a 80 rpm en las que se determinaron el número de caídas y una prueba de resistencia con incremento de velocidad hasta 100 rpm a partir de la cual se determinó el tiempo de aguante del animal. También se realizaron pruebas de fuerza muscular utilizando un Grip Strength Columbus para ratones (Cibertec SA).

Ejercicio físico extenuante.

Los animales fueron sometidos a un ejercicio físico extenuante en un sistema de cinta continua, sin inclinación e incrementando la velocidad a razón de cinco metros/minuto cada cinco minutos. El animal se mantenía corriendo mediante el uso de estimulación eléctrica. Se consideró como punto final del experimento cuando el animal se mantuvo más de cinco segundos bajo estimulación eléctrica sin realizar movimiento de retorno a la cinta. Los animales fueron sacrificados por dislocación cervical justo al finalizar la prueba.

Determinación de marcadores bioquímicos plasmáticos.

A partir de la sangre obtenida por punción cardiaca justo después del sacrificio de los animales se separó el plasma por centrifugación en tubos Vacuette Z serum Sep. Clot activator durante 10 minutos a 3000 x g. El plasma obtenido fue guardado a -80°C hasta la determinación de los diferentes metabolitos en sangre. La presencia de estos metabolitos fue cuantificada mediante el uso de kits comerciales como sigue: Colesterol (método enzimático de punto final, Randox CH201), Urea (método enzimático, Randox UR457), Ácido úrico (sistema colorimétrico

enzimático Randox UA233), L-lactato (sistema acoplado a peroxidasa, PAP, Randox, LC2389), Glucosa (método GOD/PAP, Randox GL2623), Proteína total (método de Biuret, Randox, TP245) y albúmina (método del púrpura de bromocresol, Randox, AB388). La presencia de la actividad creatina kinasa (CK) se realizó mediante el ensayo de CK-NAC (Randox, CK113). La capacidad antioxidante total en plasma fue determinada mediante el ensayo de reducción de la oxidación de ABTS en presencia de peroxidasa y agua oxigenada. (Randox NX2332). En todo caso, las muestras siempre fueron procesadas junto con los controles de calidad aportados por el comerciante.

ESTADÍSTICA.

Los datos obtenidos a partir de los análisis individuales de cada animal se procesaron estadísticamente según las técnicas más idóneas para cada caso. Se utilizarán para ello análisis de Kruskal-Wallis y ANOVA de un factor para comparaciones múltiples.

RESULTADOS.

a) Efecto de la RC y el entrenamiento sobre la actividad física.

Analizamos la actividad exploratoria de los animales mediante la utilización de un actímetro, aparato que nos permite determinar el movimiento libre de los animales en una superficie. La actividad exploratoria fue considerada como el número de veces que el animal interrumpía el haz de infrarrojo que delimitaba el perímetro del campo de exploración. Como se puede observar en la Figura 1, tras un breve periodo en RC, los dos grupos de animales sometidos a alimentación AL (Fig. 1a) y RC (Fig. 1b) no mostraron diferencias de comportamiento entre sí. No obstante, los animales en RC presentaron una menor actividad exploratoria durante los primeros momentos de determinación (Fig. 1a y b).

Tras seis meses en RC y un periodo de entrenamiento de cinco semanas pudimos comprobar diferencias significativas entre los grupos de animales que habían sido entrenados respecto a su correspondiente control sedentario. Al igual que ocurrió al principio, no obtuvimos diferencias significativas entre animales AL y animales RC sedentarios (Fig. 1c y d). Por el contrario, los animales entrenados sí mostraron un perfil de actividad bastante más bajo que los animales sedentarios en cualquiera de los casos, tanto en animales AL y RC.

En cuanto a la actividad estereotipada de los animales comprobamos el número de acicalamientos, levantamientos y el tiempo dedicado a la exploración periférica (Fig. 2). En los animales sometidos a seis meses de modificación dietética y a cinco semanas de entrenamiento no observa-

mos diferencias significativas entre los animales sedentarios AL o RC en cuanto al número de acicalamientos o de exploración periférica. No obstante, en cuanto al número de levantamientos, los animales bajo RC mostraron un mayor número de levantamientos que los animales AL pero cuando analizamos estos parámetros en los animales sometidos a entrenamiento en cada uno de los grupos, observamos sorprendentemente que este número de levantamientos se veía significativamente reducido en los animales RC obteniéndose valores similares a los AL. Igualmente observamos que el entrenamiento hacía que los animales dedicaran un menor tiempo a la exploración periférica, dato que concuerda con el representado en la figura 1.

Pese a que en muchos modelos de RC basados en la alimentación con un porcentaje de entre un 60 y un 70% de la media de calorías diaria del animal han mostrado claros efectos sobre el peso del animal a lo largo del periodo de alimentación, en nuestro caso, la alimentación cada dos días o en días alternos no produjo ningún efecto sobre el peso del animal y ambos grupos AL y RC mostraron el mismo patrón de engorde a lo largo del proyecto (Fig. 3).

El peso, por tanto, no es un factor a tener en cuenta cuando analizamos los parámetros de fuerza de atracción que eran capaces de realizar los animales. Al final de nuestro experimento no detectamos ninguna diferencia significativa entre los diferentes grupos de animales tal y como se puede observar en la Figura 4. No obstante, cuando analizamos el tiempo que el animal perdía el contacto con la superficie tras un estímulo sonoro de intensidades crecientes, es decir, una prueba de sobresalto, si observamos alguna diferencia entre grupos (datos no presentados). Los animales ejercieron la misma potencia a estímulos bajos en cualquier tiempo del experimento. No obstante, a niveles altos de intensidad, los animales bajo RC mostraron una mayor capacidad de sobresalto y, por tanto, inferimos que ejercieron una mayor intensidad muscular cuando se estimulaban.

Por otro lado, la coordinación y capacidad motora fue determinada mediante al uso de Rotarod (Fig. 5). Tras varias sesiones de adaptación, sometimos a los animales a una serie de actividad con un incremento constante de la velocidad de giro del Rotarod hasta alcanzar la velocidad

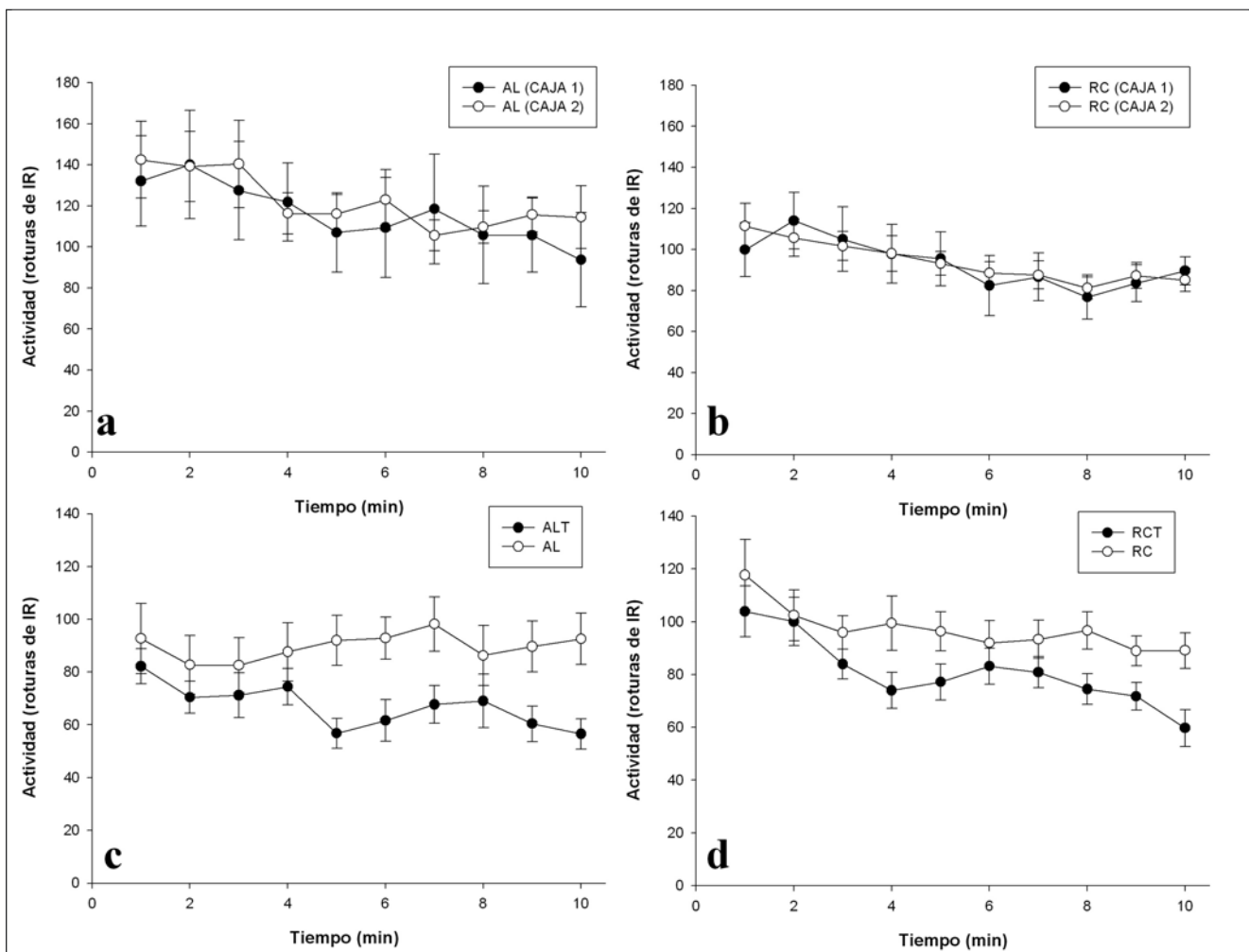


Figura 1. Actividad exploratoria en campo abierto. (a y b) Actividad de animales al inicio del experimento, las indicaciones AL y RC se refieren a los grupos que posteriormente serían alimentados de esta manera. Actividad exploratoria tras seis meses en RC y cinco semanas de entrenamiento (c: AL, d: RC, símbolos blancos: no entrenados, símbolos oscuros, entrenados).

máxima a 100 rpm. A partir de este momento contabilizamos el tiempo que los animales tardaban en caer de manera que establecíamos la mayor capacidad motora de los animales a alta velocidad y en circunstancias donde la capacidad motora resultaba extremadamente importante. Los animales entrenados y bajo RC mostraron una mayor capacidad motora ya que fueron el grupo que más tiempo estuvo sobre el rotarod, prácticamente duplicando la capacidad del grupo entrenado AL (ALT). Por otro lado, los animales sedentarios mostraron una baja capacidad de coordinación, siendo prácticamente incapaces de mantenerse sobre el Rotarod ni un 25% del tiempo alcanzado por los animales del grupo RCT.

Finalmente sometimos a los animales a la sesión de carrera extenuante utilizando para ello una cinta sin fin sin

incrementar el ángulo de carrera pero incrementando la velocidad cada cinco minutos. Para evitar problemas debidos a la falta de energía, todas las carreras se realizaron en un día en el que todos los grupos habían estado alimentándose durante las últimas 24 horas. De cada grupo, ocho animales se sometieron a la carrera extenuante y otros ocho quedaron como controles sedentarios para los estudios de los parámetros bioquímicos, metabólicos y de estrés oxidativo debidos al ejercicio extremo. En la Figura 6 se representan los valores de tiempo, en segundos, que se mantuvieron los animales corriendo en la cinta sin fin. Los dos grupos de animales sometidos a entrenamiento mostraron una actividad similar aunque la media de los animales bajo RC fue levemente superior a los animales AL. No obstante, lo más significativo fue que los animales bajo RC y sedentarios mostraron una mayor resistencia

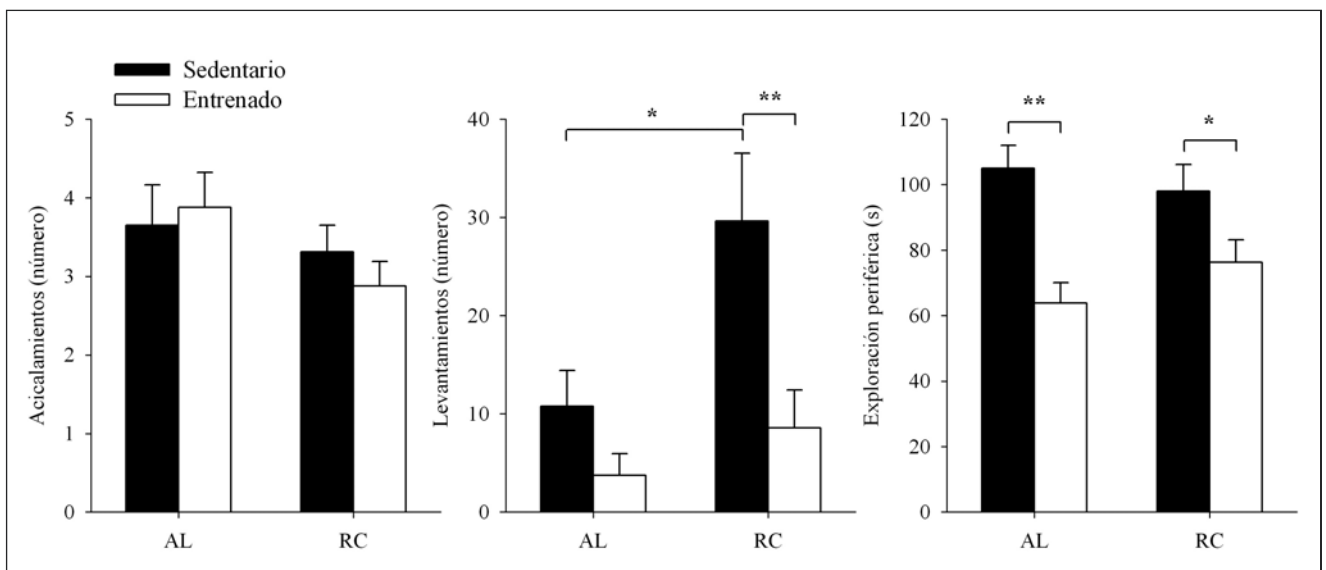


Figura 2. Actividad estereotipada de los animales tras seis meses en RC y cinco semanas de entrenamiento (barras blancas: entrenados, barras oscuras; no entrenados). * Diferencias significativas $p < 0,05$; ** diferencias significativas, $p > 0,01$. $n = 16$ para cada uno de los grupos muestrales

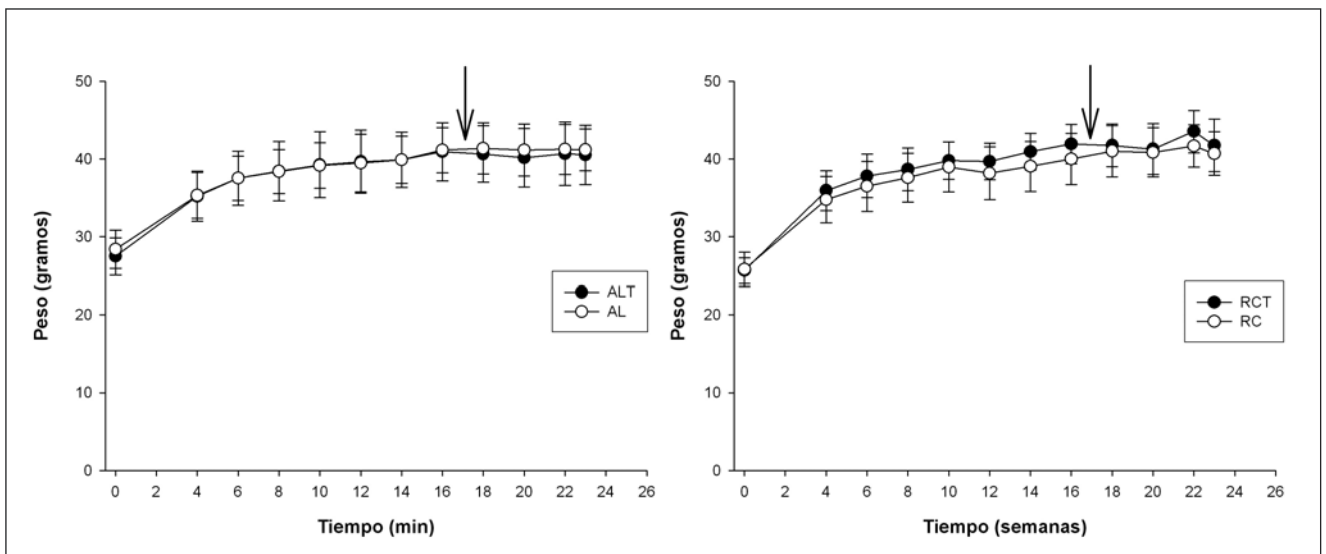


Figura 3. Análisis del peso a lo largo del experimento. Diferencias no significativas entre los grupos, $n = 16$ para cada uno de los grupos muestrales.

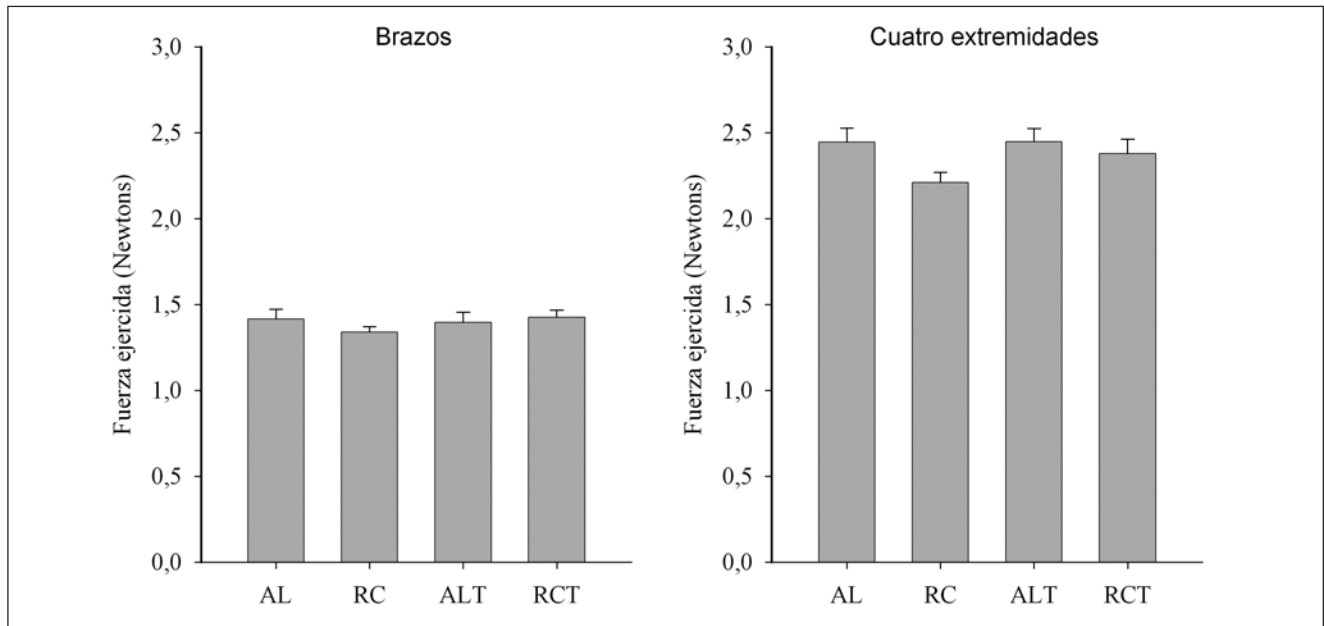


Figura 4. Análisis de la fuerza muscular determinada por tensiómetro. Diferencias no significativas entre los grupos, $n=16$ para cada uno de los grupos muestrales.

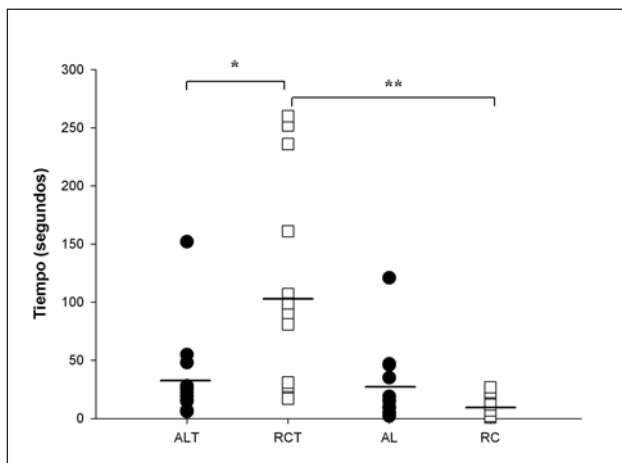


Figura 5. Determinación de la coordinación motora utilizando Rotarod. Tiempo de permanencia de los animales sobre el rotarod tras alcanzar la velocidad de 100 rpm. * Diferencias significativas $p<0,05$; ** diferencias significativas, $p>0,01$. $n=15$ para cada uno de los grupos muestrales.

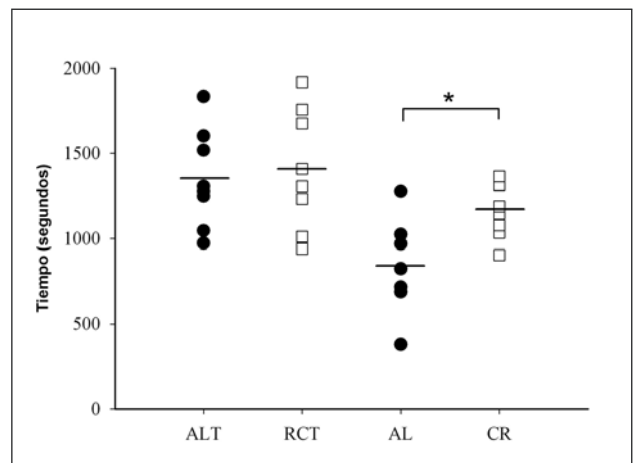


Figura 6. Carrera extenuante. Tiempo (s) sobre tapiz rodante hasta llegar a la extenuación. * $p>0,05$, ($n=8$).

que los animales AL. No obtuvimos diferencias significativas entre el grupo RC y los animales entrenados, aunque la media parece algo menor.

b) Variables indicadoras de cambios metabólicos.

A partir de las muestras de plasma sanguíneo obtuvimos diferentes datos respecto de las cantidades de metabolitos presentes en este plasma obtenido mediante exsanguinación por punción cardiaca justo tras la finalización de la carrera extenuante. Estos parámetros nos permitieron comprobar el grado de movilización de componentes metabólicos importantes para el funcionamiento del músculo y del organismo en general al comparar los resultados obtenidos en los animales que se sometieron a la carrera

extenuante con aquellos animales testigo que no corrieron (Tabla 1):

1. Glucosa: No observamos diferencias significativas entre los grupos testigo (sedentarios). Comprobamos que los animales que corrieron no mostraron diferencias significativas tras la carrera a diferencia del grupo RCT que mostró una subida significativa de incremento de glucosa tras la carrera $p=0.004$. Sólo en el caso del grupo ALT observamos un descenso de los niveles de glucosa en los animales que habían corrido respecto a los controles.
2. Triglicéridos: Encontramos diferencias significativas entre los animales que habían corrido y los sedentarios en

Parámetros	AL		RC		ALT		RCT	
	Sedentarios	Exhaustos	Sedentarios	Exhaustos	Sedentarios	Exhaustos	Sedentarios	Exhaustos
Glucosa (mg/dl)	139,20	145,23	144,11	155,60	130,36	117,33	134,61	215,10 *
Triglicéridos (mg/dl)	140,75	113,62 *	88,27	106,06	118,96	113,74	81,05	121,26 *
Colesterol (mg/dl)	81,51	99,37	78,90	84,15	108,81	121,10 *	97,72	94,33
Urea (mg/dl)	81,71	81,77	68,86	60,84	58,91	67,54	53,75	78,19
Acido úrico (mg/dl)	4,20	2,39	3,74	3,55	2,75	3,29	2,85	4,45
Lactato (mg/dl)	79,04	167,43	95,73	114,90	60,54	113,30	52,58	147,69
Albúmina (mg/dl)	36,62	51,00	42,95	37,95	36,74	42,13	33,52	48,77
Proteínas totales (g/dl)	4,65	4,49	4,82	4,64	4,30	4,75	4,49	4,65

Tabla I. Cantidades de metabolitos en plasma.

* Diferencias significativas vs. Respectivo grupo sedentario, $p < 0.05$.

el grupo RC y en el AL. No obstante, el efecto fue muy dispar entre ellos ya que en los animales bajo RC (RC y RCT) se observó un nivel basal de triglicéridos más bajo que los animales con alimentación ad libitum (AL y ALT) pero tras la carrera fueron capaces de incrementar estos niveles mientras que los animales ad libitum mostraron un descenso.

- Colesterol: En este caso encontramos un patrón muy diferente. Los animales entrenados, ALT y RCT presentaron niveles basales de colesterol superiores a los animales no entrenados (AL y RC). Sin embargo, tras la carrera sólo los animales sometidos a alimentación ad libitum (AL y ALT) fueron capaces de incrementar estos niveles, mientras que los bajo RC no mostraron ningún incremento.
- Urea y ácido úrico: No encontramos diferencias significativas entre los diferentes grupos, ni entre los animales sedentarios y su correspondiente grupo entrenado. Sin embargo en el caso del ácido úrico parece que los animales entrenados, que presentaban un nivel basal menor que sus correspondientes controles sedentarios, parecen incrementar estos niveles mientras que en los no entrenados este fenómeno no aparece.
- Lactato: Es evidente que tras el ejercicio los niveles de lactato se incrementan significativamente. No obstante, no obtuvimos ningún patrón definido de cambio entre los diferentes grupos.

- Albúmina y proteínas totales: No encontramos ninguna diferencia significativa entre grupos ni en cuanto a los niveles de la proteína mayoritaria en plasma, la albúmina, ni en cuanto a los niveles de proteínas totales en plasma.

A partir del análisis de plasma analizamos igualmente parámetros relacionados con el daño muscular y el estrés oxidativo (Tabla II). El daño muscular fue determinado mediante la presencia de actividad creatina quinasa (CK). Los valores basales de CK fueron similares en todos los grupos. No obstante, y como cabría esperar, los valores se incrementaron tras el ejercicio extremo al que se sometió a los animales. En este caso parece que los animales del grupo AL presentaron mayores incrementos siendo los animales AL sedentarios (AL) los que sufrieron un mayor daño muscular mientras que los entrenados (ALT) no presentaron un incremento significativo. Por otra parte, se comprobó que los animales del grupo de RC, tanto sedentarios como entrenados, mostraron incrementos poco significativos tras la carrera.

En cuanto al estrés oxidativo determinamos su nivel midiendo la capacidad antioxidante total (TAS) del plasma. Si el ejercicio está asociado a un fenómeno de estrés oxidativo, esta capacidad debe disminuir significativamente tras la carrera. En efecto, en nuestro caso pudimos observar como se producía una disminución de la TAS en todos los grupos de animales tras la carrera extenuante. No obstante, no obtuvimos diferencias significativas entre los diferentes grupos estudiados aunque el grupo que

Parámetros	AL		RC		ALT		RCT	
	Sedentarios	Exhaustos	Sedentarios	Exhaustos	Sedentarios	Exhaustos	Sedentarios	Exhaustos
Creatina quinasa (U/L)	237,45	463,04	242,85	328,42	352,94	366,92	220,58	286,79
TAS (mmol/L)	0,747	0,509	0,789	0,564	0,670	0,567	0,844	0,739

Tabla II. Estimación del daño muscular y la actividad antioxidante en plasma (TAS).

mantuvo niveles mayores de capacidad antioxidante tras el ejercicio fue el RCT y ambos grupos, el RC y el RCT mostraron niveles basales y tras el ejercicio mayores respecto al correspondiente grupo ad libitum (AL y ALT respectivamente).

DISCUSIÓN

El presente trabajo intenta integrar de una manera completa las diferentes modificaciones que la restricción calórica y el entrenamiento moderado producen sobre el comportamiento, la fisiología y la bioquímica de mamíferos utilizando como animal modelo el ratón. Así, nuestros resultados tratan de explicar de una manera integradora los conocidos beneficios que por separado han demostrado tanto la RC como el entrenamiento sobre la fisiología y el envejecimiento.

Hemos encontrado que tanto la RC como el entrenamiento afectan a la actividad normal de los animales sobretodo en cuanto a la actividad exploratoria, tanto horizontal como en vertical. No obstante, mientras que tanto la actividad horizontal como la vertical se ven disminuidas por el entrenamiento, la actividad vertical (levantamientos) es incrementada por la RC sin que se afecte la actividad horizontal en campo abierto en consonancia con anteriores datos⁹. Estos cambios pueden ser debidos a diferentes factores entre los que se encuentra un menor grado de actividad general o un diferente grado de ansiedad en los animales. De hecho, la ansiedad exploratoria se ha sugerido como un parámetro para determinar el estado de ansiedad. Por lo tanto, los animales entrenados presentarían una menor ansiedad exploratoria tanto horizontal como vertical. No obstante, ensayos de ansiedad realizados utilizando laberinto elevado en cruz no han mostrado diferencias entre los grupos de animales (datos no presentados). Por tanto, podemos decir que el mayor número de levantamientos observados en los animales bajo RC no se debe a un mayor grado de ansiedad.

Pese a que en muchos modelos de RC basados en la alimentación con un porcentaje de entre un 60 y un 70% de la media de calorías diaria del animal han mostrado claros efectos sobre el peso del animal a lo largo del periodo de alimentación¹¹, en nuestro caso, la alimentación cada dos días o en días alternos no produjo ningún efecto sobre el peso del animal y ambos grupos AL y RC mostraron el mismo patrón de engorde a lo largo del proyecto, por tanto no podemos asociar los cambios observados, ni en actividad ni en resistencia o fuerza a un mayor o menor peso de los animales.

No obstante, cabe reseñar que nuestras discrepancias con otros estudios pueden ser debidas a la diferente forma de pesar a los animales. Dado que los animales AL comían siempre mientras que los sometidos a RC sólo

lo hacían cada dos días, procedimos a pesarlos cada 15 días pero durante dos días seguidos. De esta manera, los animales bajo RC se pesaban un día habiendo comido el día anterior y el otro habiendo estado en ayunas. El peso era considerablemente diferente entre estos días, siendo del orden de 3-4 gramos inferior cuando los animales habían estado 24 h en ayunas. Por tanto, en nuestro sistema, consideramos que se deben contrastar los datos de pesos entre animales cuando las circunstancias anteriores han sido similares, es decir, cuando ambos grupos habían comido el día anterior.

Este efecto ha sido observado ya previamente en modelos que utilizan la IFD como modelo de RC. Los animales que comen cada dos días suelen alimentarse el día que comen con una cantidad de comida similar a la consumida durante los dos días, por lo que su ingesta calórica real a lo largo del experimento es similar a los animales AL^{9,10}. No obstante, este modelo se considera como de RC debido al estrés alimenticio que sufren los animales durante los días que no son alimentados, lo que ha sido denominado como hormesis¹². La hormesis se explica como el efecto beneficioso que producen dosis bajas de tóxicos ya que preparan a las células contra ataques más agudos provocados por dosis más altas del mismo tóxico o de otros agentes.

Respecto de la capacidad muscular del animal realizamos múltiples experimentos determinando la fuerza ejercida por el animal utilizando un tensiómetro donde no obtuvimos diferencias entre grupos, No obstante, cuando analizamos en pruebas de sobresalto el tiempo que el animal perdía el contacto con la superficie tras un estímulo sonoro de intensidades crecientes si observamos alguna diferencia entre grupos donde los animales sometidos a RC parecían mostrar una mayor potencia muscular ya que saltaban más que los animales AL.

Nuestros resultados dejan claro que ni la fuerza ni el peso están relacionados con la coordinación motora de los animales ya que su comportamiento en el Rotarod mostró que los animales bajo RC y entrenados (RCT) mostraron una mejor coordinación motora que los animales alimentados AL y también entrenados (ALT). Además, queda claro que el entrenamiento mejoró sustancialmente la coordinación motora en los animales bajo RC pero no en los alimentados ad libitum. Por lo tanto, parece que la RC y el entrenamiento muestran efectos aditivos sobre la mejora de la coordinación motora en nuestro modelo.

Por otro lado, en los ensayos de ejercicio isotónico en carrera observamos un claro efecto del entrenamiento tal y como cabría esperar. No obstante, la RC per se también produjo un efecto positivo en la resistencia de estos animales durante la carrera. Además, parece que la RC permite que los animales homogenicen su comportamiento encontrándose todos ellos por encima de la media obtenida por los animales AL.

Los resultados obtenidos en carrera pueden estar relacionados con la diferente capacidad de los animales para movilizar nutrientes. Se conoce que la RC afecta a la lipólisis y lipogénesis activa la gluconeogénesis. Este efecto puede afectar de manera positiva la actividad muscular ya que en ejercicios tales como la carrera se incrementa el consumo de oxígeno y el metabolismo de lípidos y glucosa. De esta manera, si los animales el RC son capaces de movilizar una mayor cantidad de triglicéridos e incluso glucosa procedente de los depósitos del hígado, la actividad muscular, en especial, la de las fibras musculares de tipo I (aeróbicas), puede verse mejorada. De hecho, es conocido que el entrenamiento mejora la capacidad aeróbica de las fibras de tipo I¹³. Por tanto, una mayor capacidad de movilizar los depósitos de glucosa y triglicéridos, junto con un mayor número de fibras tipo I y una mayor capacidad metabólica de estas inducido por la RC mejoraría la resistencia de estos animales en ejercicios isotónicos como la carrera aunque no afecten a ejercicios isométricos como la fuerza de atracción determinada por el tensiómetro.

Finalmente, nuestros datos sobre daño muscular y estrés oxidativo indican que ambos se producen tras el ejercicio extenuante al que se han sometido los animales. Aunque los resultados no muestran diferencias significativas podemos comprobar que en cuanto a daño muscular indicado por la creatina quinasa la variación que se producen entre los niveles obtenidos en ratones sedentarios y los que habían sido sometidos a la actividad extenuante es menor en los animales entrenados que en los que no lo habían sido mientras que los animales AL son los que muestran un mayor daño. Respecto de la actividad antioxidante ocurre de igual manera que los animales entrenados muestran un menor descenso de esta actividad, siendo la mitad del descenso que sufren los animales sedentarios. Estos resultados pueden tener que ver directamente con

las diferencias en cuanto a tejido muscular que producen tanto el entrenamiento como la RC. Como se ha indicado anteriormente, el entrenamiento incrementa el porcentaje de fibras musculares aeróbicas (tipo I y IIa)¹³ y la RC incrementa la eficiencia mitocondrial⁸. Además, las fibras tipo I sufren menos estrés oxidativo que las tipo II¹⁴. Por tanto, es comprensible que bajo una actividad isotónica extenuante los animales bajo entrenamiento y RC presenten una mayor resistencia, sufran menor daño muscular y disminuyan menos la capacidad antioxidante en plasma como marcador de estrés oxidativo.

El presente trabajo ha posibilitado establecer un modelo de investigación en animales que por primera vez nos ha permitido estudiar al unísono el efecto de la RC y el entrenamiento moderado. Supone el inicio de una investigación más exhaustiva que nos permitirá comprender las modificaciones bioquímicas, histológicas y funcionales que subyacen al efecto de la RC como regulación dietética y al del entrenamiento moderado como hábito saludable. Los ensayos citológicos, bioquímicos e histológicos que en la actualidad se están llevando a cabo nos permitirán obtener una mayor información que nos permita integrar todos los aspectos de nuestro estudio. Esperamos igualmente que estudios futuros nos muestren que en animales de mayor edad los beneficios observados con el entrenamiento y la RC se vean potenciados

RECONOCIMIENTOS.

Este trabajo ha sido financiado por la Consejería de Turismo, Comercio y Deportes de la Junta de Andalucía mediante una subvención para la realización de proyectos dentro del ámbito de la Medicina del Deporte en su convocatoria del año 2005.

BIBLIOGRAFÍA

1. Poehlman, E. T., A. Turturro, et al. (2001). "Caloric restriction mimetics: physical activity and body composition changes." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56 Spec No 1: 45-54.
2. Alessio, H. M., A. E. Hagerman, et al. (2005). «Exercise improves biomarkers of health and stress in animals fed ad libitum.» *Physiol Behav* 84(1): 65-72.
3. Mattson, M. P. and R. Wan (2005). "Beneficial effects of intermittent fasting and caloric restriction on the cardiovascular and cerebrovascular systems." *J Nutr Biochem* 16(3): 129-37.
4. Horska, A., L. J. Brant, et al. (1999). «Effect of long-term caloric restriction and exercise on muscle bioenergetics and force development in rats.» *Am J Physiol* 276(4 Pt 1): E766-73.
5. Sartorio, A., N. A. Maffiuletti, et al. (2004). «Body mass reduction markedly improves muscle performance and body composition in obese females aged 61-75 years: comparison between the effects exerted by energy-restricted diet plus moderate aerobic-strength training alone or associated with rGH or nandrolone undecanoate.» *Eur J Endocrinol* 150(4): 511-5.
6. Parise, G., A. N. Brose, et al. (2005). «Resistance exercise training decreases oxidative damage to DNA and increases cytochrome oxidase activity in older adults.» *Exp Gerontol* 40(3): 173-180.
7. Bevilacqua, L., J. J. Ramsey, et al. (2004). "Effects of short- and medium-term calorie restriction on muscle mitochondrial proton leak and reactive oxygen species production." *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 286(5): E852-61.
8. Lopez-Lluch, G., N. Hunt, et al. (2006). «Calorie restriction induces mitochondrial biogenesis and bioenergetic efficiency" *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103: 1798-1773.
9. De los Santos-Arteaga, M., S.A. Sierra-Domínguez, et al. (2003). "Analgesia induced by dietary restriction is mediated by the k-opioid system" *J. Neurosci.* 23(35): 11120-11126.
10. Lara-Padilla, E (2006). "Respuesta metabólica al estrés oxidante provocado por la natación de larga duración en ratones nadadores o en restricción calórica". Proyecto de Tesis Doctoral.
11. De Cabo, R., R. Cabello, et al. (2004). "Calorie restriction attenuates age-related alterations in the plasma membrane antioxidant system in rat liver." *Exp Gerontol* 39(3): 297-304.
12. Stebbing, A.R. (1982). "Hormesis – the stimulation of growth by low levels of inhibitors" *Sci Total Environ* 22:213-234.
13. Kirkendall, D.T., W.E. Garret (Jr). (1998). "The effects of aging and training on skeletal muscle" *Am. J. Sport. Med.* 26: 598-602.
14. Oh-Ishi, S., T. Kizaki, et al. (1995) "Alterations of superoxide dismutase iso-enzyme activity, content, and mRNA expression with aging in rat skeletal muscle". *Mech Ageing Dev.* 84(1):65-76.

Artículo de revisión

Caos determinista y fisiología humana

Blanca de la Cruz Torres

Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla.

Covadonga López López

Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla.

Belén Naranjo Río-Miranda

Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla

José Naranjo Orellana

Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Sevilla.

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

En 1686, Isaac Newton desarrolló su obra *Principia Mathematica* en la cual establecía las leyes básicas del movimiento incluyendo la ley de la gravitación universal. Esta obra de Newton marcó el inicio de uno de los movimientos filosófico-científicos más extendidos de los últimos siglos: el Determinismo Mecanicista, para el cual es posible conocer el estado de un sistema en cualquier momento y su comportamiento futuro (incluso en tiempos muy lejanos al instante inicial) tan sólo conociendo las leyes que lo gobiernan.

El conocimiento de la evolución final de los fenómenos es lo que llamamos predicción. Predecir se ha convertido en un objetivo central de la ciencia¹, llegando a ser una idea tan potente, que el matemático francés Pierre Simón de Laplace afirmaba que una mente que pudiera conocer en un instante dado todas las variables del Universo, conocería unívocamente el pasado y el presente del mismo. Para los deterministas, el azar y la aleatoriedad son producto de la ignorancia del observador, ignorancia que puede ser superada con sólo perfeccionar los instrumentos de recolección de datos².

El problema está por una parte en que la situación inicial del universo solo podemos conocerla con cierta aproximación, lo que acarrearía inevitablemente errores al predecir circunstancias futuras, y por otra en que, como

demostró la mecánica cuántica, no es posible conocer simultáneamente todas las variables de un sistema; así, el principio de incertidumbre de Heisenberg establece que no es posible determinar simultáneamente y con precisión la posición y el momento lineal de una partícula (ni, por tanto, su velocidad).

En 1908, el matemático francés Henri Poincaré inició, con sus estudios sobre la estabilidad del sistema solar, los trabajos pioneros de lo que posteriormente se ha ido configurando como la teoría del caos. Para Poincaré los sistemas vienen determinados por una serie de condiciones iniciales que nunca podríamos conocer con precisión absoluta, lo que haría que al ir el sistema evolucionando y por tanto alejándose de estas condiciones, este se haría impredecible. En el caso del estudio del sistema solar, comprobó que las leyes de Kepler se cumplían pero que no eran rigurosamente válidas si no se tenían en cuenta las interacciones entre los planetas y el hecho de que estas interacciones producen perturbaciones infinitesimales en el movimiento de los mismos, aparentemente inofensivas pero con consecuencias imprevisibles a largo plazo en dicho movimiento. Las ideas de Poincaré quedaron olvidadas y fué en la década de los sesenta en la que gracias al desarrollo de los ordenadores de alta velocidad y la aparición de importantes resultados matemáticos (como el teorema de Kolmogorov, Arnold y Moser para sistemas Hamiltonianos) se pudo ahondar en estas ideas revolucionarias.

El meteorólogo y matemático Edward Lorenz fue quien retomó estas ideas, con sus estudios acerca de la imposibilidad de pronosticar fenómenos climáticos más allá de un cierto número de días. Lorenz elaboró un modelo matemático para predecir fenómenos atmosféricos, y por casualidad descubrió que la misma herramienta matemática que utilizaba estaba fallando: pequeños cambios en las condiciones iniciales producían diferencias inesperadas en el resultado, con lo que las predicciones meteorológicas a medio o largo plazo resultaban imposibles. Pronunció una conferencia en 1979 en la 139ª reunión de la Sociedad Americana para el Avance de la Ciencia a la que tituló "Efecto mariposa", en la que quería enfatizar, con una imagen chocante, la dependencia extrema de las condiciones iniciales. El efecto mariposa es un ejemplo hipotético mediante el que Lorenz trató de explicar esta idea sugiriendo la comparación de la magnitud del error matemático derivado de una pequeña variación en la condición inicial con que imaginásemos a un meteorólogo que hubiera realizado una predicción muy exacta del comportamiento de la atmósfera, mediante cálculos muy precisos y datos muy exactos, y que se encontrara ante una predicción totalmente errónea por no haber tenido en cuenta el aleteo de una mariposa en el otro lado del planeta. Se denomina, por tanto, efecto mariposa a la amplificación de errores que pueden aparecer en el comportamiento de un sistema complejo ante mínimas variaciones de la condición inicial y esto es una de las características del comportamiento de un sistema caótico, en el que las variables van cambiando de forma compleja y hacen imposible hacer predicciones más allá de un determinado punto al que llamamos horizonte de predicciones.

La obra de Lorenz estimuló nuevas investigaciones sobre la cuestión, y dio lugar finalmente a la creación de un nuevo campo matemático: la teoría del caos, que encuentra su principal representante en la figura del belga Ilya Prigogine, Premio Nobel de Química del año 1977 por sus trabajos sobre la termodinámica de los sistemas alejados del equilibrio.

CAOS DETERMINISTA

"Caos determinista" es el nombre por el que se conocen los teoremas y las leyes que rigen los modelos caóticos o modelos dinámicos no lineales. Son dos palabras aparentemente contradictorias si atendemos a sus significados literales: "caos" implica desorden, confusión, desorganización, mientras que "determinista" hace referencia a fenómenos regidos por leyes matemáticas cuya evolución está completamente determinada por las condiciones iniciales. La explicación de esta extraña combinación es que, en este contexto, caos no adquiere su significado literal, sino que se refiere a un caos no azaroso, es decir, un caos regido por leyes que regulan las variables del sistema, teoremas demostrados por deducción lógica clásica y con precisión

científica. Pero lo llamamos caos porque son modelos muy sensibles a las condiciones iniciales y es a esta sensibilidad a la que apela el término caos o caótico. Es determinista porque una misma causa origina el mismo efecto, estando esta relación causa-efecto regida por leyes muy complejas que no podemos entender pero sabemos que existen.

En un sistema no caótico cada estado inicial da origen a un recorrido único y bien distinguible de los demás, irreproducible con otro dato inicial por muy parecido que sea al primero. En un sistema caótico no es que haya muchas variables iniciales si no que los parámetros del sistema son muy sensibles a ellas. (Determinista: la misma causa produce el mismo efecto. Caos determinista: causas parecidas producen a largo plazo efectos muy distintos). Los modelos caóticos son sistemas impredecibles a largo plazo por la incapacidad para determinar con exactitud la condición inicial.

La dependencia de las condiciones iniciales se puede comprender fácilmente si utilizamos una función iterativa en la que cada resultado obtenido se utiliza como nuevo valor de la variable (figura 1). Por ejemplo, si se itera la función $y = 2x^2 - 1$ empezando una vez la iteración por $x = 0,54321$ y otra vez empezándola por $x = 0,54322$, se observa como las trayectorias de ambas series que se parecen, dan unas gráficas completamente impredecibles; podemos comprobar cómo un error del orden de la cienmilésima da lugar a dos recorridos totalmente distintos a partir de la 13ª iteración.

Se denomina horizonte temporal o de predicción al máximo lapso de tiempo con cuya antelación se puede predecir el comportamiento del sistema sin exceder un error máximo admisible prefijado.

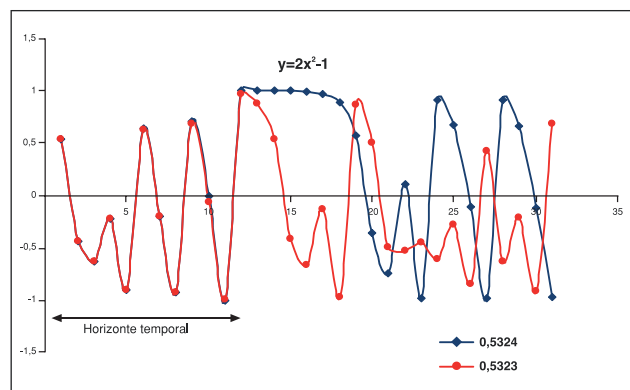


Figura 1: Representación gráfica de la función iterativa $y = 2x^2 - 1$ para los valores iniciales $x = 0,5324$ (línea azul) y $x = 0,5323$ (línea roja).

FRACTALES Y ATRACTORES

La geometría fractal fue concebida por Poincaré hacia 1890, aunque no será hasta la década de los 70, con los avances informáticos y digitales, cuando se desarrolle

gracias principalmente a los estudios de Mandelbrot, al que se considera el padre de la geometría fractal.³

Un fractal es aquel *objeto geométrico cuya estructura básica se repite a diferentes escalas*, es decir, son sistemas que observados a distintas escalas espaciales y temporales presentan la misma estructura. Esta propiedad se denomina sibilimejanza y consiste en que los detalles que van apareciendo dentro de la figura se asemejan a la figura que los contiene pero no son iguales; cada parte de la figura parece una réplica del todo. Otra propiedad es que tienen una dimensión fraccionaria (los fractales no tienen una dimensión entera) que es muy difícil de calcular.

Un ejemplo típico de geometría fractal es el mapa de la costa o la estructura de un cristal de hielo. Lo interesante es que cada vez que un proceso caótico ha dado forma a un ambiente (sea la costa, la atmósfera o una falla geológica) es verosímil que haya dejado en pos de sí estructuras fractales (el contorno del litoral, las nubes o las formaciones rocosas).

En los seres vivos hay numerosas representaciones fractales⁴, como el árbol bronquial⁵, la red de neuronas⁶, la red vascular⁷, el sistema renal⁸, el sistema endocrino⁹, la secuencia del ADN¹⁰ o el corazón^{11,12}. La importancia de la geometría fractal en el organismo es que permite optimizar la función de los sistemas dotándolos de una gran superficie sin ser órganos demasiado voluminosos.

Un atractor es una figura geométrica a la que podemos aproximar la representación de un espacio de fases, entendiendo como tal aquel espacio matemático en el que están representadas las variables que describen el sistema dinámico y que por tanto, nos permite analizarlo, pues cada punto de ese espacio corresponde a un

posible estado del sistema y las trayectorias dibujadas en él reflejan su evolución en el tiempo. En sistemas no caóticos suele ser un punto, una circunferencia, una elipse..., mientras que en sistemas caóticos es una figura extraña, no simétrica ni periódica y sin geometría definida, a la que se conoce como atractor extraño. Estos atractores informan sobre el carácter caótico y la evolución del suceso.

El ejemplo clásico de atractor de un sistema no caótico es un péndulo, cuya oscilación describe una figura geométricamente perfecta (Figura 2).

Un ejemplo de atractor extraño es el descubierto por Lorenz en sus estudios del efecto mariposa. Se trata de una figura tridimensional, aunque aquí se muestra su representación plana, y que tiene una morfología caprichosa. De hecho, en el arte moderno ha surgido toda una rama basada en la representación pictórica de atractores extraños.

CAOS EN LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

El análisis del comportamiento teórico de los sistemas caóticos, puede aportar conceptos nuevos y más potentes para analizar el comportamiento real de sistemas complejos como los biológicos.

Los seres vivos poseen biorritmos que en estado de buena salud fluctúan de forma aparentemente aleatoria y el cese de estas fluctuaciones es síntoma de mal funcionamiento. Se han llevado a cabo estudios acerca de estas fluctuaciones que han demostrado que no se trata de un ruido aleatorio sino de caos determinista. Así, se han estudiado las ondas electroencefalográficas, ondas electrocardiográficas, las fluctuaciones del sistema inmunológico

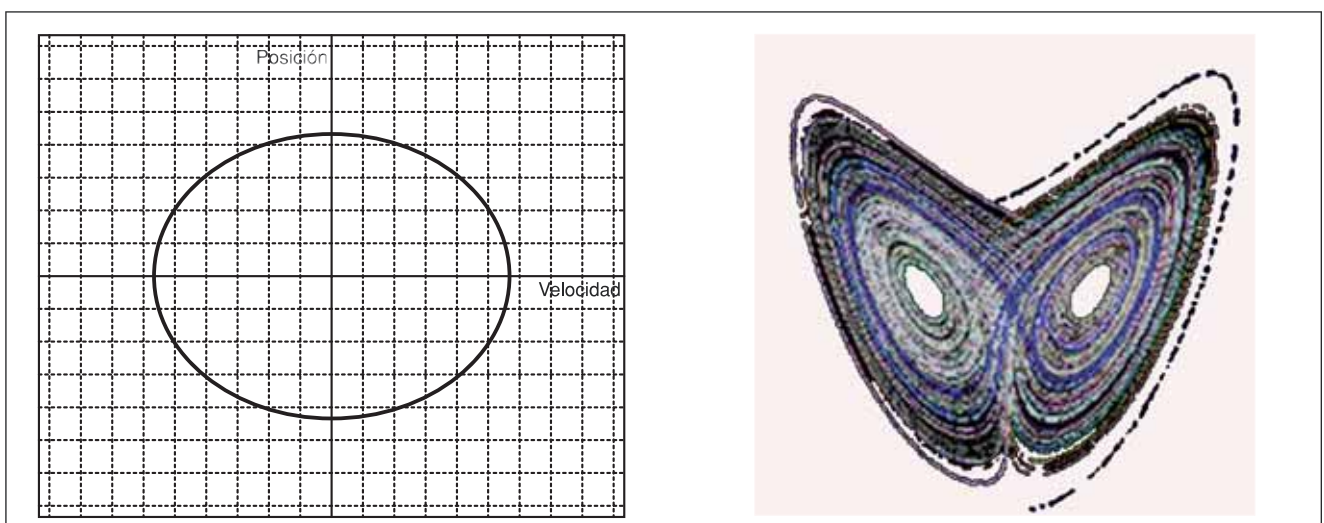


Figura 2: atractor circular del movimiento de un péndulo (izquierda) y atractor extraño (derecha).

y otros muchos biorritmos presentes en la fisiología humana y animal^{13,14,15,16}.

Teniendo en cuenta que la no linealidad es la característica de la mayor parte de los procesos e interacciones que se producen en los sistemas biológicos, ¿cómo es posible que estos sistemas se mantengan con un alto grado de organización sin “desmoronarse”, sin entrar en crisis?

Una posible teoría que explica por qué los organismos mantienen un alto grado de organización, incluso teniendo en cuenta que están expuestos a condiciones externas muy diferentes (clima, alimento, esfuerzo físico...), es porque siguen un modelo caótico y estos modelos son muy flexibles, de modo que es esta flexibilidad la que confiere una gran resistencia al organismo haciéndole mantener un aspecto general constante pese a los cambios a los que está sometido y a las miles de interacciones que en él se producen.

Si a un sistema que se comporta linealmente se le introduce una pequeña perturbación, entonces se comportará de manera cercana a como lo haría si no se le hubiera perturbado. Sin embargo, si se da la misma perturbación a un sistema no lineal, éste tiende a volver a su condición inicial, ya que en un sistema no lineal, los valores finales que adquiere la variable no dependen de sus valores iniciales. Así, el sistema siempre es atraído hacia un determinado modelo de conducta.

CAOS VS. HOMEOSTASIS

La homeostasis es el modelo considerado tradicionalmente como respuesta del organismo a los agentes externos. Consiste en la propiedad de los seres vivos por la cual se producen cambios en los procesos fisiológicos tendentes a mantener constante el medio interno ante cualquier perturbación externa.

Las primeras hipótesis de esta teoría fueron propuestas por Claude Bernard a finales del siglo XIX quien observó que había ciertos parámetros fisiológicos como la temperatura, la presión arterial y la frecuencia cardíaca que tomaban valores constantes en nuestro organismo. A finales del siglo XIX y principios del XX, el fisiólogo americano Walter B. Cannon, fue quien continuó con las ideas propuestas por Bernard y denominó homeostasis¹⁷ (“condición similar”) a esta teoría, ampliándola al mantenimiento de la organización y el funcionamiento del medio intracelular (medio interno) y no solo a los fluidos externos.

Cannon propuso una serie de ideas que desde entonces han constituido un sistema explicativo válido para comprender el funcionamiento de los organismos vivos. Estas ideas incluyen el importante papel que tanto el sistema nervioso como el endocrino juegan en el mantenimiento

de los mecanismos de regulación; el concepto de controles antagónicos (“cuando se conoce que un factor puede cambiar un estado homeostático en una dirección, es razonable buscar un factor o factores que tengan efectos opuestos”) o la consideración de la homeostasis como un proceso continuo que implica el registro y regulación de múltiples parámetros y cuya efectividad varía a lo largo de la vida de los individuos.

Por otra parte, la enfermedad pasa a ser considerada como un fracaso de los mecanismos homeostáticos: en situaciones en las que el cuerpo no puede mantener los parámetros dentro de su rango de normalidad, surge un estado de enfermedad o una condición patológica.

Ahora bien, si consideramos el organismo como un sistema no caótico que sigue un modelo homeostático, nos encontramos ante un modelo en el que si todos y cada uno de sus estados están perfectamente definidos, cada uno de ellos sería predecible. Nuestras propias vivencias nos demuestran que esto no es así. El sistema se regiría por un atractor definido (como el del péndulo) en el que no cabría la existencia de puntos fuera de la trayectoria establecida porque no podrían ser “rescatados” por el sistema.

Un organismo vivo necesita un alto grado de flexibilidad en su definición matemática para poderse adaptar a las situaciones extraordinarias y los modelos caóticos, al estar definidos por atractores extraños en continua formación (no se sabe hacia donde evolucionará la figura en el estado siguiente), presentan una gran flexibilidad necesaria para la supervivencia del organismo en su constante exposición a situaciones de estrés (pueden “atrapar” con facilidad los puntos que se escapan).

No obstante, los sistemas caóticos en determinados momentos pueden reorganizarse dando lugar a periodos “ordenados”, es decir, homeostáticos.

Analicemos como ejemplo el comportamiento del latido cardíaco.

Según el principio de homeostasis se han interpretado las fluctuaciones del ritmo cardíaco como respuestas transitorias en un intento de adaptación de este órgano a las cambiantes situaciones por las que atraviesa el individuo en su actividad diaria. Así, se pensó que el ritmo cardíaco tendería a estabilizarse en una pauta constante cuando en el individuo en reposo cese todo tipo de perturbación circunstancial, manteniendo así una constancia de las funciones internas.

Esta afirmación queda en entredicho por diferentes experimentos^{4,11,12,18} de los que se deduce que en ausencia total de estímulos perturbadores el corazón es intrínsecamente caótico, su ritmo es siempre irregular y posee un atractor extraño cuyo análisis matemático permite realizar pronósticos que quedan totalmente fuera del alcance de pruebas clásicas como el ECG (electrocardiograma).

Al comienzo de la aplicación de la teoría del caos a los procesos fisiológicos se asumía que las series caóticas se corresponderían con procesos patológicos. Así, en el campo de la fisiología cardíaca estos nuevos modelos no lineales se consideraron apropiados para entender las arritmias. Sin embargo, contrariamente a estas suposiciones iniciales la evidencia pronto indicó que la dinámica de las arritmias no es caótica, mientras que el ritmo cardíaco de un sujeto sano estudiado latido a latido sí se ajusta a una dinámica caótica con una naturaleza fractal. Si analizamos el comportamiento de la frecuencia cardíaca en un

periodo de tiempo suficientemente amplio encontramos un determinado patrón de comportamiento que irá variando en la medida en que vayamos reduciendo la escala temporal, como corresponde a un fractal.

Los trabajos de Goldberger en 1990 mostraron una situación sorprendente al comparar el comportamiento de la frecuencia cardíaca en sujetos normales y en enfermos cardíacos. La figura 3 muestra cómo el análisis de las frecuencias cardíacas frente al tiempo y el estudio de la amplitud frente a la frecuencia tienen un comportamiento

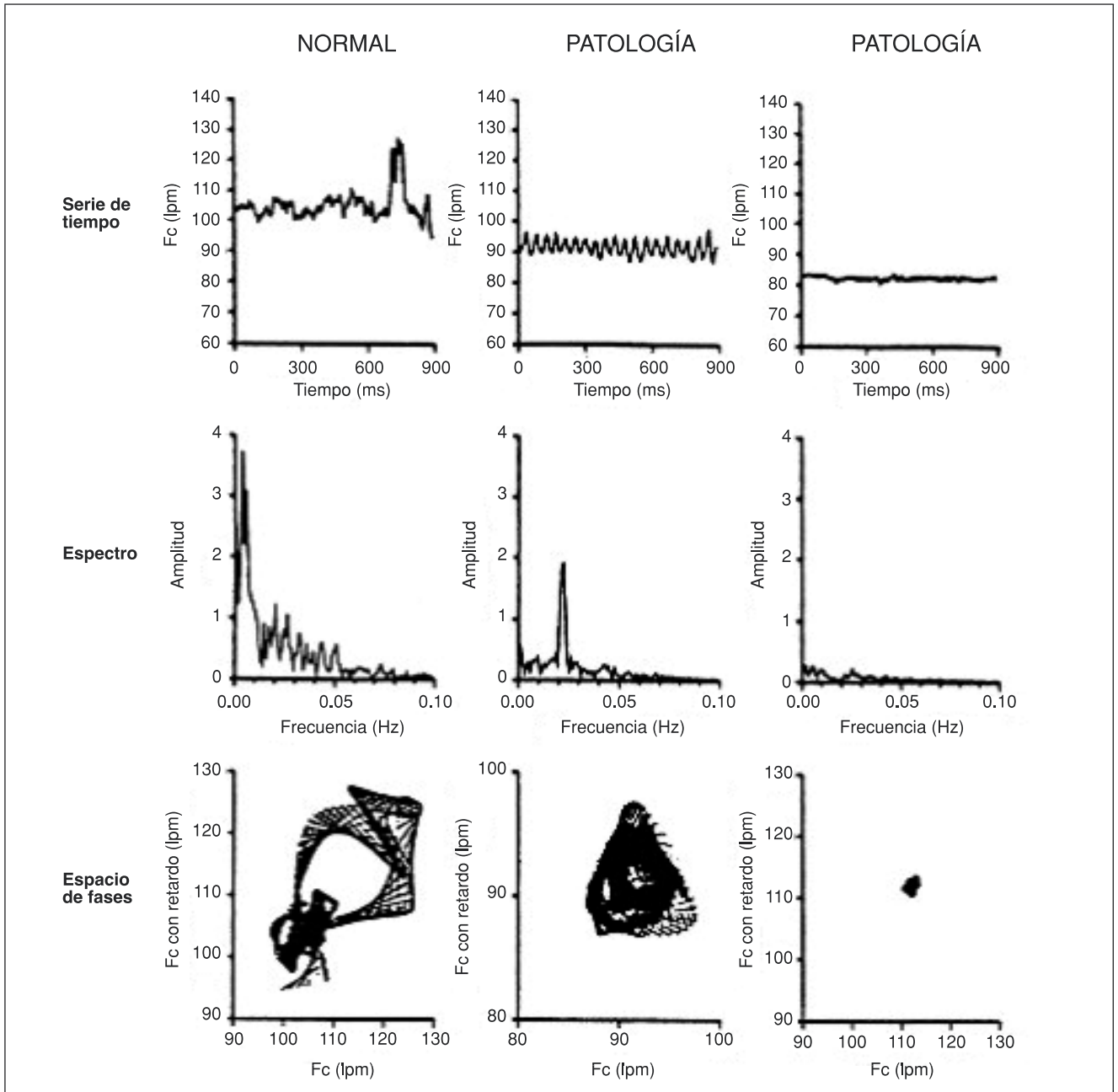


Figura 3: Ritmo Cardíaco, ofrecido en representaciones gráficas de series latido a latido (arriba), espectros obtenidos por análisis espectral (centro) y su trayectoria espacial (abajo). Trece horas antes de un paro cardíaco, el ritmo era casi constante (derecha), como indica el espectro plano y la trayectoria sugiere un atractor puntual. Un ritmo cardíaco estudiado tres meses antes de un episodio de infarto de miocardio (centro) muestra variación periódica y la trayectoria se concentra en una zona definida. Un ritmo cardíaco sano (izquierda) ofrece un aspecto errático, posee un amplio espectro y una trayectoria que representa un atractor extraño¹¹.

que tiende a hacerse regular en presencia de patologías y a ser constante al aproximarse a la muerte. Si observamos el análisis del espacio de fases vemos como en los sujetos sanos aparece un atractor extraño que se hace periódico en los sujetos enfermos y tiende a ser un punto en las proximidades de la muerte.

Estos hallazgos tienen una gran aplicación en el campo de la Cardiología, sirviendo entre otras cosas para detectar el riesgo de muerte súbita o predecir la “deriva” del sistema hacia la enfermedad.

A la vista de estos descubrimientos y del camino tomado por las líneas actuales de investigación, parece ser que, al menos en determinados procesos fisiológicos, el modelo homeostático no ofrece un conocimiento adecuado ni una explicación satisfactoria a ciertas situaciones.

Una pregunta interesante es a qué obedece este comportamiento caótico de la frecuencia cardiaca en un sujeto sano. Para Goldberger la respuesta radica en dos aspectos; por una parte en el caos del sistema nervioso, ya que la variabilidad de la frecuencia cardiaca está directamente modulada por impulsos del sistema nervioso autónomo; por otra parte en el hecho de que el sistema de activación eléctrica del corazón (red de Purkinje) tiene una clara geometría fractal.

Otra pregunta a resolver sería: ¿cuál es la ventaja de una dinámica caótica? La respuesta sería que los sistemas caóticos son variables por naturaleza y esta variabilidad es un importante mecanismo de adaptabilidad y flexibilidad, de tal manera que esta plasticidad resulta esencial para responder a las exigencias de un ambiente cambiante e impredecible.

Aparte de la señal cardiaca, son muchos otros los campos de aplicación de la teoría del caos a la Medicina y la Biología. El análisis de la dinámica no lineal ha sido utilizado para investigar las alteraciones del sistema nervioso autónomo en mecanismos de enfermedades no cardíacas, sobre todo en aquellas enfermedades en las que se cree que los factores simpáticovagales tienen un papel importante, como puede ser en diabéticos con neuropatía autónoma cardiovascular^{19,20}, la esclerosis lateral amiotrófica²¹, la enfermedad de Parkinson²², la enfermedad de Huntington²³ o tetraplejía y paraplejía²⁴,...

La aplicación de modelos caóticos en el campo de las neurociencias ha combinado desde hace años el análisis de datos experimentales con simulaciones en modelos neuronales. Por problemas técnicos y metodológicos, las simulaciones en modelos se han impuesto sobre los estudios experimentales en lo que se refiere a las propiedades no lineales de vías corticales y funciones cerebrales superiores.

Aunque hasta hace unos años experimentalmente sólo se han encontrado pruebas convincentes de caos (en senti-

do matemático estricto) a nivel del axón, diversos trabajos apuntaban ya resultados compatibles con la idea de que las señales cerebrales en su conjunto están organizadas de acuerdo con patrones caóticos.

Sin embargo, los trabajos de Korn y Faure en 2003¹⁶ aportan los datos necesarios para sostener la existencia de caos en todas las formas de organización del sistema nervioso, desde las más simples hasta las más complejas.

Realizan experimentos y aplican modelos matemáticos en el axón gigante del calamar, en células marcapasos, en neuronas aisladas o pareadas de invertebrados y vertebrados. Sus conclusiones apuntan a que la transmisión sináptica sigue un comportamiento caótico (en sentido estricto) que podría formar parte del código neuronal.

Numerosos trabajos experimentales se han centrado en el estudio de la señal electro-encéfalo-gráfica (EEG)¹⁵ y en su comportamiento caótico con patrones diferentes en sujetos sanos o en determinadas patologías, entre las que la más estudiada ha sido la epilepsia. El análisis dinámico no lineal de estas señales pone de manifiesto la existencia de un patrón diferente en cada situación con variaciones de la complejidad y la sincronización de la señal, así como del atractor que genera, lo que en algunos casos (como el de la epilepsia) hace incluso predecible la aparición de las crisis.

Estos hallazgos se han ido extendiendo a diferentes aplicaciones en el campo de las neurociencias, alcanzando incluso a la psiquiatría. Los trabajos de Pezard y Nandrino (2001)²⁵ proponen que las propiedades de los modelos dinámicos pueden utilizarse para explicar la forma en que las imágenes simbólicas están condicionadas por la dinámica neuronal.

Así mismo, se han descubierto indicaciones de caos en componentes del sistema nervioso que son responsables de la secreción hormonal. Se han analizado cambios temporales de los niveles hormonales en individuos sanos, hallando fluctuaciones aparentemente caóticas. Posiblemente, la presencia de caos en la secreción hormonal pueda explicar el comportamiento caótico de otras partes del organismo como es el ritmo cardíaco por ejemplo, o el desarrollo de reacciones químicas en las que intervienen enzimas.

En palabras de A. Goldberger: *“La fisiología puede ser uno de los más ricos laboratorios para el estudio de los fractales y el caos, amén de otros tipos de dinámicas no lineales. Los fisiólogos tienen necesidad de lograr una comprensión más completa de la forma en que los procesos de desarrollo conducen a la construcción de arquitecturas fractales y de por qué los procesos dinámicos del organismo generan un aparente caos. En años no muy lejanos, los estudios de los fractales y el caos en fisiología pueden proporcionar medios más sensibles de caracterizar la disfunción producida por el envejecimiento, la enfermedad y la toxicidad de las drogas.”*

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Crutch-field JP, Farmer JD, Packard NH y Shaw RS. *Caos. Investigación y ciencia*. 1987; 16-29.92
- 2 Persson PB y Wagner CD. General principles of chaotic dynamics. *Rev Cardiovasc*. 1996; 31: 332-341. 142
- 3 Mandelbrot BB. *The fractal geometry of nature*. W.H Freeman Publishers. 1983; 14-58: 246-256.
- 4 Goldberger AL, Amaral LAN, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Peng CK, Stanley HE. Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. *PNAS* 2002; 99:2466-72
- 5 Weibel E.R. Fractal geometry: a design principle for living organisms. *Am J Physiol*. 1991; 261: 361-369. 29
- 6 Babloyantz A y Destexhe A. Low-dimensional chaos in an instance of epilepsy. *Pro Natl Acad Sci USA*. 1986; 83: 3513-3517.113
- 7 Zamir M. On fractal properties of arterial trees. *J Theor Biol*. 1999. 21;197(4):517-526.114
- 8 Yip KP and Holstein-Rathlou NH. Chaos and non-linear phenomena in renal vascular control. *Cardiovas Res*. 1996; 31:359-3701115
- 9 Rossler OE, Gotz A. Chaos in endocrinology. *Biophys J*. 1979. 25: 216A.116
- 10 Havlin S, Buldyrev SV, Goldberger AL, Mantenga RN, Os-sadnik SM, Peng CK et al. Fractals in biology and medicine. *Chaos Solitons Fractals*. 1995; 6:171-201.117
- 11 Goldberger AL. Is the normal heartbeat chaotic or homeostatic? *NIPS* 1991; 6:87-91
- 12 Faust O, Acharya R, Krishnan SM y Min LC. Análisis of cardiac signals using spatial filling index and time-frequency domain. *BioMed Engineering OnLine* 2004; 3:30-40
- 13 Buldyrev SV, Goldberger AL, Havlin S, Peng CK, Stanley HE, Stanley MHR y Simons M. Fractal landscapes and molecular evolution: modelling the myosin heavy chain gene family. *Biophysical Journal* 1993; 65:2673-79
- 14 Varela M, Jiménez L y Fariña R. Complexity analysis of the temperature curve: new information from body temperature. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:230-37
- 15 C.J. Stam. Nonlinear dynamical analysis of EEG and MEG: Review of an emerging field. *Clinical Neurophysiology* 2005; 116: 2266-2301
- 16 Korn H, Faure P. Is there chaos in the brain? II. Experimental evidence and related models. *C R Biol* 2003 Sep; 326(9):787-840
- 17 Cannon WB. Organization for physiological homeostasis. *Physiological Rev*. 1929; 3:399-431.
- 18 Goldberger AL. Non-linear dynamics for clinicians: Chaos theory, fractals and complexity at the bedside. *The Lancet* 1996;347,9011:1312-14
- 19 Romero Mestre JC. Recientes avances en la neuropatía autonómica cardiovascular de la diabetes mellitas. *Rev Cubana End*. 1998; 9(2):149-163.102.
- 20 Romero Mestre JC, Pereira Despaigne OL, Licea Puig ME, Faget Cepero O, Perich Amador P, Márquez-Guillén A. Variabilidad de la frecuencia cardíaca en reposo para detectar neuropatía autonómica cardiovascular en diabéticos tipo I. *Rev Cubana End*. 1999;10(1):25-37.103
- 21 Hausdorff JM, Lertratanakul A, Cudkowicz ME, Peterson AL, Kaliton D, Goldberger AL. Dynamic markers of altered gait rhythm in amyotrophic lateral sclerosis. *J Appl Physiol*. 2000; 88: 2045-2053.104
- 22 Gurevich TYu, Groozman GB, Giladi N, Drory VE, Hausdorff JM, Korczyn AD. R-R interval variation in parkinson's disease and multiple system atrophy. *Acta Neurol Scand*. 2004; 109: 276-279.105
- 23 Hausdorff JM, Mitchell SL, Firtion R, Peng CK, Cudkowicz ME, Wei JY, Goldberger AL. Altered fractal dynamics of gait: reduced stride-interval correlations with aging and huntington's disease. *J Appl Physiol*. 1997; 82(1): 262-269.106
- 24 Inoue K, Otaga H, Hayano J, Miyake S, Kamada T, Kuno M et al. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. *J Autonom Nerv Syst*.1995; 54:225-234.107
- 25 Pezard L, Nandrino JL. Dynamic paradigm in psychopathology: "chaos theory", from physics to psychiatry. *Encephale* 2001;27(3):260-8

Página abierta

Amelia Molina Melero
Documentalista

Unidad de Información y Documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte

INTRODUCCIÓN

El origen de la *Unidad de Información y Documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte* está en Centro de Documentación de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte. Este Centro nacido en el año 1998 y adscrito al Servicio de Información, Documentación, Estudios y Publicaciones de la Secretaría General Técnica, tiene como principal fin analizar, recopilar, difundir y potenciar la información relativas a las tres áreas de la Consejería: turismo, comercio y deporte.

La importancia que, dentro del área de deporte, tiene en nuestros días la medicina del deporte, planteó la necesidad de la creación de una sección especializada en información y documentación en esta materia en el Centro de Documentación de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte.

En este contexto es en el que nace la *Unidad de Información y Documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte* y con el objetivo principal de acceder de la manera más ágil y eficaz, por medio de técnicas de recuperación documentales, a los diversos recursos de información disponibles en la actualidad.

Ante la demanda de este servicio de información y teniendo en cuenta que los principales usuarios del mismo se encuentran en el Centro Andaluz de Medicina del Deporte se decidió a mediados del año 2005 trasladar la Sección especializada desde Torretriana a los Servicios Centrales del CAMD de Sevilla. La sección se convierte así en la Unidad de Información y Documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

USUARIOS

El número de usuarios potenciales de la Unidad de Información y Documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte es muy elevado, entre:

- personal médico del CAMD de los servicios centrales y de las ocho provincias en las que se encuentra presente,
- usuarios de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte,
- personal médico ajeno al CAMD,
- profesionales relacionados con el entrenamiento deportivo,
- alumnos de primer y segundo ciclo de la licenciatura en Educación Física y Deportes,
- profesores de la licenciatura en Educación Física y Deportes.

Debido a la inexistencia de centros especializados y dedicados en exclusiva a la información y documentación en Medicina del Deporte existe una hacia nosotros una gran demanda de información y por lo tanto, estos usuarios potenciales se convierten de forma habitual en reales.

OBJETIVOS

La Unidad de Información y Documentación en Medicina del Deporte tiene como objetivos generales la adquisición, selección, tratamiento y posterior recuperación, para su difusión, de toda aquella información de calidad relativa

a la Medicina del Deporte. Dicha información la podemos encontrar en los más diversos soportes y con ella pretendemos ayudar a los profesionales de la medicina del deporte, en el desarrollo de los trabajos profesionales. Atendemos a usuarios internos, externos y en concreto, al Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD).

De un modo más concreto los objetivos de esta Unidad son:

- a) Proporcionar información de manera rápida y **eficaz**.
- b) **Ahorrar** tiempo de investigación a nuestros usuarios.
- c) **Analizar** nuestros documentos de la manera más exhaustiva posible.
- d) **Conocer** las necesidades de cada usuario según su especialidad, para así:
 - d.1 Adelantarnos a sus necesidades de información.
 - d.2 Ofrecer servicio de difusión selectiva de la información (DSI), es decir, difundir la información “a la medida” de cada usuario.
- e) Disponer de un **catálogo** tan actualizado como nos sea posible.
- f) Fomentar el conocimiento de la sección en las diferentes **delegaciones provinciales**.
- g) **Difundir** activamente nuestros servicios por medio de: página web, MD, folletos ...
- h) Mantener a nuestros usuarios al corriente de las **novedades** que llegan a la sección.
- i) Establecer y mantener relaciones con **otras instituciones**, organismos y colegas relacionados para favorecer y potenciar la cooperación.
- j) Estar presentes en **jornadas, encuentros y demás foros** relacionados con la documentación sanitaria para poder estar al día y ofrecer lo mejor y más novedoso a nuestros usuarios.
- k) **Favorecer el intercambio de conocimientos entre el médico y el documentalista**. El médico del deporte necesita para el desarrollo de su profesión adquirir y renovar sus conocimientos constantemente y el documentalista necesita conocer aspectos relacionados con la medicina. Por tanto, una buena comunicación será muy beneficiosa para los intereses de ambas partes.

SERVICIOS QUE REALIZAMOS

Fundamentalmente, los que se desarrollan son los siguientes:

- Solución a consultas de usuarios relativas a medicina del deporte.
- Búsquedas bibliográficas sobre medicina del deporte.
- Elaboración de dossiers monográficos a texto completo.

- Adquisición de fondos documentales de Medicina del Deporte.
- Catalogación de monografías.
- Análisis documental: indización y resumen
- Catalogación analítica de artículos que aparecen en revistas especializadas en Medicina del Deporte.
- Mantenimiento en general del fondo documental de Medicina del Deporte.
- Coordinación editorial del MD: Revista Científica en Medicina del Deporte.
- Actualización de la sección documentación dentro de la página web del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.
- Suministro electrónico de documentos.
- Servicio de consulta en sala.
- NOTMED: Noticias de Medicina del Deporte
- BIBLIOMED: Boletín de novedades bibliográficas de medicina del deporte.

Solución a consultas de usuarios relativas a medicina del deporte.

Orientamos a los usuarios en la búsqueda o localización de los documentos o de los servicios que ofrecemos. Intentamos contestar cuestiones relativas a recursos bibliográficos y documentales en este área del conocimiento o bien remitimos a otro servicio u organismo especializado que pueda resolver de forma adecuada las necesidades de información de las personas que acuden a nosotros en busca de información. Asimismo, muchos usuarios solicitan información documental sobre medicina del deporte a través de nuestro correo electrónico o utilizando los formularios de nuestra página web.

Búsquedas bibliográficas sobre medicina del deporte

El servicio de búsquedas bibliográficas facilita la obtención de referencias bibliográficas sobre cualquier tema de interés para el usuario. El primer paso es la solicitud por parte de un usuario de la información sobre un tema en concreto; esta petición es realizada generalmente para una investigación o para ampliar sus conocimientos sobre un tema determinado.

En este punto es importante destacar la importancia que tiene **la entrevista con el usuario**. Es un elemento fundamental en todo proceso de búsqueda de información, y más en el tema tan específico que aborda esta Unidad. Hay que hacer preguntas al usuario para formarnos una idea clara y completa de lo que éste quiere saber, cuál es su necesidad de información. En la mayoría de los casos la entrevista suele ser presencial pero debido a la existencia de otras delegaciones del CAMD y de usuarios de otras provincias, en muchas ocasiones la entrevista es a través

del medio telefónico o del medio electrónico. Un aspecto muy importante que hay que aclarar en toda entrevista es el asunto del idioma, ya que la mayoría de los recursos en Medicina del Deporte están en inglés y esto supone un problema cuando un usuario pide referencias sólo en español. Por tanto, es fundamental que en la entrevista aclaremos en qué idioma se puede “digerir” la información.

Una vez que ya se ha identificado claramente la necesidad de información del usuario hay que elegir los **términos correctos** por los cuales recuperar los documentos que se necesitan.

A continuación surge en la mente del documentalista la siguiente pregunta **¿Dónde puedo encontrar la información que me pide el usuario?**. Llega el momento de identificar las fuentes de información en las que nos vamos a centrar. Las fuentes de información son todas aquellas herramientas y recursos que nos ayudan a buscar, localizar e identificar la información que me pide el usuario. Las principales son:

- **Catálogo del Centro de Documentación:** con un subcatálogo especializado que contiene unas 3000 referencias en medicina del deporte. De estas 3000 referencias casi 500 están disponibles a texto completo en formato electrónico.

La información que de aquí se obtendrá será más variada: monografías, revistas, artículos, dossiers documentales, tesis doctorales, etc.

- **Bases de Datos:**

- **Medline:** base de datos especializada en Medicina, localizada por Internet y en inglés. Aquí nuevamente se utilizarán los términos seleccionados anteriormente más el de “deporte”, o también “actividad física”, o “ejercicio”. Esta base de datos sólo proporciona listado de artículos, la mayoría sólo con un resumen de ese artículo, y en alguna ocasión el artículo completo.

- **Sportdiscus:** base de datos disponible on line a través de la plataforma OVID. En esta ocasión sólo utilizaremos los términos que seleccionamos pero no el de “deporte”, ya que esta base de datos está especializada en deporte.

- **Plataforma OVID:** <http://gateway.ovid.com> A través de la cual accedemos a las revistas internacionales más importantes relacionadas con la Medicina del Deporte:

- American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation (suscripción disponible desde enero de 1996)
- British Journal of Sport Medicine (suscripción disponible desde enero de 2000)
- Circulation (Disponible desde enero de 1993 al presente)

- Clinical Journal of Sport Medicine (suscripción disponible desde enero de 2000)
- Current opinion in cardiology (suscripción disponible desde enero de 1999 al presente)
- Exercise & Sport Science Reviews (suscripción disponible desde enero de 2001 hasta abril de 2005)
- Medicine & Science in Sports & Exercise (suscripción disponible desde enero de 1996).
- Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports (Disponible desde enero de 2001 hasta abril de 2005)
- Sports Medicine (suscripción disponible desde enero de 2000)

En estas dos bases de datos la información se puede limitar, bien por fechas o por el tipo de documento que se quiera en concreto, o bien se pueden tener en cuenta otros factores, como buscar sólo autores en concreto, etc.

• Otros buscadores en la red, fundamentalmente Google, Altavista... La información que aquí se encuentra es también de todo tipo, generalmente sirve para complementar la anterior, seleccionar páginas web que hablen sobre el tema seleccionado, etc.

El tercer paso a seguir será la selección de la información encontrada que se ajuste a la petición del usuario.

- **Internet, una de las fuentes:** Internet es un gran cajón donde puede incluirse todo tipo de información y donde no siempre es fácil encontrar lo que estamos buscando. Además, Internet plantea un doble problema:

- a) el quedar desbordados por la gran cantidad de información que recuperamos
- b) recuperar poca información que además no me sirva para responder a mi usuario.

Elaboración de dossiers monográficos a texto completo.

Los dossiers temáticos son fruto de la recopilación de documentación. Para su realización, recopilamos material informativo sobre un tema de interés y lo estructuramos con un índice. En ellos el usuario encontrará capítulos de monografías, artículos a texto completo, direcciones web..., con el fin de que en un mismo documento tenga a su disposición el usuario un dossier completo sobre un tema. Este dossier también se catalogará y formará parte de nuestra biblioteca.

Los dossiers son electrónicos, se elaboran en formato pdf y se cuelgan inmediatamente en nuestro catálogo automatizado y si un usuario nos solicita un dossier de información, lo recibirá a texto completo en su correo electrónico en escasos segundos.

Adquisición de fondos documentales de Medicina del Deporte

Desde el Centro de Documentación se gestiona la adquisición de los fondos documentales en materia de medicina del deporte. Dicha adquisición se realiza a través de librerías especializadas a quienes se les compran las novedades y temas de interés para nuestros usuarios de Medicina del Deporte.

Los médicos del deporte también nos solicitan numerosos **artículos a texto completo** que no podemos suministrarles con nuestros propios recursos, es decir, tenemos que solicitarlos a otros centros, por lo que tenemos que fomentar y mantener las relaciones de intercambio con otros centros.

Este servicio junto con el de adquisiciones, está centralizado en la *sección de préstamo interbibliotecario* del Centro de Documentación de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte.

Otras vías de adquisición de fondos son por medio de la donación y por distribución institucional de libros editados por instituciones (Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, Consejería de Salud, etc.), asociaciones profesionales, etc.

Gracias a la calurosa acogida que ha tenido la revista MD entre los profesionales de la documentación algunas editoriales han decidido enviarnos de manera gratuita sus novedades bibliográficas para que las reseñemos en nuestra sección Documentación.

Catalogación de monografías y analíticas especializadas en Medicina del Deporte

Los documentos recibidos en una biblioteca o centro de documentación deben catalogarse y clasificarse en el momento de su recepción y antes de ponerse a disposición del usuario. La **catalogación** es el conjunto de operaciones bibliotecarias necesarias para la descripción completa del documento y va acompañada de la signatura topográfica. Nosotros catalogamos la información que nos llega en cualquier tipo de soporte: monografías, revistas, analíticas de artículos de revistas, DVD, CD-ROM ...

Como un elemento de valor añadido, incluimos en nuestro catálogo y en formato pdf, los **índices** de las monografías que poseemos. Esto es algo que agradecen mucho nuestros usuarios ya que pueden saber en todo momento el contenido de un libro.

Análisis documental: índización y resumen

El análisis documental se define como el proceso de lectura, síntesis y representación de un texto. El resultado del análisis documental, además de la ficha catalográfica, será un conjunto de palabras que representan el contenido del texto de un documento.

Destacamos por incluir en nuestros registros bibliográficos un resumen explicativo del contenido de nuestros documentos.

Catalogación analítica de artículos que aparecen en revistas especializadas en Medicina del Deporte.

En una biblioteca especializada las revistas constituyen un recurso indispensable para mantener al día la información acerca de la temática de la que se ocupan. Para sacar el máximo rendimiento de las mismas se requiere de la catalogación analítica, es decir de la elaboración de un registro bibliográfico por cada uno de los artículos contenidos en esas publicaciones.

Mantenimiento en general del fondo documental de Medicina del Deporte.

En el Centro de Documentación tratamos a la colección como si de un ser vivo se tratara para que en cualquier momento nos ayude en nuestra búsqueda de información. La colección requiere un constante control y seguimiento.

Coordinación editorial de MD: Revista Científica en Medicina del Deporte

MD: Revista Científica en Medicina del Deporte es la publicación que edita el Centro Andaluz de Medicina del Deporte junto con el Servicio de Información, Documentación, Estudios y Publicaciones. Se trata de un elemento de comunicación científica dirigido a los profesionales de la salud y el deporte donde también se muestra el trabajo realizado en el Centro de Documentación en relación a la medicina del deporte (búsquedas, dossiers temáticos, etc.).

- ¿Qué aportamos al MD?

- Las últimas adquisiciones: son reseñas críticas de las últimas incorporaciones bibliográficas a la Biblioteca. Incluye el escaneado de portadas.
- Exposición de los últimos dossiers monográficos realizados en el Centro de Documentación.
- Comentarios sobre recursos de interés para los profesionales médicos del deporte.
- Agenda con eventos de interés.
- Gestión de suscriptores.
- Coordinación con la empresa adjudicataria para su realización.

Actualización de la sección documentación dentro de la página web del Centro Andaluz de Medicina del Deporte.

Para intentar que la información disponible en la web sea tan actualizada como nos sea posible.

Suministro electrónico de documentos*.

Desde el Centro de Documentación de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte se facilita a los usuarios el acceso electrónico de documentos por descarga web. Cuando se trate del envío de un documento en pdf de gran tamaño en vez de enviarlo por correo electrónico el petionario recibirá un correo que incluirá una dirección de internet que le llevará directamente al documento (depositado en un servidor). El documento podrá descargarse en el momento que el usuario desee.

* Este servicio sólo es posible para los usuarios que pueden acceder a la Intranet de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte.

Servicio de consulta en sala

- Información a través de OPAC y de internet.

Desde el punto de consulta (OPAC) del CAMD se puede acceder a diversa información:

- Consulta del catálogo de la Biblioteca.
- Consulta de bases de datos
- Consulta de Revistas electrónicas

A través de la Página Web de la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte (<http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte>) también se puede obtener información tanto general como especializada.

NOTMED: Noticias de Medicina del Deporte

NOTMED "Noticias de Medicina del Deporte" es un boletín de información semanal con el que pretendemos mantener tan al día como nos sea posible a nuestros usuarios sobre los temas de actualidad relacionados con la medicina del deporte. Se recopilan diariamente de las principales publicaciones de habla hispana, las últimas noticias de interés sobre esta temática. Día a día las recopilamos hasta componer un dossier con la mencionada información que recibirán por correo electrónico en formato pdf las personas que se suscriban a este servicio.

Además del envío semanal, se podrá consultar en cualquier momento toda la información acumulativa que se va generando a lo largo del año, visitando nuestro catálogo en la siguiente dirección web: <http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion>

BIBLIOMED

Se trata de un boletín de novedades bibliográficas de elaboración mensual. Incluye las novedades de las revistas a las que estamos suscritos así como todos los documentos que entran a formar parte de nuestro fondo. El objetivo de este servicio es la actualización de conocimientos de nuestros usuarios y se envía por correo electrónico a todas las personas que lo soliciten.

DONDE ENCONTRARNOS:

Unidad de Información y Documentación

Centro Andaluz de Medicina del Deporte

Glorieta de Beatriz Manchón s/n

41092 SEVILLA

md.ctcd@juntadeandalucia.es

<http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion>

Unidad de Información y Documentación

Últimas adquisiciones
Dossieres temáticos
Nuevos Productos Documentales
Nos interesa...

ÚLTIMAS ADQUISICIONES



Nutrición en el deporte: ayudas ergogénicas y dopaje / Javier González Gallego, Pilar Sánchez Collado, José Mataix Verdú. -- Madrid: Díaz de Santos: Fundación Universitaria Iberoamericana, 2006.

475 p.: il. ; 23 cm. -- (Salud y nutrición)
D.L. M 29237-2006
ISBN 84-7978-770-8

Referencia: CAMD/744

Para los profesionales de la salud y de la nutrición o para aquellos profesionales que trabajan con deportistas, el mantenerse informados acerca de los que debe considerarse una nutrición correcta en el ámbito del ejercicio físico y del deporte, puede llegar a constituir una tarea abrumadora. Este texto trata de dar una información clara y concisa de los principios hoy día admitidos en nutrición deportiva, así como de aquellas áreas en las que aún es necesario profundizar y ser prudentes en el establecimiento de pautas o recomendaciones.



Artrosis de rodilla y cadera: proceso asistencial integrado. -- Sevilla: Consejería de Salud, 2004.

121 p. ; 24 cm + 1 CDROM
D.L. SE-2447-2004

Referencia: CAMD/748

Trabajo útil para los profesionales, que en su práctica habitual estén en contacto con pacientes aquejados de la enfermedad de artrosis, y en los distintos niveles asistenciales donde se aplique. La descripción de este proceso asistencial permite analizar, de forma sistemática, la secuencia de actividades; evitar la duplicidad de acciones, demoras y costes innecesarios; facilitar la coordinación, y mejorar en nivel de satisfacción de los usuarios y de los profesionales.



Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor / Rodrigo C. Miralles Marrero, Iris Miralles Rull. -- Barcelona: Masson, 2006.

X, 446 p.: il. ; 24 cm.
D.L. B 50609-2006
ISBN 978-84-458-1680-6

Referencia: CAMD/752

Esta obra representa la continuación necesaria de la biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones aplicada a las patologías del aparato locomotor, tributaria de abordarse desde el punto de vista biomecánico. - El índice agrupa los sistemas de movimiento por su función: todos los sistemas flexores, extensores, abductores, etc. - Trata algunos temas originales, como los sistemas amortiguadores, los procesos evolutivos del hombre hasta la actual mecánica y la mecánica de los atrapamientos.



Biomecánica funcional: miembros, cabeza, tronco / Michel Dufour, Michel Pillu, figuras de Michel Dufour. - Barcelona: Elsevier Masson, 2006.

XIII, 562 p.: il. ; 27 cm.
D.L. B 37452-2006
ISBN 978-84-9727-216-2

Referencia: CAMD/751

Se centra en la comprensión funcional de una serie de estructuras que forman la anatomía humana. Hace hincapié en las características anatómicas esenciales, destacando las incidencias prácticas, a las que siguen las consideraciones mecánicas referentes a la movilidad, la estabilidad y las tensiones. Se tratan con detalle dos extremidades, la cabeza y la pelvis, así como la unión entre cráneo y columna fuente de numerosos dolores de los pacientes. Constituye un material de consulta apto tanto para estudiantes como profesionales, la cual desde su filosofía esquemática proporciona una forma de adquirir conocimientos de forma precisa.



Compendio de terapia manual / coord. Dieter Heimann ; colaboradores Maïke Friedrichsen... [et al.]; traducción de Eva Nieto Silva. -- Badalona: Paidotribo, 2006.

379 p.: il., fot. ; 20 cm
ISBN 84-8019-825-7

Referencia: CAMD/750

Se trata de una obra de referencia y una guía práctica de consulta rápida para médicos y fisioterapeutas. El lector encontrará las maniobras descritas de forma detallada, clasificadas por articulaciones: muñeca, codo, hombro y cintura escapular, pie, rodilla, cadera, columna vertebral cervical y dorsal, articulaciones costotransversas y articulación sacroilíaca, asociadas a la práctica e ilustradas con fotografías. En el primer capítulo se desarrollan las definiciones y conceptos básicos necesarios para una exploración de terapia manual y su tratamiento correspondiente, y para terminar, en el último capítulo se presentan las técnicas de estiramiento para cada uno de los músculos.



Diagnóstico por imagen del tórax: tomografía computarizada y resonancia magnética / editores, Joaquín Fernández Cruz, Ignacio Moreno Cayetano. -- Barcelona: Caduceo Multimedia, 2006.

608 p.: il. col, gráf. ; 31 cm
D.L. B 35339-2006

ISBN 84-933481-6-3

Referencia: CAMD/762

Libro de radiología elemental del Tórax dirigido a un amplio sector de médicos no especializados en radiología, sobre todo médicos de atención primaria y neumólogos, aunque también a residentes de Radiodiagnóstico y de otras especialidades, que resume los signos radiológicos que constituyen la semiología general básica del tórax. También se encarga del estudio de todas las nuevas técnicas de imagen que se han ido incorporando al arsenal diagnóstico de la radiología del tórax, la TC (secuencial, TCAR, helicoidal, multi-detector), la RM con sus múltiples posibilidades y la PET.



Diccionario terminológico de ciencias médicas / [coordinación, Dr. Estanislao Navarro-Beltrán Iracet]. -- 13ª ed. -- Barcelona: Masson, 2005.

XI, 1666 p.: il. col. ; 24 cm

Contiene: Glosario inglés-español ; Atlas a color.

D.L. B 30030-2005

ISBN 84-458-0095-7

Referencia: CAMD/756

Define de la A a la Z, unos 100.000 términos con la equivalencia de cada término importante a cinco idiomas: alemán, francés, inglés, italiano, portugués y la etimología en griego y latín. -Glosarios: francés-español e inglés-español con más de 20.000 voces. -Tablas de constantes biológicas de laboratorio. -Láminas en color realizadas por el conocido Dr. Netter. -Hendiduras (uñeros) de separación por orden alfabético.



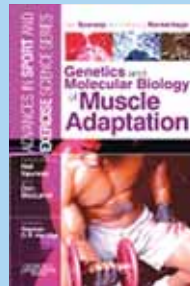
Exercise prescription: physiological foundations: a guide for health, sport and exercise professionals / Kate Woolf-May ; with contribution from Steve Bird. -- Edinburgh: Churchill Livingstone, 2006.

IX, 277 p.: il. col. ; 28 cm

ISBN 978-0-443-10017-8

Referencia: CAMD/759

Guía para los profesionales de la salud y del ejercicio que explica la relación entre la etiología y la patología de condiciones comunes y los efectos fisiológicos del ejercicio físico y actividad física. El ejercicio físico es una herramienta eficaz para la prevención de enfermedades, tanto en sujetos asintomáticos como en los sintomáticos. Para prescribir el ejercicio físico es necesario conocer la etiología y la patología de la enfermedad. Explica los efectos fisiológicos de la prescripción del ejercicio según la etiología y patología de la enfermedad, y discute distintas líneas de actuación, así como contraindicaciones y posibles efectos de la medición.



Genetics and molecular biology of muscle adaptation / edited by Neil Spurway and Henning Wackerhage. -- Edinburgh: Churchill Livingstone, 2006.

XII, 273 p.: il. col. ; 24 cm. -- (Advance-sin sport and exercise science series)

ISBN 978-0-443-10077-2

Referencia: CAMD/764

La fisiología y la biología molecular son el fundamento de nuevas técnicas para estudiar la influencia genética en las capacidades del ser humano. En este libro, se aplica a los distintos mecanismos que hacen que los músculos se adapten a diferentes formas de entrenamiento.



Gestión de marketing y recursos humanos en organizaciones deportivas / Mª Carmen Sánchez Gombau y cols. -- Madrid: EOS, 2006.

378 p.: il. ; 24 cm. -- (Psicología y deporte)

D.L. SE 3835-2006

ISBN 978-84-9727-216-2

Referencia: CAMD/749

Se plantea facilitar a los distintos directores y gestores deportivos herramientas que les permitan optimizar su trabajo diario, proporcionándoles una visión lineal y exhaustiva acerca de las herramientas y estrategias necesarias para implantar una política de recursos humanos marketing en su organización o empresa deportiva.



Lesiones en deportes de aire libre: descripción, prevención y tratamiento / Gary N. Guten. -- Madrid: Desnivel, 2007.

352 p.: il. ; 22 cm. -- (Manuales grandes espacios)

ISBN 978-84-9829-057-8

Referencia: [CAMD/760](#)

Cómo proceder en caso de las lesiones más comunes entre los practicantes de senderismo, montañismo, carrera de montaña, escalada, etc. ayuda a gestionar las lesiones con el fin de retornar a la plena actividad con seguridad y rapidez.



Riesgo vascular: proceso asistencial integrado. -- Sevilla: Consejería de Salud, [2003].

241 p. ; 24 cm + 1 CDROM

D.L. SE 4608-2003

Referencia: [CAMD/747](#)

Conjunto de actividades a través de las cuáles se identifica a las personas con factores de riesgo cardiovascular (FRV) mayores (modificables y no modificables) y/o enfermedad vascular conocida, se valora el riesgo vascular (RV) global, y en función del mismo, se planifican y acuerdan con el paciente y/o cuidadores de las actividades preventivas, terapéuticas y de seguimiento.



El mono obeso: la evolución humana y las enfermedades de la opulencia: diabetes, hipertensión, arteriosclerosis / José Enrique Campillo Álvarez. -- Barcelona: Crítica, 2007.

235 p.: il. ; 19 cm. -- (Drakontos bolsillo ; 11)

D.L. B 49445-2006

ISBN 978-84-8432-854-4

Referencia: [CAMD/753](#)

¿Por qué razón hay tantas personas obesas?, ¿Cuál es la razón de que resulte tan difícil perder el sobrepeso? ¿A qué obedece la epidemia de diabetes que en el año 2020 afectará a más de trescientos millones de personas? Tanto en las sociedades desarrolladas como en algunos países emergentes, éstas y otras enfermedades de la opulencia, como las cardiovasculares, afectan sobremanera a gran parte de la población mayor de cuarenta años, pero empiezan también a aparecer en nuestros hijos.



Salud pública y epidemiología / José Frutos García, Miguel Ángel Royo (editores). -- Madrid: Díaz de Santos, 2006.

XXI, 380 p.: il. ; 24 cm. -- (Manuales de dirección médica y gestión clínica)

D.L. M 16216-2006

ISBN 84-7978-752-X

Referencia: [CAMD/745](#)

Aborda los conceptos, contenidos y prestaciones de este ámbito que opera en el entorno de la gestión y la práctica clínica, ahonda en los desarrollos de la salud pública, a nivel poblacional, y la medicina preventiva, a escala individual, para profundizar en los instrumentos y aplicaciones de la epidemiología moderna y el conocimiento basado en la evidencia científica, los sistemas de información sanitaria y de vigilancia y control de riesgos para la salud. El resultado es la variabilidad en la práctica médica y la consiguiente necesidad de utilizar los recursos sanitarios de forma equitativa y eficiente.



Prescripción de ejercicio en el tratamiento de enfermedades crónicas / Grupo de Trabajo de Actividad Física y Salud de la Semfyc ; coordinador Ricardo Ortega Sánchez-Pinilla, autores Juan José Antón Álvarez... [et al.]. -- Barcelona: Semfyc, 2006.

X, 154 p.: il. ; 19 cm

D.L. B 49582-2006

ISBN 84-96216-94-2

Referencia: [CAMD/754](#)

Esta guía tiene como objetivo utilizar el ejercicio para el tratamiento y la rehabilitación de enfermedades crónicas mediante la prescripción de un programa concreto y lo más individualizado posible, algo que está muy poco desarrollado en la Atención Primaria y posiblemente tampoco lo esté en la Especializada. Pretende ser una herramienta que ayude a los profesionales sanitarios, a llevar a cabo una utilización del ejercicio, como medida no farmacológica, tan precisa como se hace con los fármacos, para que, al igual que éstos, se pueda garantizar el efecto terapéutico del ejercicio en los pacientes.



Vademecum: interacciones.

1ª ed. -- Madrid: Medicom, [200-?].

799 p.: il. col. ; 19 cm

ISBN 84-89327-25-4

Referencia: [CAMD/757](#)

Es un guía completa de las más significantes interacciones fármaco-fármaco, y es actualizado de forma regular. La fuente principal de información, es entre otras, la información de los laboratorios y otras fuentes bibliográficas de interacción. El objeto de este guía es cubrir las principales y severas interacciones entre fármaco-fármaco, fármaco-alimento y fármaco-alcohol. Es de un tamaño convenientemente manejable, y que los doctores lo consideran esencial para la prescripción.



Sport and exercise physiology testing: guidelines: The British Association of Sport and Exercise Sciences Guide / edited by Edward M. Winter ... [et al.]. -- London ; New York: Routledge, cop. 2007.

2 v.: il. col. ; 25 cm

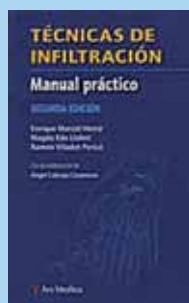
Contiene: v.1. Sport testing -- v.2. Exercise and clinical testing

ISBN 978-0-415-36140-8 (v.1)

ISBN 978-0-415-37965-6 (v.2)

Referencia:

CAMD/758-1 ; CAMD/758-2



Técnicas de infiltración: manual práctico / Enrique Marzal Herce, Magda Edo Llobet, Ramón Viladot Pericé ; con la colaboración de Ángel Cabruja Casanovas. -- 2ª ed. -- Barcelona: Ars Medica, 2007.

XIII, 122 p.: il. ; 24 cm

D.L. B 48902-2006

ISBN 978-84-9751-240-4

Referencia: CAMD/755

Manual con una orientación práctica en el que se exponen las normas de asepsia necesarias, los fármacos, y se detallan las técnicas correctas para llevar a cabo las infiltraciones. Incluye un esquema anatómico donde se indica la postura y forma de aplicación, y una imagen clínica de la realización de la técnica. También se incluyen nuevas patologías articulares y de partes blandas que pueden beneficiarse con la utilización de infiltraciones, así como con la exposición de nuevas vías de abordaje, distintas de las utilizadas clásicamente. Se ha añadido un capítulo sobre la articulación temporomandibular, con indicaciones claras para la realización de artrocentesis, para efectuar un lavado articular y para mejorar el arco de movimiento.

El objetivo principal de esta obra es proporcionar experiencias prácticas directas con pruebas y mediciones empleadas comúnmente en los laboratorios de investigación del rendimiento. El primer volumen se centra en las líneas de actuación para hacer una valoración fisiológica a deportistas de unas treinta modalidades deportivas diferentes, también incluye principios generales y temas metodológicos relacionados con error y ajuste a resultados. En el segundo volumen, se dan las líneas de actuación para hacer una valoración fisiológica a poblaciones especiales, como niños y ancianos. Además, incluye principios generales y temas metodológicos relacionados con error y ajuste de resultados.

Dossieres Temáticos

Los **dossieres temáticos** constituyen una selección de documentación relevante y actualizada. Elaborados para satisfacer las necesidades específicas de información de nuestros usuarios, la confección de dossieres suponen un esfuerzo importante para nuestros documentalistas ya que se componen de referencias bibliográficas, artículos a texto completo, noticias de prensa, enlaces de interés... localizadas en fuentes impresas y electrónicas de diversa procedencia (recursos propios, bases de datos, internet invisible...).

El producto resultante es un documento electrónico con toda la documentación identificada e indizada para facilitar el trabajo del investigador.

Título: La actividad física en la adolescencia: cuestionario

Fecha: noviembre de 2006

Nº: Dossieres de medicina del deporte; 88

Referencia: en línea

Título: Práctica del Judo en personas con discapacidad visual y baloncesto en silla de ruedas

Fecha: noviembre de 2006

Nº: Dossieres de medicina del deporte; 89

Referencia: en línea

Título: Fundamentos biológicos y jurídicos del dopaje en el deporte

Fecha: diciembre de 2006

Nº: Dossieres de medicina del deporte; 90

Referencia: en línea

El contenido de estos dossieres puede visualizarse y ser solicitado a través del catálogo automatizado de la Unidad de Información y Documentación en Medicina del Deporte:

<http://www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion>

A continuación se detallan los dossieres que se han elaborado desde la aparición del último MD (marzo 2006) hasta la actualidad.

Título: El somatotipo en el golf, montañismo y bádminton

Fecha: diciembre de 2006

Nº: Dossieres de medicina del deporte; 91

Referencia: en línea

Título: Valoración del rendimiento en kick Boxing

Fecha: enero de 2007

Nº: Dossieres de medicina del deporte; 92

Referencia: en línea

Título: Piragüismo: valores antropométricos y fisiológicos

Fecha: febrero de 2007

Nº: Dossieres de medicina del deporte; 93

Referencia: en línea

Nuevos Productos Documentales

NOTMED: Noticias de Medicina del Deporte.

BIBLIOMED: Dossier de Novedades Bibliográficas en Medicina del Deporte.

Todo aquel que esté interesado en recibir en su buzón de correo electrónico NOTMED y/o BIBLIOMED, simplemente nos lo deberá indicar en la siguiente dirección de correo electrónico de la Unidad de Información y Documentación del Centro Andaluz de Medicina del Deporte: md.ctcd@juntadeandalucia.es

Nos interesa...



BIBLIOTECA VIRTUAL EN SALUD (BVS-España)

<http://bvs.isciii.es/E/index.php>

Portal que reúne distintas fuentes de información en salud, nacionales e internacionales seleccionadas bajo criterios de calidad y que forma parte de una red Latinoamericana de Bibliotecas Virtuales en Salud nacionales, regionales y temáticas. Incluye bases de datos, catálogos colectivos, revistas electrónicas, monografías y boletines a texto completo, terminología en salud, localizador de información en salud, directorios, etc.



DOCUMENTED: Base de datos de Documentación Médica Española

<http://www.uv.es/~docmed/docmed/docmed.html>

Repertorio bibliográfico de resúmenes que proporciona información bibliográfica de trabajos sobre documentación médica o aspectos relacionados con ella. Contiene información desde 1994, de más de 200 revistas biomédicas y de documentación de ámbito estatal. Recoge índices de autores, descriptores, organismos, revistas, tipos de artículos, congresos y clasificaciones principal y secundaria.



PUBLIC HEALTH IMAGE LIBRARY

<http://phil.cdc.gov/Phil/home.asp>

Página de The Centes for Disease Control and Prevention (CDC), de Atlanta. Se trata de una Agencia del Departamento de Salud y Servicios Humanos de USA. Recoge ilustraciones, fotografías, animaciones, y archivos audiovisuales. Búsqueda por palabras clave, número identificativo o créditos de la imagen.

También ofrece otras posibilidades de interés profesional tales como el hecho de poder suscribirse al servicio de noticias breves y alertas para estar al día o la información de eventos y conferencias que se celebran en temas de salud.

Agenda

Eventos de interés

SEPTIEMBRE

V CONFERENCIA INTERNACIONAL SICOT/SIROT 2007

Fecha: 29 Agosto-1 Septiembre

Lugar: Marrakech (Marruecos)

Tel: 32-2-6486823

Fax: 32-2-6498601

Web: www.sicor.org

e-mail: info@marrakech.sicot.org.

XII CONGRESO EUROPEO DE PSICOLOGÍA DEL DEPORTE

Fecha: 4 – 9 Septiembre

Lugar: Halkidiki (Grecia)

Tel: 30-2310425199

Fax: 30-2310425169

Web: www.fepsac2007.gr

e-mail: fepsac2007@symboli.com.gr

III ITF INTERNACIONAL CONGRESS ON TENNIS SCIENCE & TECHNOLOGY

Fecha: 10 – 12 Septiembre

Lugar: Londres (Inglaterra)

Web: www.itftennis.com/technical/tst

e-mail: tst@tftennis.com

CURSO DE TERMALISMO Y ACTIVIDAD FÍSICA

Fecha: 21 septiembre, 19 octubre, 16 y 23 de noviembre.

Información: Instituto Andaluz del Deporte

Tel: (+34) 951041900

Fax: (+34) 951041939

Web: www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/iad

e-mail: formacion.iad.ctod@juntadeandalucia.es

44 CONGRESO DE LA SECOT

Fecha: 26 – 28 Septiembre

Lugar: Madrid

Tel: 93-2463566

Fax: 93-2317972

Web: www.dgps.de

e-mail: torrespardo@tprespardo.com

XL CONGRESO ALEMÁN DE MEDICINA DEL DEPORTE

Fecha: 27 – 29 Septiembre

Lugar: Colonia (Alemania)

Tel: 49-0-7071-2986463

Fax: 49-0-7071-295162

Web: www.dgps.de

e-mail: business-club@dgsp.de

IX JORNADAS SOBRE MEDICINA Y DEPORTE DE ALTO NIVEL

Fecha: 28 – 29 Septiembre

Lugar: Madrid

Web: <http://cmedica.coe.es>

OCTUBRE

V CONGRESO EUROPEO DE MEDICINA DEL DEPORTE

Fecha: 10-14 de Octubre

Lugar: Praga (Rep. Checa)

Información: Czech-In.Prague Congreso Centre. 5 Kvetna 65 - 14021 Praha 4. Czech Republic.

Tel: 420261174301

Fax: 420261174307

Web: www.efsma2007.org

e-mail: iefsma2007@czech-in.cz

XII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CIENCIAS DEL EJERCICIO Y DEL DEPORTE

Fecha: 10-15 Octubre

Lugar: Rosario (Argentina)

Información: Ciudad de la Paz 2846, 4ºB, Ciudad de Rosario. Argentina

Tel: 54-1147061217

Web: www.biodeport.com

e-mail: cursos@biodeport.com

III CONGRESO INTERNACIONAL UNIVERSITARIO DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD Y EL DEPORTE

Fecha: 18-20 Octubre

Lugar: Madrid (España)

Tel: 630-988750

Fax: 91-3667363

e-mail: aherrero@med.ucm.es

IV CONGRESO TURCO DE FISIOTERAPEUTAS DEL DEPORTE

Fecha: 18-20 Octubre

Lugar: Estambul (Turquía)

Gül Baltacy. Hacettepe Univ. 06100 Ankara. Turquía

Tel: 90-3123051478

Fax: 90-3123052012

e-mail: ybaltaci@hacettepe.edu.tr

II CONGRESO DE JÓVENES INVESTIGADORES EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Fecha: 19 y 20 de Octubre

Lugar: Univ. Europea Miguel de Cervantes de Valladolid

Web: http://www.uemc.edu/contenidos/jovenes_investigadores/index.php

e-mail: fjgisla@uemc.edu

XXVII CONGRESO AETN DE NATACIÓN Y ACTIVIDADES ACUÁTICAS

Fecha: 19,20 y 21 Octubre
Lugar: FCAFE de Valencia
Tel: +34 963864347
Fax: +34 963864353
Web: <http://www.uv.es/aetncafe>

X CONGRESO FEDERACIÓN ASIÁTICA DE MEDICINA DEL DEPORTE-XX MEETING ANUAL DE RCAST

Fecha: 19-22 Octubre
Lugar: Pattaya (Tailandia)
Información: Web: www.rcost.or.th

FEMEDE 2007

XII CONGRESO NACIONAL DE LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MEDICINA DEPORTIVA VI CONGRESO IBEROAMERICANO DE MEDICINA DEL DEPORTE IX JORNADAS DE SALUD DEL CENTRO DE ESTUDIOS, DESARROLLO E INVESTIGACIÓN DEL FÚTBOL ANDALUZ (CEDIFA)

Fecha: 24-27 de Octubre
Lugar: Sevilla (España)
Tel: +34954506605
Fax: +34954223512
Web: www.viajeseci.es
e-mail: sevillacongresos@viajeseci.es

NOVIEMBRE

SPORT IN POST-DISASTER INTERVENTION

Fecha: 7-10 Noviembre
Lugar: Rheinsberg (Alemania)
Tel: 49-3036418850
Fax: 49-308056386
Web: www.icsspe.org
e-mail: icsspe@icsspe.org

CONGRESO DE MEDICINA DEL DEPORTE IV SIMPOSIUM INTERNACIONAL DEL GLMMS

Fecha: 7 Noviembre
Lugar: Digne les Bains (Francia)
Información: Fr. R. Valla.-61Bd Gassendi.-BP 226.-04005 Digne les Bains Cedex
Tel: 0492366284
Fax: 0492366289

6TH INTERDISCIPLINARY WORLD CONGRESS ON LOW BACK & PELVIC PAIN: DIAGNOSIS AND TREATMENT; THE BALANCE BETWEEN RESEARCH AND CLINIC

Fecha: 7-10 Noviembre
Lugar: Barcelona
Web: www.worldcongresslbp.com
e-mail: info@worldcongresslbp.com

XIII SEMINARIO INTERNACIONAL DE FRACTURAS INFANTILES

Fecha: 9-10 Noviembre
Lugar: Sevilla
Tel: 948290702
Fax: 948233621
Web: www.depablos-bruguera.com
e-mail: brupa@ohsjd.es

XII JORNADAS DE CIRUGÍA DE LA MANO

Fecha: 14-17 Noviembre
Lugar: Madrid
Tel: 91-3335115
Fax: 91-3325205
e-mail: cursomano.hvtr@salud.madrid.org

CONGRESO DE LA FEDERACIÓN MEXICANA DE MEDICINA DEPORTIVA A.C.

Fecha: 16-18 Noviembre
Lugar: Toluca (México)
Tel: 528 18348-8887
E-mail: eloy.cardenas@gmail.com

WADA 2007 – WORLD CONFERENCE ON DOPING IN SPORT

Fecha: 16-17 Noviembre
Lugar: Palacio Municipal de Congresos de Madrid (España)
Tel: +34913612600
Fax: +34913559208
Web: www.wadamadrid2007.com
tileasa@tileasa.es
<http://www.tileasa.es>

IX CONGRESO TRANSPIRENÁICO DE REHABILITACIÓN Y MEDICINA FÍSICA

Fecha: 16-17 Noviembre
Lugar: Pau (Francia)
Web: www.congres-transpyreneen-2007.com

EXPOMOTRICIDAD 2007

Fecha: 20 – 23 Noviembre
Lugar: Centro Internacional de Convenciones de Medellín, Plaza Mayor – Medellín, COLOMBIA
Web: <http://www.udea.edu.co/expomotricidad2007>

5º CURSO DE ORTOPEDIA, TRAUMATOLOGÍA Y MEDICINA LEGAL: “EL MIEMBRO SUPERIOR, DEL TRAUMA AL CONTENCIOSO MÉDICO-LEGAL”

Fecha: 23-24 Noviembre
Lugar: Terme di Salsomaggiore (Italia)
Tel: 00-39-02-54122513
Fax: 00-39-02-54124871
e-mail: keyword4@mdsnet.it

V CONGRESO EUROPEO DE TRAUMATOLOGÍA DEL DEPORTE (EFOST 2007)

Fecha: Noviembre
Lugar: Ephesus, Izmir (Turquía)
Tel: 90-312-4420700
Fax: 90-312-4407799
Web: www.efost.org
e-mail: efost@efost2007.org