

MD

Revista Científica en
Medicina del Deporte

Centro Andaluz
de Medicina del Deporte

Nº 5

Julio 2006



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

Métodos para aumentar la disponibilidad de oxígeno en los tejidos • Estudio de la técnica de la arrancada mediante fotogrametría vídeo tridimensional • Estudio descriptivo sobre la relación entre la lateralidad y la fuerza del tren superior en escolares de 12 a 16 años

MD

Revista Científica en
Medicina del Deporte

**Centro Andaluz
de Medicina del Deporte**

Nº 5
Julio 2006



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>)

Dirección

Carmen Adamuz Ruiz
Directora del Centro Andaluz
de Medicina del Deporte

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)

Amelia Molina Melero
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

Juan Manuel Alonso
Humberto V. Arbona Lorenzo
Jesús Barrera Expósito
Francisco Gallardo Rodríguez
Covadonga López López
Carlos Melero Romero
Lucía Valenzuela Candelario

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

Editorial

No es oportunismo que en este número de la Revista MD el artículo de revisión este centrado sobre los métodos de dopaje sanguíneo, y digo que no lo es porque cuando hace varios meses pedimos al doctor Juan Manuel Alonso, como experto en esta materia una revisión sobre este tema, no imaginábamos que la publicación de este número de la revista coincidiría temporalmente con la convulsión que ha producido en el mundo del deporte los recientes acontecimientos que involucran a profesionales y deportistas en una estructura organizada en torno a una modalidad de práctica de dopaje sanguíneo, la autotransfusión. Ni tampoco el que coincida asimismo con la reciente aprobación el pasado 29 de junio de la Ley Orgánica de Protección del Deportista y Lucha Antidopaje, que sin duda marca un antes y un después en la lucha y represión de quienes emplean o promueven el empleo de sustancias y/o métodos prohibidos destinados a aumentar artificialmente el rendimiento deportivo.

Desde nuestra posición de profesionales de la salud no podemos perder la perspectiva fundamental, esto es: la importancia de la prevención, y junto a ella la de la formación y la educación como elementos esenciales de la misma. El conocimiento otorga a quien lo posee la libertad de elegir entre las diferentes opciones posibles con perfecta evaluación a priori de las consecuencias de nuestros actos, de las decisiones y elecciones personales. Por ello la educación y la formación son los pilares fundamentales de la prevención, sin educar y enseñar no podemos esperar que se elija en libertad.

Desde esta perspectiva y tomando en consideración nuestro compromiso en la formación no sólo de Médicos Residentes en Medicina de la Educación Física y el Deporte, sino de los propios deportistas y en general todos los profesionales que giran en torno a él, en ámbitos relacionados con la salud y el deporte, el Centro Andaluz de Medicina del Deporte ha editado recientemente un sencillo manual de Ayudas Ergogénicas, conteniendo una guía interactiva en CD ROM, que puede ser consultado también desde nuestra página web y con la que queremos contribuir a mejorar el conocimiento, la formación y la educación respecto al empleo de sustancias para mejorar el rendimiento deportivo. Evitar el



Editorial

Editorial	1
Artículos originales	
Estudio de la técnica de la arrancada mediante fotogrametría vídeo tridimensional	3
Estudio descriptivo sobre la relación entre la lateralidad y la fuerza del tren superior en escolares de 12 a 16 años	11
Artículo de revisión	
Métodos para aumentar la disponibilidad de oxígeno en los tejidos	19
Página abierta	
Apuntes para una historia contemporánea de la Medicina del Deporte en España	35
Unidad de Información y Documentación	
Últimas Adquisiciones	41
Dossieres Temáticos	44
Nuevos Productos Documentales	44
Nos interesa...	45
En resumen	46
Agenda	53

El contenido de la revista podrá descargarse en formato PDF en la siguiente dirección:
www.juntadeandalucia.es/turismocomercioydeporte/documentacion

empleo de sustancias perjudiciales para la salud bajo el pretexto de mejorar la forma física, las capacidades psíquicas y el rendimiento deportivo pasa primero por conocer las verdaderas posibilidades ergogénicas y los efectos secundarios de estas sustancias. Por otra parte debemos brindar ayuda y apoyo con suplementos nutricionales y sustancias antioxidantes que puedan minimizar los posibles efectos perjudiciales que las altas exigencias físicas de algunas modalidades deportivas y competiciones exigen de los deportistas, basándonos siempre en el conocimiento científico disponible en la actualidad.

Creemos que nuestro compromiso para con el ámbito del deporte debe hacerse extensivo a toda la sociedad, ¡qué menos que sean los profesionales con mayores y mejores conocimientos sobre la salud y el deporte los que formen a los ciudadanos y les instruyan en las prácticas más recomendables!, tal y como ya sucede en la actualidad aunque aún no con toda la penetrancia que todos deseamos.

Formar y educar para la libertad. Formación y educación para la prevención.

M^a Carmen Adamuz
Directora Centro Andaluz de Medicina del Deporte



Artículos originales

Estudio de la técnica de la arrancada mediante fotogrametría vídeo tridimensional

Three dimensional photogrammetry analysis of the snatch technique

Covadonga López López
Centro Andaluz de Medicina del Deporte,
Sevilla. España.

Humberto V. Arbona Lorenzo
Universidad del Tolima,
Ibagué, Colombia.

RESUMEN

La arrancada es uno de los dos movimientos olímpicos de la Halterofilia. El propósito de este estudio ha sido desarrollar un modelo de análisis de este gesto deportivo, mediante fotogrametría vídeo tridimensional, para la posterior corrección de errores técnicos. Así pues, los objetivos son, por un lado, explicar en qué consiste la videografía digital, cuáles son las fases que constituyen el proceso de análisis y por otro, mostrar su aplicación en el caso concreto de la arrancada. Para ello se han filmado a cuatro deportistas de esta disciplina con un sistema de cuatro cámaras de vídeo.

La descripción del ejercicio se lleva a cabo mediante 19 variables cinemáticas, que detallan no sólo el movimiento del deportista sino también el de la barra. Los resultados obtenidos muestran la aplicabilidad de esta tecnología en la detección de fallos en la ejecución del gesto y por tanto, en la mejora del rendimiento deportivo.

A pesar de ser un método de análisis laborioso, debido a las numerosas etapas de las que consta y el tiempo que requieren cada una de ellas, se concluye que resulta muy interesante para el estudio biomecánico de la arrancada.

Palabras clave: arrancada, fotogrametría vídeo, técnica, biomecánica.

ABSTRACT

The snatch is one of the two olympic movements of Weightlifting. The purpose of this study is to develop a model of analysis for this sport by means of three-dimensional photogrammetry for the later correction of technical errors. Therefore, the objectives are, on the one hand, to explain on digital videography and on which are the phases that constitute the analysis process and, on the other hand, to show their application in the concrete case of the snatch. In order to get it, four weightlifters have been filmed with a system of four video cameras.

The description of the exercise is carried out by means of 19 cinematic variables that not only detail the sportsman's movement but also that of the barbell. The results obtained show the applicability of this technology in the detection of mistakes in the execution of the technique and, therefore, in the improvement of the sport performance.

In spite of the laboriousness of this method of analysis and the time that each stage requires, we conclude that it is very interesting for the biomechanic study of the snatch technique.

Key words: snatch, digital videography, technique, biomechanics.

INTRODUCCIÓN

La fotogrametría vídeo 3D, es un método de análisis de movimiento, que permite evaluar el gesto deportivo y determinar si la ejecución del mismo es correcta técnicamente. Así, resulta una herramienta muy eficaz si se orienta hacia el rendimiento deportivo.

El análisis de un gesto de halterofilia cuenta con la dificultad de involucrar no sólo al deportista sino también la barra de pesas, lo que supone estudiar no sólo la postura adoptada por el levantador sino también la trayectoria seguida por la barra, de ahí que el estudio de dicha modalidad deportiva resulte de gran interés.

Hemos de decir que el sistema de videografía digital empleado dispone de una aplicación que nos provee de las herramientas necesarias para definir todas aquellas variables cinemáticas que necesitamos para nuestro análisis, pero dichas variables no existen a priori en el sistema, sino que han de ser ideadas, definidas y valoradas por el usuario. Esto hace que el objeto de esta investigación no sea establecer un patrón biomecánico de técnica correcta, sino definir un protocolo de valoración de la técnica con un sistema de fotogrametría vídeo que no está inicialmente adaptado a este deporte.

Para llevar a cabo este protocolo se han realizado estudios con cuatro sujetos. Los resultados obtenidos no son una muestra de valores biomecánicamente ideales, sino todo lo contrario, son los datos obtenidos en cuatro deportistas susceptibles de mejorar técnicamente. Así, los objetivos son, en primer lugar, definir la sistemática de análisis y, en segundo lugar, demostrar la aplicabilidad de la misma mediante cuatro casos concretos.

Existen dos modalidades olímpicas de este deporte, reconocidas por la Federación Internacional de Halterofilia (IWF: Internacional Weightlifting Federation): la arrancada y el dos tiempos. En este estudio nos hemos centrado en la primera de ellas, por ser el más simple de analizar.

El primer paso es conocer la ejecución técnica de la arrancada, esto es, conocer cómo se realiza el gesto, de qué fases consta y cuales son los errores que se deben evitar. A continuación, se definen una serie de variables cinemáticas que nos permitirán describir el gesto cuantitativamente. Finalmente se graba al deportista ejecutando el movimiento, con unos marcadores esféricos y reflectantes adheridos a la piel, en puntos anatómicos concretos. El resultado es una animación, que se mueve exactamente igual al deportista y a partir de la cual se realizan las correcciones técnicas.

MATERIAL Y MÉTODO

Material:

El sistema de fotogrametría empleado es KINESCAN IBV, con cuatro cámaras de vídeo CCTV Color y cuatro antorchas de luz. Las cámaras (marca SONY, modelo SSC-DC58AP), filman a 50 campos/s y tienen una velocidad de obturación de 1/1000s. La disposición del sistema es la siguiente: las cámaras se encuentran colocadas a 3 m de altura, en las esquinas de una sala de 42m² de superficie, enfocando al centro del laboratorio. Las antorchas se montan sobre la propia cámara.

Para la definición del sistema de referencia, empleamos una jaula cúbica, de dos metros cada dimensión, llamada celda de calibración.

Los puntos a partir de los cuales calcularemos las variables de interés se marcan a partir de doce esferas reflectantes de 28 mm de diámetro.

Para la realización de la arrancada necesitamos un carro olímpico (constituido por una barra de acero y un set de discos) y una tarima antideslizante y anti-impacto.

La barra es de forma cilíndrica, pesa 20 kgs. y mide 2.200 m de longitud.

Las pesas son discos de 45 cms. de diámetro. Hay de dos tipos: de caucho y de hierro. Las primeras pesan 50, 25, 20, 15 y 10 kgs, las segundas pesan 5, 2'5 y 1'25 kgs.

Se han filmado a cuatro deportistas de 16 años, entre 50 y 68 kg de peso, con un nivel técnico correspondiente a la categoría sub-17.

Método:

En primer lugar, hemos de definir el volumen de filmación de las escenas. Para ello, colocamos la celda de calibración en el centro del laboratorio, tal y como se observa en la figura 1 y la filmamos con las cuatro cámaras. Han de verse un mínimo de seis puntos de la celda con cada cámara¹. Esto nos permitirá establecer la relación entre un punto del espacio real y un punto en la imagen grabada, esto es, nos permite definir el sistema de referencia a partir del cual se realizarán los cálculos de todas las variables.

A continuación, decidimos las variables cinemáticas que nos ayudarán a la descripción del gesto. En función de estas, determinamos el lugar donde colocaremos los marcadores^{2,3}.

Para la valoración del movimiento del levantador, hemos definido las siguientes variables:



Figura 1: Celda de calibración

- Elevación y descenso de la pelvis (EP/DP): medida a partir de la altura alcanzada por un marcador virtual colocado al nivel de las caderas.
 - Tiempo de elevación y descenso de la pelvis (TEP/TDP)
 - Avance de los hombros respecto a la barra (AH): posición de adelantamiento de los hombros respecto a la barra.
 - Avance de los pies respecto a la barra (AP): posición de adelantamiento de los pies respecto a de la barra.
 - Ángulo de abducción de las caderas (AC): ángulo formado por los vectores cadera-rodilla izquierdo y cadera-rodilla derecho.
 - Salto (S): medido a partir de la altura alcanzada por la punta del pie.
- Para la valoración del movimiento de la pesa, se definen las siguientes variables:
- Ángulo de inclinación del tronco (ITr): es el ángulo determinado por el tronco respecto a un eje perpendicular al suelo.
 - Ángulo de flexión/extensión de cadera derecha/izquierda (FCD/FCI): es el ángulo formado por los vectores cadera-hombro y cadera-rodilla.
 - Ángulo de flexión/extensión de rodilla derecha/izquierda (FRD/FRI): es el ángulo formado por los vectores rodilla-cadera y rodilla-tobillo.
 - Ángulo de inclinación de la tibia derecha/izquierda (ITiD/ITiI): es el ángulo determinado por el vector tobillo-rodilla y un eje perpendicular al suelo.
 - Separación de los pies respecto a la vertical de los hombros (SH): es la diferencia entre el ancho de los hombros y la separación de la punta de los pies.
 - Separación de los pies respecto a la vertical de las caderas (SC): es la diferencia entre el ancho de las caderas y la separación de la punta de los pies.
 - Altura máxima alcanzada en el tirón respecto a la altura final. (AM).
 - Altura alcanzada tras la entrada respecto a la altura final (Am).
 - Desplazamiento vertical de la barra en la entrada (DV)
 - Velocidad máxima.
 - Angulo de las caderas respecto a la barra máxima y final (ACB).
 - Angulo de los hombros respecto a la barra máxima y final (AHB).
 - Desnivel de la barra respecto el plano del suelo en la posición final (DB)

En la figura 2 se muestran algunas de estas variables.

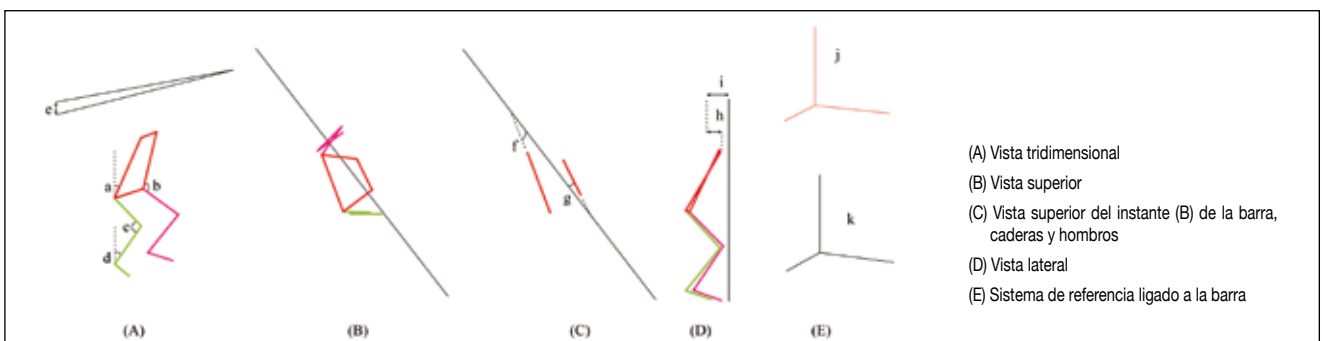


Figura 2: (a) ITr (b) FC (c) FR (d) ITi (e) DB (f) ACB (g) AHB (h) AH (i) AP (j) Sistema de referencia ligado a la barra en ese instante (k) Sistema de referencia ligado a la barra en el instante inicial

Una vez definidos los parámetros biomecánicos que nos ayudaran en el análisis de la técnica, procedemos a la filmación de los deportistas, a los que previamente hemos colocado los marcadores en los siguientes puntos anatómicos:

- Troquíter humeral.
- Trocánter mayor femoral.
- Interlínea articular de la rodilla, cara lateral.
- Maléolo externo.
- Falange distal del primer dedo del pie.
- Extremos de la barra.

Aparte de los marcadores reales, los que se colocan sobre el sujeto, se han definido cuatro marcadores virtuales, a nivel de la rodilla, caderas, hombros y en la barra. Se usan para dividir el gesto de la arrancada en cada una de sus fases. Dichos marcadores se calculan matemáticamente a partir de los marcadores reales. Por ejemplo, las coordenadas del marcador cadera virtual se calcularían a partir de las coordenadas de los marcadores cadera derecha e izquierda de la siguiente manera:

$$(X, Y, Z)_{cad_v} = (X_{cad_dcha} + X_{cad_izqda}, Y_{cad_dcha} + Y_{cad_izqda}, Z_{cad_dcha} + Z_{cad_izqda}) / 2$$

Esto es, el marcador cadera virtual es el punto medio entre la cadera derecha e izquierda.

Hay que decir que, en los ensayos previos a las pruebas que se discuten en este estudio, se colocaron marcadores a lo largo de la columna vertebral y en las extremidades superiores. Los primeros se desecharon ya que el esfuerzo máximo del levantador durante el ejercicio provoca-

ba en estos una sudoración tal que los marcadores de la columna se desplazaban respecto a sus posiciones originarias, siendo, por tanto, poco fiables las medidas que se realizaran a partir de estos. La razón por la que no se colocaron marcadores en el tren superior es su ocultación durante el movimiento. Debido a la disposición de las cámaras (a 3m de altura), hay un momento del ejercicio en el que las pesas ocultan los marcadores situados en codo y muñeca, lo que imposibilita la definición de variables a partir de ellos.

Para el cálculo de las variables AH, AP, ACB, AHB y DB hemos definido un sistema de referencia ligado a la barra. Así podemos referir el movimiento de cualquier punto respecto de ésta. Además, podemos definir el desplazamiento de la barra respecto a sí misma en la posición inicial, tal y como se observa en la figura 2.

La grabación de una escena dura aproximadamente cuarenta minutos, teniendo en cuenta la colocación de marcadores y el hecho de que el deportista va levantando cargas progresivamente hasta llegar al máximo. Cada levantador hace sólo una arrancada con carga máxima, esto es, no hemos hecho repeticiones del gesto con idea de quedarnos con la mejor ejecución del movimiento, ya que en realidad lo que perseguimos son, precisamente, gestos erróneos que poder analizar con el protocolo que hemos ideado.

La imagen grabada está totalmente oscurecida salvo aquellos puntos donde se ha colocado un marcador, que aparece como un círculo blanco. Tras la filmación, se visualizan los vídeos, para comprobar que no se ha ocultado ningún marcador y que no aparece ningún brillo en las imágenes (debido a reflejos en la sala, producidos por objetos metálicos como pesas, vestimenta del deportista...)

La siguiente fase del proceso consiste en construir un esqueleto de segmentos sobre las imágenes grabadas, mediante la conexión de los marcadores con líneas de colores.

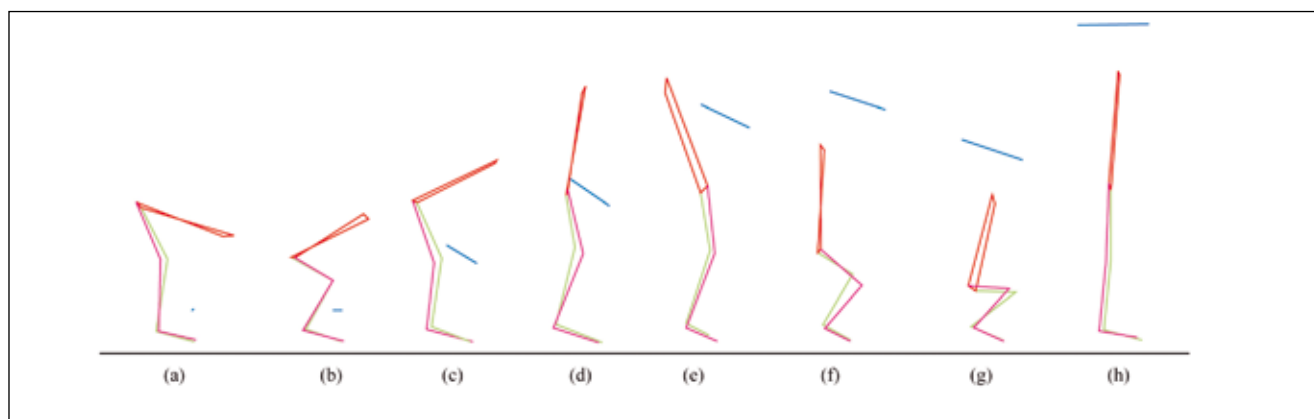


Figura 3: (a) Fase inicial, (b) Despegue o Inicio de la primera fase del tirón, (c) Inicio de la segunda fase del tirón, (d) Inicio de la entrada, (e) Instante de máxima extensión del tronco, (f) Instante en que la barra se encuentra en la altura máxima, (g) Fin de la entrada, (h) Recuperación

El primer fotograma de cada cámara se digitaliza de forma manual, siendo el resto de forma automática (previamente hay que fijar ciertos parámetros – nivel de gris, área mínima/máxima y excentricidad de cada marcador), que determinarán la rapidez del proceso.

El resultado es una animación, un muñeco que se mueve exactamente igual que el deportista y que se puede analizar desde cualquier perspectiva, ya que el análisis es tridimensional.

Ahora bien, la representación gráfica de variables requiere un paso adicional: el suavizado de las curvas. El método empleado es el de Varianza del Error, mediante splines de orden 5 (un algoritmo matemático que permite filtrar los errores de la digitalización)⁴.

La idea es ajustar los puntos medidos a una curva continua en el tiempo. Hemos de procurar que la curva pase por el máximo número de puntos medidos y que al mismo tiempo, refleje la suavidad del movimiento.

Finalmente, se obtienen todas las variables y se interpretan los resultados obtenidos, a partir de la visualización de la animación y del análisis de los gráficos representados.

RESULTADOS

Para el estudio de la arrancada hemos dividido el gesto en cinco fases^{2,5}, que son:

1. Posición inicial (a).

TABLA 2												
VARIABLE	FASE INICIAL				TRANSICIÓN				INICIO 1ª FASE TIRÓN			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
ITr (°)	103	96	109	106	65	-	-	-	75	68	61	64
FCD (°)	33	45	48	44	46	-	-	-	47	57	62	46
FCI (°)	33	45	48	44	46	-	-	-	47	57	62	50
FRD (°)	120	116	141	134	74	-	-	-	95	80	78	76
FRI (°)	125	116	148	139	82	-	-	-	100	80	74	76
ITiD (°)	16	25	13	14	34	-	-	-	27	42	37	35
ITiI (°)	12	25	12	14	30	-	-	-	22	42	41	35
AC (°)	1	16	18	6	13	-	-	-	7	28	60	30
AP (cm)	-0.7	3.0	2.1	-0.9	3.7	-	-	-	5.4	3.3	2.5	4.2
AH (cm)	12.1	14.2	23.2	16.7	15.7	-	-	-	19.3	19.1	14.6	15.4
SH (cm)	-3.4	-8.0	-8.7	-1.6	2.2	-	-	-	3.5	-5.0	3.3	5.8
SC (cm)	5.2	0	1.2	3.9	5.0	-	-	-	4.9	0.8	-1.9	3.2

Tabla 2: Durante la transición, sólo S1 presenta un punto de inflexión en las variables ITr, FR y ITi. Esto es debido a que EC es distinto de cero durante el despegue. En los demás sujetos no existe ese punto de inflexión, de ahí los guiones

- Primera fase del tirón: desde el despegue de la barra (b) hasta que esta alcanza la altura de las rodillas (c).
- Segunda fase del tirón: desde que la barra pasa la altura de las rodillas(c) hasta que llega a la altura de las caderas (d).
- Entrada: desde que la barra pasa la altura de las caderas (d) hasta que la barra llega a la altura mínima (g).
- Recuperación (h).

Dichas fases aparecen representadas en la figura 3.

En las tablas 1, 2, 3 y 4 aparecen los valores obtenidos para las variables calculadas en los cuatro sujetos (S1, S2, S3 y S4) en las distintas fases.

Las variables AP, AH, SH y SC pueden ser negativas. Esto significa, en el caso de AP y AH, que los pies y los hombros quedan retrasados respecto a la barra. En el caso de

TABLA 1 DESPEGUE				
VARIABLE	S1	S2	S3	S4
DC (cm)	24.4	16.6	30.2	27.6
TDC (s)	0.68	1.98	1.22	2.68
EC (cm)	9.4	-	-	-
TEC (s)	0.60	-	-	-

Tabla 1: Durante el despegue, sólo S1 presenta EC distinta de cero.

SH y SC significa que el ancho de los pies supera el de los hombros y el de las caderas, respectivamente.

El signo menos en la variable ITr significa que hay extensión del tronco, no inclinación.

Se observa un salto de 7 cm en S1, de 6 cm en S2 y de 10 cm en S4. En S3 sólo hay despegue de 3 cm del pie derecho, el pie izquierdo permanece en el suelo.

En la recuperación se aprecia que en los cuatro sujetos se da una inclinación del tronco de: 14° en S1, 9° en S2, 4° en S3 y 3° en S4. Con respecto a la variable SC, obtenemos: -39.9 cm en S1, -29.4 cm en S2, -11.9 cm S3 y -14.9 cm en S4.

En la tabla 5 se representan las variables que describen el movimiento de la barra.

DISCUSIÓN

El despegue de la barra en una arrancada, puede ser dinámico o estático, esto es, venir acompañado de movimiento pélvico o no. Ahora bien, puede ocurrir que, tal y como se refleja en la tabla 1, el movimiento sea sólo de descenso (tal y como sucede con los sujetos S2, S3 y S4)

o haya también un movimiento de elevación (tal y como ocurre con el sujeto S1). Si sólo hay descenso, la inclinación del tronco disminuye y la flexión de las rodillas y la inclinación de las tibias aumentan progresivamente. Cuando además hay elevación, se aprecia un ligero aumento en la inclinación del tronco y en la extensión de las rodillas, así como un ligero descenso en la inclinación de las tibias. La diferencia entre ambos movimientos se observa en la figura 4.

TABLA 5				
VARIABLE	S1	S2	S3	S4
ACB máxima (°)	9	18	17	12
AHB máxima (°)	14	15	16	4
ACB final (°)	3	2	9	6
AHB final (°)	3	7	8	8
AM (%)	75	77	77	75
Am (%)	66	64	62	63
DV (cm)	18.2	23.9	28.2	19.8
Vmax (m/s)	1.9	1.8	1.7	1.8
DB (cm)	3.0	3.0	0.6	19.8

Tabla 5: Variables que describen el movimiento de la barra

TABLA 3												
VARIABLE	INICIO 1ª FASE TIRÓN				FIN 1ª = INICIO 2ª				FIN 2ª FASE TIRÓN			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
ITr (°)	75	68	61	64	89	60	68	64	12	7	13	-12
FCD (°)	47	57	62	46	88	87	90	78	156	137	155	166
FCI (°)	47	57	62	50	88	87	90	85	156	150	148	173
FRD (°)	95	80	78	76	156	123	142	122	158	126	153	138
FRI (°)	100	80	74	76	160	123	142	126	165	130	139	138
AH (cm)	19.3	19.1	14.6	15.4	21.8	10.3	18.4	13.8	-8.5	-4.4	-3.6	-22.1

Tabla 3: Valores que toman las variables ITr, FCD, FCI, FRD, FRI y AH en el inicio de la primera fase del tirón, en la transición y al final de la segunda fase del tirón

TABLA 4												
VARIABLE	INICIO ENTRADA				Máxima extensión tronco				FIN ENTRADA			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
ITr (°)	12	7	13	-12	-19	-28	-20	-23	12	26	12	28
FCD (°)	156	137	155	166	173	198	196	170	84	99	84	70
FCI (°)	156	150	148	173	165	214	196	173	94	81	88	70
FRD (°)	158	126	153	138	140	154	145	134	51	51	38	46
FRI (°)	165	130	139	138	144	146	145	138	51	51	44	57

Tabla 4: Valores que toman las variables ITr, FCD, FCI, FRD y FRI en el inicio de la entrada, en el momento de máxima extensión del tronco y al final de la entrada

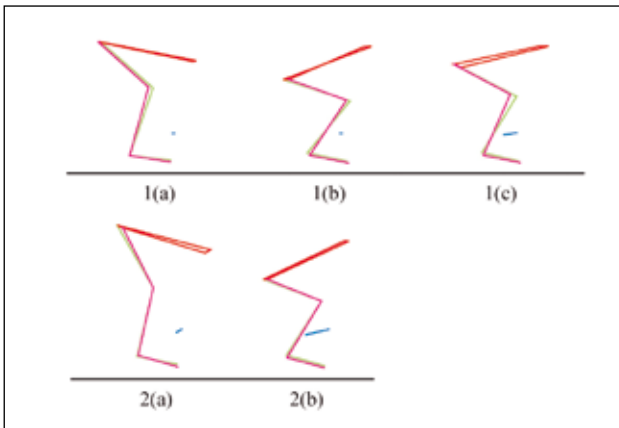


Figura 4: (1) Despegue dinámico con descenso (b) y elevación de pelvis (c); (2) Despegue dinámico con sólo descenso de pelvis (b)

La situación de los pies en la posición inicial es tal que su separación es aproximadamente igual a la anchura de las caderas⁶. En los sujetos filmados, en el peor de los casos tan sólo existe una diferencia de 5 cm.

En el tirón, vemos que S1 y S3 presentan una mayor inclinación de tronco durante la primera fase y una disminución en la segunda, mientras que en S2 y S4 sólo se da una disminución durante toda la fase. Esto concuerda con los resultados de la variable AH: S1 y S3 adelantan los hombros respecto a la barra en la primera fase (con lo que se posicionan en unas condiciones más favorables para un tirón más potente⁵) y los retrasan en la segunda mientras que en S2 y S4 los hombros se retrasan respecto a la barra durante toda la fase. Además, S1 y S3 presentan la máxima extensión de rodillas en el paso de una fase a otra.

Esto se traduce en que el levantamiento de la barra en S1 y S3 se produce, en un primer momento gracias a una extensión de los miembros inferiores, participando el tronco sólo en la segunda fase del tirón. En S2 y S4 el levantamiento de la barra se produce con el tronco y las extremidades trabajando al unísono.

Durante la entrada, en el momento de máxima extensión del tronco, vemos que S2 presenta una asimetría significativa (hasta 16°) en la extensión de caderas. Esto es debido a que existe una torsión del tronco de 20°, tal y como se aprecia en la figura 5.

Además, de la información combinada de las variables ITr y FC, deducimos que en los sujetos S1 y S4 durante el levantamiento de la pesa se produce no sólo una inclinación del tronco sino también una extensión de caderas que supera los 180°.

Por otro lado, hemos registrado que en todos los sujetos se produce un salto al realizar el tirón, sin adentrarnos en valorar si el mismo se produce hacia delante o hacia detrás, ya que en deportistas de este nivel no afecta significativamente al éxito del levantamiento⁷.

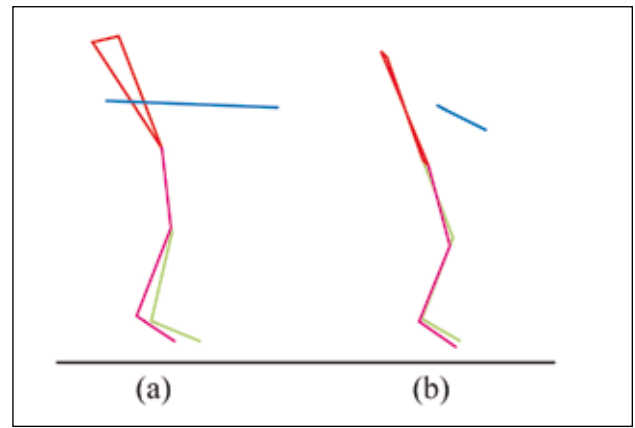


Figura 5: (a) Existe una torsión del tronco (b) No existe torsión del tronco

Al final del ejercicio, los pies han de estar ligeramente más separados que en la posición de partida⁶, pero los valores calculados para la variable SC oscilan entre -11.9 cm y -39.9 cm, lo que supone una separación significativa de los pies respecto a la línea que une las caderas.

Respecto al movimiento de la barra, apreciamos que en ninguno de los cuatro sujetos permanece paralela ni a la línea de los hombros ni a la de las caderas. En cuanto a la desviación con respecto al plano del suelo, medimos un valor de 19.8 cm en S4. No tenemos información de la posición de las extremidades superiores en ese instante, pero sí podemos medir el desnivel entre caderas y hombros de un lado y otro. Para este sujeto no existe desviación ninguna, por lo que podemos deducir que el desnivel de la barra se produce exclusivamente por acción de los brazos.

La figura 6 muestra la velocidad de la barra en la dirección vertical y en la horizontal durante todo el ejercicio. El pico

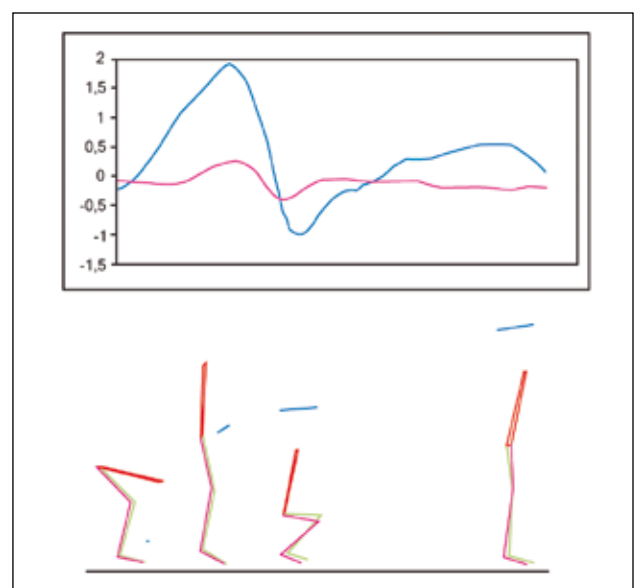


Figura 6: Arriba representamos la velocidad de la barra en la dirección vertical (azul) y horizontal (rosa). Abajo representamos el instante del movimiento en que esto ocurre

máximo se registra al pasar la barra la línea de las caderas, y tiene el valor de 1.9 m/s en casi todos los sujetos, coincidiendo con los datos registrados en otros estudios^{5, 8, 9}.

CONCLUSIÓN

Un estudio biomecánico del gesto de halterofilia mediante fotogrametría vídeo entraña varias dificultades:

- El aumento de la sudoración del sujeto a medida que va aumentando la carga hasta llegar a su máximo hace que sea necesario comprobar continuamente la disposición correcta de los marcadores.
- El tamaño de las pesas produce ocultación de marcadores en algunos fotogramas de algunas cámaras, lo que dificulta el análisis de las imágenes.

Esto hace que el tiempo necesario, no sólo durante la realización in situ de la prueba sino para su posterior análisis, sea superior al que se emplea en el estudio de otras modalidades deportivas, donde no se dan estas dificultades (por ejemplo, el ciclismo).

No obstante, vemos que, en los cuatro sujetos filmados, se hace una descripción exhaustiva del movimiento no sólo del deportista, sino también de la barra. Además, la posibilidad de visualizar el gesto desde cualquier perspectiva (recordemos que, al grabar con cuatro cámaras simultáneamente, el análisis es tridimensional) hace que la interpretación de los resultados sea más sencilla, así como más completa, pues fusionamos el resultado numérico obtenido a partir de las gráficas de cada variable con la imagen del deportista en cada instante y vista desde cualquier ángulo.

Así, en conclusión, podemos decir que, pese a ser un método laborioso resulta muy interesante dada su gran aplicabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abdel-Aziz YI, Karara HM . Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry (pp 1-18). American Society of Photogrammetry; 1971.
2. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Antoniou P, Christoforidis C, Mavromatis G, Garas A. Comparative 3-dimensional kinematic analysis of the snatch technique in elite male and female Greek weightlifters. *J.Strength Cond.Res.* 2002. 16(3): 359-366.
3. Chèze L, Dimnet J. Modeling human body motions by the techniques known to Robotics. En: Allard P, Stokes IAF, Blanchi JP. Three-dimensional analysis of human movement. *Human Kinetics* 1995. pp 177-201.
4. Woltring, H.J (1986). A Fortran package for generalizad cross-validatory splines moothing and differentiation. *Adv. Eng.Software*.8, pp 104-113
5. González Badillo, J.J. Halterofilia. Edit. Comité Olímpico Español, Madrid 1991.
6. García Blázquez FM , Hidalgo Ruiz S, Martínez Nova A. Halterofilia. Análisis del gesto podológico. *AMD* 2002; XIX (91) : 409-415.
7. Schilling BK, Stone MH, O'Bryant HS, Fry AC, Coglianesi RH, Pierce KC. Snatch technique of collegiate national level weightlifters. *J. Strength Cond. Res.* 2002. 16(4): 551-555.
8. Tadeo I, Junichi O, Kazuo F. Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement of elite asian weightlifters. *J Appl Biomech* 1996; 12: 508-516.
9. Haff GG, Whitley A, McCoy LB, O'Bryant HS, Kilgore JL, Haff EE, Pierce K, Stone MH. Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *J. Strength Cond. Res.* 2003. 17(1): 95-103.

Artículos originales

Estudio descriptivo sobre la relación entre la lateralidad y la fuerza del tren superior en escolares de 12 a 16 años

Descriptive study about the relationship between laterality and force of arm in 12-16 years old children

RESUMEN

La dominancia de uno de los lados del cuerpo sobre el otro obedece a una dominancia cerebral que está en relación con uno de sus dos hemisferios. Aunque parecen iguales funcionan de forma diferente y cada uno tiene una serie de funciones específicas.

La morfología corporal nos obliga desde el plano locomotor a realizar acciones con un lado de nuestro cuerpo o con los dos, de modo alternativo o simultáneo. Si trasladamos esta reflexión al campo del deporte observamos que todas las técnicas y ejecuciones necesitan de la implicación en una determinada proporción de un lado (brazo, pierna, costado, dedos, cadera...) con respecto al resto del cuerpo; y esto no es posible si no existe una afirmación del lado preferente del deportista, ya que si no es así por ejemplo, a la hora de tirar un penalti en fútbol o en balonmano no sabríamos con qué pie o mano deberíamos ejecutarlo.

Para comprobar de modo objetivo la dominancia con respecto a la fuerza de uno de los dos lados del tren superior elegimos un test básico y sencillo; validado por numerosos autores y artículos, como es la Dinamometría Manual, prueba para la valoración de la fuerza de agarre o prensión, realizada sobre 207 alumnos de Enseñanza Secundaria Obligatoria, tanto del sexo masculino como femenino y con edades comprendidas entre 12 y 16 años.

En los resultados de este estudio nos llama la atención que ni siquiera el hecho de ser zurdo o diestro influye en la dominancia de un brazo u otro en la dinamometría además que el tener más fuerza en una mano que en la otra es independiente del hecho que la persona sea diestra o zurda.

Palabras Clave: Dominancia, Lateralidad, Dinamometría, Deporte.

Jesús Barrera Expósito
Doctor en Educación Física
Instituto Nuestra Señora de la Victoria de Málaga

Carlos Melero Romero
Doctor en Fisiología del Ejercicio
Especialista en Medicina
de la Educación Física y del Deporte
Centro Andaluz de Medicina del Deporte-Málaga

ABSTRACT

The dominance of one side of the body over the other one depends on a dominant cerebral relationship with one of the two hemispheres. Although they may look the same they work differently and each one has specific job.

Body morphology makes us, from an anatomic point of view, carry out actions with one side of the body or both, simultaneously or alternatively.

If we translate this fact onto sports issues, we can see that every performance and technique implies the involvement of a specific portion of one side (arm, leg, fingers,hip) in relation to the rest of the body. This is possible since there is a side statement in the sportsman/woman. If this were not so, we would not know which hand or foot to use when kicking a penalty in football or handball, for example.

To confirm objectively the relationship between dominance and strength in one arm or the other, we have chosen an easy and basic test, the validity of which has been accepted by many authors and articles, in this case it is a hand-held dynamometric test. It measures the strength of the hand grip and was carried out on a group of 207 secondary school students both male and female, aged between 12 and 16.

From the results of this survey we can conclude than being left or right handed has got no influence on the dominance of one arm or the other in hand-held dynamometric tests. Moreover showing a higher level of strength in one arm than the other bears no relationship with being right or left-handed.

Key words: Dominance, Laterality, Dynamometric, Sport.

INTRODUCCIÓN

Es mucho lo que se ha escrito sobre lateralidad y aún más sobre la conveniencia de ser diestro o zurdo y los aprendizajes en uno u otro sentido. La dominancia de uno de los lados del cuerpo sobre el otro obedece a una dominancia cerebral, en concreto de uno de sus dos hemisferios. Aunque parecen iguales funcionan de forma diferente y cada uno tiene una serie de funciones específicas. El hemisferio derecho que se encarga de controlar el lado izquierdo del cuerpo, tiene funciones emocionales y creativas, de ahí que se hable de la sensibilidad de los zurdos. Por su parte el izquierdo comanda la lógica, la matemática, el lenguaje o la escritura. Ambos hemisferios está interconectados por el denominado cuerpo caloso y en esa comunicación radica la efectividad de todas las funciones citadas según estudios como el de Propper y Christman (2001).

La morfología corporal nos obliga desde el plano locomotor a realizar acciones con un lado de nuestro cuerpo o con los dos, de modo alternativo o simultáneo. Si trasladamos esta reflexión al campo de los deportes observamos que todas las técnicas y ejecuciones necesitan de la implicación en una determinada proporción de un lado (brazo, pierna, costado, dedos, cadera...) con respecto al resto del cuerpo; y esto no es posible si no existe una afirmación del lado preferente del deportista, ya que si no es así por ejemplo, a la hora de tirar un penalti en fútbol o en balonmano no sabríamos con qué pie o mano deberíamos hacerlo. Al análisis psicomotor hay que añadirle la base de condición física (fuerza, velocidad, resistencia...) imprescindible para completar cualquier ejercicio. Aquí existe un punto de encuentro donde vamos a centrar el presente estudio: la afirmación de la lateralidad viene acompañada del desarrollo mayor (cualitativo y cuantitativo) de la fuerza en ese segmento o lado del cuerpo dominante; evidentemente ni existe una lateralidad totalmente homogénea, ni todas las acciones son biomecánicamente iguales o similares, es decir, la pierna fuerte de golpeo puede ser la derecha en un sujeto diestro, mientras que la acción de batida o impulso la realizará con la izquierda, que es lo normal.

Son variados los factores que afectan a este paralelismo entre lado dominante y desarrollo de la fuerza: edad, actividades, factores genéticos, entrenamientos, patologías, aprendizajes y desde nuestro punto de vista el propio estilo de vida. Hoy en día nuestros púberes y adolescentes son más sedentarios, incluso llegando a presentar sobrepeso en muchos casos y existen estudios desde hace años que lo demuestran como los de Barrera (1998), Casimiro (2000) o Zanza (2003). Esta falta de actividad física suplementaria a las necesidades básicas como ir al colegio, andar por casa o salir con los amigos, acarrea déficits en el desarrollo motor de estos jóvenes. Una de estas carencias es el retraso en la afirmación del binomio lateralidad-fuerza en el tren superior de niños entre los 12 y 16 años y es lo que tratamos de describir en el presente estudio.

Numerosos autores y estudios como Zarco (1992) o Rigal (1987) sitúan la afirmación de la lateralidad básica entorno a los 7 u 8 años no siendo convenientes cambios drásticos en las preferencias de ejecución de los niños a partir de esas edades. Sí en cambio es susceptible la mejora cualitativa y cuantitativa del lado elegido en cada actividad; así por ejemplo si lanza con la mano izquierda que cada vez lo haga con mayor fuerza y precisión. En esta línea de afirmación y mejora deben planificarse nuestras propuestas de actividades como especialistas tanto de la docencia como del entrenamiento, apostando por la riqueza motriz y la variedad de estímulos.



PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO Y MATERIAL UTILIZADO

Elegimos un test para comprobar de modo objetivo la dominancia con respecto a la fuerza de uno de los dos lados del tren superior. Se trata de la Dinamometría Manual que es la prueba para la valoración de la fuerza de agarre o prensión. Las razones de esta elección fueron varias:

- La primera y principal es que valora nuestro objeto de estudio de manera clara, es decir mide la fuerza en cada mano-brazo con precisión en Kilogramos.
- Existen baremos estandarizados en diferentes franjas de edad para establecer comparaciones válidas con los resultados de nuestra muestra. Por ejemplo los de la Batería Eurofit que incluye esta prueba en su protocolo.
- El control de las variables que afectan o pueden afectar a las ejecuciones es alto, ya que se trata de una acción simple y con poco margen de generar dudas, ni sobre el gesto ni en la lectura del resultado.
- El material necesario para el trabajo es un poco caro en relación al dinero asignado al Departamento de Educación Física, pero hemos invertido en la compra de un Dinamómetro de precisión junto al Departamento de Ciencias de la Naturaleza, otorgando un toque de interdisciplinariedad al estudio.

- Finalmente el hecho de haber encontrado trabajos en la bibliografía en los que se utiliza y estipula como prueba válida y fiable la Dinamometría Manual en diferentes campos de la ciencia. Algunos ejemplos son: Molina (1999) que mide la fuerza de prensión manual en una población laboral; o Padial y col.(2003) que comparan la fuerza y su evolución entre tren superior e inferior en mujeres; Calbet y col.(2002) también utilizan la dinamometría manual en su trabajo sobre el entrenamiento de la fuerza en la iniciación deportiva. En el área de la medicina Taylor y col. (2004) lo aplican en jóvenes con problemas cerebrales; Backman (1998) lo analiza a nivel muscular en niños; Dash y Telles (2001) comparan los valores de la dinamometría entre un grupo de enfermos de reuma voluntarios y otro de reumáticos que practican yoga; Stuberg y Metcalf (1988) comparan niños sanos con niños con distrofias y problemas musculares.

Una vez justificada la elección del test pasamos a la descripción del material: se trata de un dinamómetro de prensión manual (GRIP STRENGTH DINAMOMETER) del modelo TKK.5101 que mide en unidades de KILOGRAMO con una precisión de +/- 0,1 kg.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO Y METODOLOGÍA UTILIZADA

La muestra está formada por 205 alumnos de 1º, 2º, 3º y 4º cursos de Enseñanza Secundaria Obligatoria del Instituto Nuestra Señora de la Victoria de Málaga. La elección de la población estudiantil viene dada por ser los cursos a los que el Profesor Doctor D. Jesús Barrera Expósito le imparte Educación Física durante el curso 2005/2006.

Antes de realizar la dinamometría se les hacían tres preguntas básicas para *confirmar la lateralidad manual*:

¿Eres zurdo/a o diestro/a de mano? Y se verificaba con tres acciones: escribir, coger una raqueta y levantar un peso con una mano.

El número total de zurdos sobre la muestra de 205 sujetos fue de 25 (14 en el Primer Ciclo de la ESO y 11 en el Segundo), o sea un 11,7 % del total. De ellos 17 eran zurdos de tren superior e inferior (9 en 1º y 2º de ESO y 8 en 3º y 4º de ESO) y los otros 8 presentaban lateralidad cruzada entre brazos y piernas (7 zurdos manuales y uno diestro).

¿Has tenido algún problema físico o enfermedad que te haya obligado a hacer cosas o acciones con una u otra mano?

Sólo registramos un caso, un alumno de 16 años que va en silla de ruedas por un problema de espina bífida que le afecta inmovilizándole el tren inferior.

¿Practicar alguna actividad física o deportiva fuera del instituto por lo menos dos días a la semana? ¿Cuál es?

En la práctica deportiva no hay diferencias notables entre sexos ni entre edades. Más de la mitad de los consultados realizan alguna actividad físico-deportiva fuera del instituto destacando el fútbol en valores absolutos de participación. Pero analizando año por año desde los 12 a los 16 se produce una tendencia al aumento de usuarios/as de gimnasios, incluyendo en este apartado desde el trabajo de gimnasia de mantenimiento hasta las pesas y el aeróbic en sus diferentes modalidades.

Este trabajo nos pone frente a algo hasta ahora desconocido para nosotros: *¿tenemos más fuerza con la mano que no pensábamos a priori!* De ahí la importancia de conocer los matices de la dominancia lateral manual del grupo que compone la muestra.

La dinamometría manual representa un índice de fuerza máxima provocado por la contracción isométrica de los músculos flexores de los dedos de la mano. El dinamómetro utilizado ha sido descrito en el apartado de material y exponemos el protocolo de ejecución de la prueba.

El alumno/a se coloca de pie con el brazo ejecutor flexionado cogiendo el dinamómetro para ajustarlo a su mano. Luego extiende el brazo al lado de su cuerpo dejándolo paralelo a la pierna pero sin tocarla. En este momento la palma de la mano está paralela al muslo y se le avisa de que tiene que ejercer toda su fuerza en el agarre del dinamómetro durante unos segundos, no más de 4 o 5. No debe realizar movimientos asociados que favorezcan el gesto, la fuerza la ejerce sólo con la mano. Dispondrá de dos intentos con cada mano anotándose el mejor en unidades de kilogramos de fuerza, tanto con la derecha como con la izquierda, con una precisión de 0,5 Kg. Debe realizarse un calentamiento adecuado que en nuestro caso lo basamos en el manejo de hojas de periódicos de desecho. Repartimos varias hojas a cada alumno/a y debía hacer una bola lo más prensada posible; primero con una



mano, luego con la otra y finalmente una tercera hoja que envolviera a las dos anteriores con ambas manos a la vez. También se les ofrece un intento previo (no máximo en intensidad) de familiarización con el aparato de medición, ya que el dinamómetro es algo novedoso y por tanto extraño para ellos. En caso de ser un intento nulo por alguna razón podrán repetirlo pasados unos minutos, de ahí la posibili-

dad de dos intentos; no se ha presentado ningún caso de dos nulos en el mismo niño/a.

Los resultados aparecen tabulados y ordenados por columnas indicando de izquierda a derecha: el sexo (masculino o femenino), la edad y las dos mediciones en Kilos (mano derecha e izquierda):

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
f	12	11,5	19
f	12	12,5	15
f	12	14	11
f	12	15	16,5
f	12	15	15,5
f	12	18	18
f	12	18	20,5
f	12	18,5	21
f	12	19	26
f	12	20,5	24,5
f	12	20	19
f	12	21	27
f	12	21	22
f	12	22	20,5
f	12	22	16,5
f	12	23	19
f	12	24	25
f	12	25,6	25
f	12	26	22

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
f	13	11	12
f	13	13	15
f	13	14,5	21,5
f	13	16	22
f	13	17,5	16
f	13	17	15
f	13	18	19,5
f	13	19	19
f	13	20,5	16,5
f	13	20	21,5
f	13	20	25
f	13	22	24
f	13	22,5	23
f	13	23,5	30
f	13	23	22
f	13	25	23,5
f	13	26	21,5
f	13	30	29
f	13	30	24,5
f	13	32	33
f	13	33,5	22,5

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
f	14	13	14
f	14	15,5	23
f	14	20	23
f	14	20,5	24
f	14	20	13,5
f	14	21	23
f	14	22	25
f	14	22	16
f	14	22	23
f	14	24	27
f	14	25,5	28
f	14	26	20,5
f	14	29,5	39
f	14	30	21

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
f	15	12	12
f	15	12,5	14,5
f	15	14	13
f	15	15	15
f	15	16,5	17,5
f	15	17,5	21,5
f	15	17	22
f	15	18	25
f	15	18	22
f	15	20	17,5
f	15	20	21
f	15	21	25
f	15	23	22
f	15	23,5	22,5
f	15	23	27
f	15	23,5	29
f	15	24	20
f	15	25	27
f	15	25	23,5
f	15	26,5	30
f	15	26	26
f	15	27	26,5
f	15	27	18
f	15	27	28,5
f	15	28	26
f	15	28,5	25,5
f	15	30	29
f	15	29	30
f	15	29	31
f	15	32	29

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
f	16	15,5	18
f	16	15	16
f	16	15	17,5
f	16	20	20
f	16	21	20
f	16	20	24,5
f	16	22,5	25
f	16	22	24
f	16	23	24
f	16	23,5	24
f	16	23	18
f	16	23	17,5
f	16	25	20,5
f	16	25	27
f	16	25,5	28
f	16	25	20,5
f	16	25	20
f	16	25,5	26,5
f	16	25	25
f	16	25	26
f	16	27	29
f	16	27	28,5
f	16	27	19,5
f	16	28	26
f	16	29	31
f	16	29	30
f	16	29,5	30
f	16	31	25,5
f	16	32	32
f	16	32,5	32
f	16	32	29
f	16	33	33
f	16	34	40
f	16	34	25
f	16	35	36
f	16	36,5	36,5

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
m	12	12	11,5
m	12	15	12,5
m	12	17	14
m	12	18	16
m	12	20	15,5
m	12	20,5	23
m	12	20	13
m	12	21,5	24
m	12	21	16,5
m	12	24	24
m	12	24	20,5
m	12	25	20
m	12	26	29
m	12	27	28
m	12	30	25
m	12	35	32

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
m	13	9	9
m	13	15	12,5
m	13	15	15
m	13	20,5	20
m	13	22	13,5
m	13	26	27
m	13	26,5	36
m	13	27	28
m	13	27,5	32,5
m	13	27	22
m	13	27,5	30
m	13	28	30
m	13	28	26,5
m	13	29	28,5
m	13	30	28
m	13	31,5	37
m	13	32,5	26,5
m	13	35	40

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
m	14	21	21
m	14	22	23,5
m	14	27	22,5
m	14	28	24
m	14	30,5	28
m	14	41	37
m	14	44	31

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
m	15	26	26,5
m	15	30	29
m	15	31	34
m	15	34,5	30,5
m	15	36,5	48
m	15	37	37
m	15	37	30,5
m	15	39	43
m	15	40	47
m	15	41	30,5
m	15	43	45
m	15	44	44,5
m	15	50	47

SEXO	EDAD	DCHA.	IZQ.
m	16	23	9
m	16	23,5	31
m	16	30	35
m	16	31	46
m	16	31,5	35,5
m	16	31	39
m	16	32,5	35
m	16	33	30
m	16	36	38
m	16	36	37
m	16	38	37
m	16	38,5	38
m	16	39	32
m	16	40,5	40
m	16	40	44
m	16	40	35
m	16	40,5	40
m	16	40	31
m	16	40	40
m	16	41	31,5
m	16	42	32
m	16	42	37,5
m	16	42	32
m	16	43,5	49
m	16	43	40
m	16	44	40,5
m	16	45	42
m	16	48	48
m	16	49,5	47
m	16	51	47,5
m	16	51,5	46,5

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En todos los tramos de edad analizados y en ambos sexos se produce un aumento en los índices de la fuerza de prensión manual a medida que los niños y las niñas crecen, los valores analizados son superados en su media por los del año siguiente y lo podemos ver en los Gráficos nº 1 y nº 2. Este incremento no es lineal sino que tiene fluctuaciones como indican autores como Shephard (1982) y Loko y col.(1996). Los chicos presentan una mayor ganancia de fuerza a partir de los 13 años en relación a las chicas, pero hasta esa edad los valores son bastante cercanos sobre todo entorno a los 12 años. Este último apunte viene sostenido por las conclusiones de la Tesis Doctoral de Barrera (1998) donde estudia una población escolar desde los 9 a los 12 años y apunta un desarrollo más precoz de las niñas con respecto a los niños a partir de los 10 años y medio.

Los valores medios obtenidos se corresponden con los límites establecidos por la Batería Eurofit. En concreto las niñas y los niños de 12 años de nuestro estudio tienen una media entorno al percentil 50. A los 13 años nuestras chicas se quedan en el percentil 35 de la Batería Eurofit mientras que los chicos rondan el 50. El grupo de niñas de 14 años no llega al percentil 30 y por su parte los niños están en el 45. En los 15 años nuestra población masculina se mantiene en el percentil 45 y la femenina baja al 15. Finalmente en la franja de los 16 años las chicas vuelven a subir hasta el percentil 35 y los chicos descienden al 30. Hemos de comentar que los valores de la Batería Eurofit a nuestro parecer están un poco desfasados y lejos de la realidad de nuestros centros y alumnado; por ello hay estudios como el del Grupo Avena (2000) que adaptan y modifican estos valores estableciendo sus propias tablas. En relación a este trabajo los nuestros chicos de 16 años estarían en el percentil 50, mientras que las chicas se acercarían al 60.

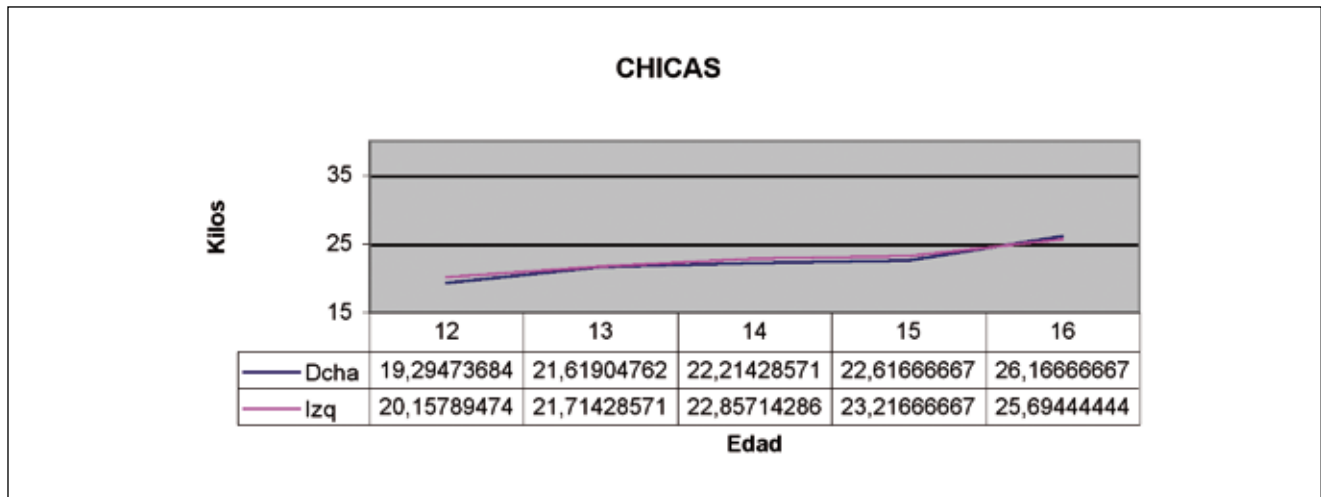


Gráfico n° 1

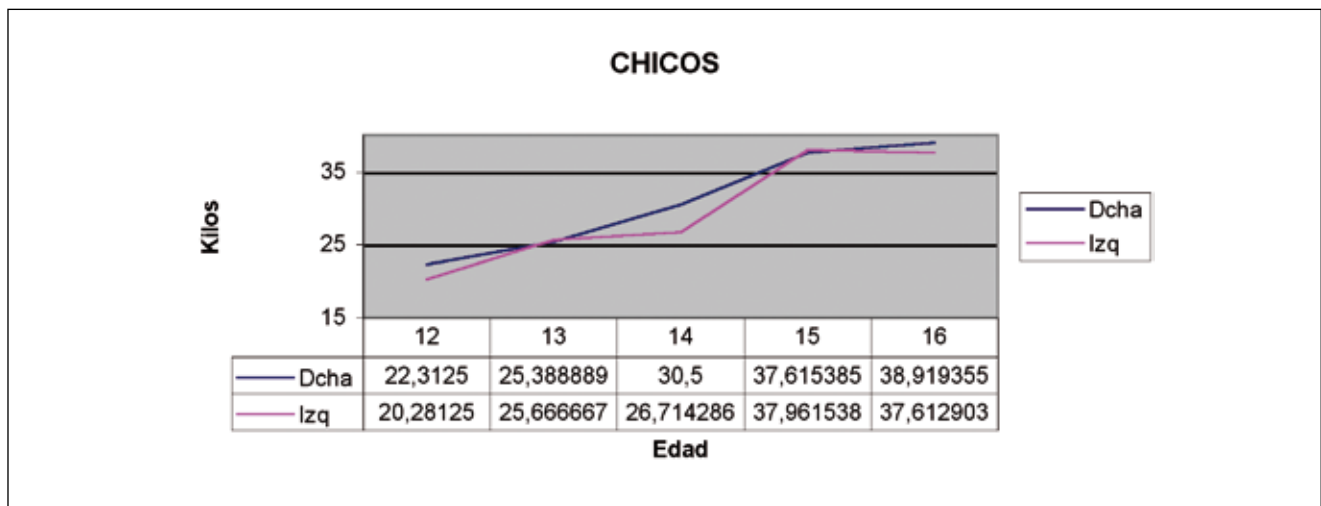


Gráfico n° 2

Si analizamos la diferencia de los kilos de fuerza de agarre con la mano derecha menos los de la izquierda obtenemos estas relaciones:

Media=	0,300487805
Este valor nos indica que no hay mucha diferencia entre las medidas de la mano derecha y la izquierda. Si sumamos todos los restos (Kg. Mano derecha – Kg. Mano izquierda) obtenemos un valor de 61,6 que al ser positivo denota esa pequeña diferencia a favor de la derecha.	
Desviación Típica=	4,473697615
Es el valor absoluto de la diferencia media entre la mano derecha y la izquierda. No es demasiado alto, lo cual indica la igualdad en las diferencias (resta) entre una y otra mano.	
Coficiente Correlación=	0,872799624
Es alto y confirma el que no hay una tendencia destacada de ninguna de las dos manos sobre la otra en los Kg medidos en esta prueba.	

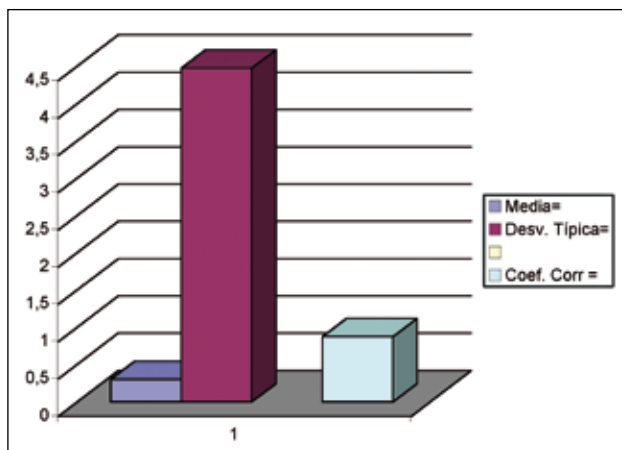


Gráfico n° 3

No se observan diferencias reseñables desde el punto de vista de la lateralidad de cara al resultado de esta prueba de fuerza. O sea, que ni la edad (en la franja que nos ocupa entre 12 y 16 años), ni el sexo, son factores determinantes para que se tenga más fuerza en un brazo que en el otro. De hecho los resultados indican que de los 205 sujetos analizados 18 presentan la misma fuerza en la mano derecha que en la izquierda; 92 mayor fuerza en la derecha que en la izquierda y 95 tienen valores absolutos más elevados en la mano izquierda.

Ni siquiera el hecho de ser zurdo o diestro influye en la dominancia de un brazo u otro en la dinamometría. El grupo de zurdos de nuestro estudio como expusimos con anterioridad es de 25 en total, de los cuales 11 presentan lateralidad cruzada del tren superior con respecto al inferior, pero solo uno de ellos es diestro de mano y zurdo de pie; hay por tanto 24 zurdos de mano-brazo de una muestra de 205. Esto supone aproximadamente un 12 %. Sucede que el porcentaje de ejecutantes que realiza más Kilos de fuerza con la mano izquierda supera el 46% (Gráfico n° 4). Pero además, casi la tercera parte de los zurdos tienen más fuerza de agarre en su mano derecha que en la izquierda.

Número de personas= 205		
Iguales	Mayor Dcha	Mayor Izqd
18	92	95
8,78%	44,88%	46,34%

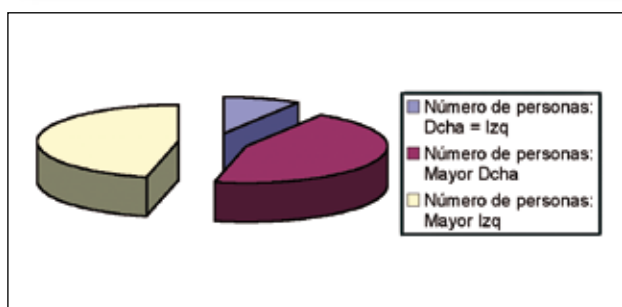


Gráfico n° 4



CONCLUSIONES

- *La dominancia lateral no se corresponde en todas las acciones con el predominio de la fuerza en ese segmento. Concretamente en nuestro estudio, aunque el número de diestros es muy superior al de zurdos, el tener más fuerza en una mano que en la otra es independiente del hecho que la persona sea diestra o zurda.
- *Entre los doce y los dieciséis años la fuerza de prensión es mayor en los chicos que en las chicas en todos los tramos de edad, pero la diferencia de sexo tampoco influye en la mano con la que se imprime más fuerza de agarre.
- *Finalizamos animando a los compañeros/as a realizar trabajos basados en mediciones objetivas ya sean a nivel morfológico (pliegues grasos, talla, peso, perímetros musculares...) como fisiológico (frecuencias cardíacas, respiratorias, respuestas al ejercicio...) porque nos ayudará a conocer mejor a nuestros alumnos/as y a mejorar nuestro campo científico. No debemos dudar en pedir la colaboración de médicos especialistas en Medicina de la E.F. y el Deporte, fisioterapeutas, psicólogos y otros ámbitos que aunque afines al nuestro son dominados por otros profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE-ASCM. (2000). *Manual de consulta para el control y la prescripción del ejercicio físico*. Barcelona. Ed. Paidotribo.
- BACKMAN, E. (1998). Methods for measurement of muscle function. Methodological aspects, referent values for children, and clinical applications. *Scand j Rehabil Med Suppl.* 20: 9-95. Review.
- BARRERA, J. (1998). "Estudio descriptivo antropométrico de una población infantil desde los 9 a los 12 años realizado en cuatro colegios de la provincia de Málaga". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- BLÁZQUEZ, D. y col. (1999). *La iniciación deportiva y el deporte escolar*. Barcelona. Ed. Inde.
- CASIMIRO, A.J. (1999). "Comparación, evolución y relación de hábitos saludables y niveles de condición física-salud en escolares, entre final de Educación Primaria (12 años) y final de ESO (16 años)". Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- CHACÓN, D.; PÉREZ, W. y PRADO, JR. (2005). Diagnóstico del desarrollo físico en escolares con Síndrome de Down y niños de aulas integrales". *Revista digital. Edeportes*. Buenos Aires.
- DASH, M. y TELLES, S. (2001). Improvement in hand grip strength in normal volunteers and rheumatoid arthritis patients following yoga training. *Indian J Physiol Pharmacol.* Jul. 45 (3): 355-60.
- GROSSER, M. y STARISCHA, S. (1988). *Tests de la Condición Física*. Barcelona. Ed.
- GRUPO AVENA (2000). En busca de un índice fiable de condición física en adolescentes. Estudio Piloto. Universidad de Granada.
- HAHN, E. (1988). *Entrenamiento con niños*. Barcelona. Ed. Martínez Roca.
- JIMÉNEZ, M.A.; GEA, J.; PALLÁS, O.; FÉLEZ, M.A. y BROQUETAS, J.M. (1998). Morfometría fibrilar del músculo intercostal externo. Comparación entre los lados dominante y no dominante en pacientes con EPOC. *Archivos de bronconeumología*; 34:189-193.
- LOKO, J.; SIKKUT, T. y AULE, R. (1996). Sensitive periods in physical development. *Modern Athlete and Coach*, 34 (2): 26-29.
- LÓPEZ-CALBET, J.A. y SERRANO J.A. (2002). El entrenamiento de la fuerza en la iniciación deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- MAYOLAS, M.C. (2003). Un nuevo test de valoración de la lateralidad para los profesionales de la Educación Física. *Apunts. Inefc*. Barcelona.
- MOLINA, J.M. (2003). Alteraciones musculoesqueléticas de las extremidades superiores: dimensiones antropométricas y medidas de presión manual en la población laboral. *Archivos de prevención de riesgos laborales*; 6(4):166-171. Barcelona.
- NÚÑEZ, J.P.; CARBONELL, A.; BURGOS, M.A.; NÚÑEZ, J. y PADIAL, P. (2004). Evolución de la fuerza del tren superior e inferior en mujeres sanas de 20 a 80 años. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada.
- PIÈRON, M. ; TELAMA, R. ; ALMOND, L. y CARREIRO, F. (1997). "Lifestyle of young europeans: comparative study". En Walkuski, J. y col. World conference on teaching, coaching and fitness need in physical education and the sports sciences. *Proceedings AIESEP*. Singapore: 403-415.
- PINDADO, J. (2005). Las posibilidades educativas de los videojuegos. Una revisión de los estudios más significativos. www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n26.
- PROPPER, R. y CHRISTMAN, S. (2001). "Neuropsychology". University of Toledo. Ohio. USA.
- RIGAL, R. (1987). *Motricidad humana: fundamentos y aplicaciones pedagógicas*. Madrid. Editorial Pila Teleña.
- RIVERA, E. y TRIGUEROS, C. (1991). Educación física de base. Enseñanza Primaria. La Gioconda. Granada.
- SHEPHARD, R.J. (1982). Physical activity and growth. Year book medical. Chicago.
- STUBERG, W.A. y METCALF, W.K. (1988). Reliability of quantitative muscle testing in healthy children and in children with Duchenne muscular dystrophy using a hand-held. *Phis Ther.* Jun. 68 (6): 977-82.
- TAYLOR, N.F.; DODD, K.J. y GRAHAM, H.K.(2004). Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. *Arch. Phys Med Rehabil*; Jan; 85 (1): 77-80.
- TORRES, J. (1996). *Teoría y práctica del entrenamiento deportivo. Consideraciones Didácticas*. Granada. Imprenta ROSILLO'S.
- WICKSTROM, R.L. (1990). *Patrones motores básicos*. Madrid. Ed. Alianza Deporte.
- ZANZA, G. (2003). La mitad de los niños y una tercera parte de los españoles tienen problemas de sobrepeso. *ABC*. 4 Sept. Pág 43.
- ZARCO, J.A. (1992). *Desarrollo infantil y educación física*. Ed. Aljibe. Archidona. Málaga.
- ZULIANI, L. (2005). El uso de ambas manos posibilita un desarrollo mejor. www.encolombia.com/medicina/pediatría.

Artículo de revisión

Métodos para aumentar la disponibilidad de oxígeno en los tejidos

Methods to increase tissue oxygen availability

Juan Manuel Alonso

Director de los Servicios Médicos
Real Federación Española de Atletismo

RESUMEN

La distribución de oxígeno a los músculos es de enorme importancia en los ejercicios aeróbicos y el transporte de oxígeno es un factor limitante en los deportes de resistencia. Las personas involucradas en el deporte han utilizado diferentes métodos para aumentar la transferencia de oxígeno hacia los músculos que están activos y de esta forma mejorar el rendimiento. Algunos de estos métodos incluyen el entrenamiento de altitud y aparatos que provocan hipoxia. Otros como el empleo de la eritropoyetina (EPO) sus análogos, miméticos y su gen, tienen justificadas indicaciones y aceptables aplicaciones en el medio clínico, si bien son ilegales en el medio deportivo. Actualmente están siendo desarrolladas nuevas sustancias capaces de mejorar la disponibilidad de oxígeno en los tejidos por la biotecnología y aparecerán pronto en los mercados. Las técnicas de detección de estos métodos son complicadas y de difícil aplicación, siendo la mayoría de estas sustancias hoy día todavía indetectables.

Palabras clave: Oxígeno, eritropoyetina, detección.

ABSTRACT

The delivery of oxygen to muscle is critical in aerobic exercise. Oxygen transport is a limiting factor for endurance sports. People involved in sport have tried various methods to increase oxygen transfer to working muscles and thereby improve performance. Some of these include altitude training and hypoxic devices. Other methods such as erythropoietin (EPO) its analogues, mimetics and gene have specific indications and accepted applications in clinical settings, but their use in sport is banned. New substances are currently being developed that soon will appear on the market able to improve tissue oxygen availability. The techniques to detect these substances are complex and difficult to implement. Most of these substances remain undetectable to date.

Key words: Oxygen, erythropoietin, detection.

INTRODUCCIÓN

La distribución de oxígeno a los músculos es de enorme importancia en los ejercicios de resistencia sub-máximos y máximos, y el transporte de oxígeno es un factor limitante en el trabajo de las células musculares¹. El transporte de oxígeno a los músculos que están actuando es una función del torrente sanguíneo y del contenido de oxígeno en la sangre². El oxígeno es distribuido de dos formas: por difusión en el plasma (3%) o combinado a la hemoglobina (Hb) (97 %)¹.

Es posible aumentar el contenido de oxígeno en sangre mediante (figura 1): (1) aumento de la concentración de Hb, o modificando la capacidad de Hb de entregar oxígeno utilizando efectores alostéricos de Hb; ó (2) utilización de transportadores de oxígeno que cumplan el papel de la Hb. Una vez que la disponibilidad de oxígeno en la sangre es mejorada por uno o más de estos medios, su distribución a los músculos se mejora, permitiendo una elevación del rendimiento aeróbico³.

Los métodos que permiten aumentar el transporte de oxígeno en la sangre (figura 1), llaman la atención de atletas, entrenadores y otros interesados en la mejora de la capacidad de resistencia. Algunos de estos métodos son éticamente aceptables, pero otros han sido prohibidos en el atletismo y en el resto del mundo deportivo. El autor de este artículo respalda firmemente las actuales reglas anti-

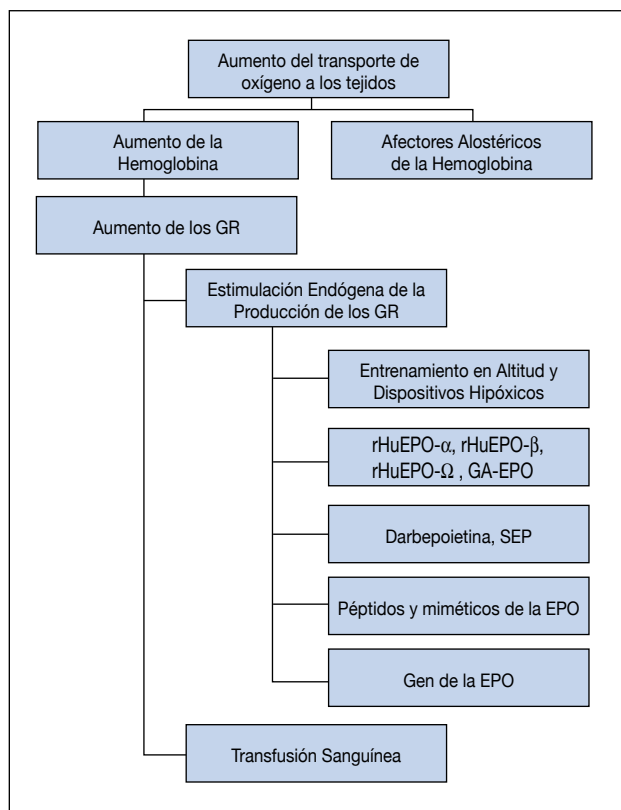


Figura 1. Métodos de aumento del transporte de oxígeno en los tejidos. Modificado de Gaudard et al³.

dopaje y condena el uso de drogas prohibidas u otros métodos que incrementen el rendimiento en forma artificial⁴. El objetivo de este trabajo es el de hacer una revisión de una serie de métodos y drogas que pueden incrementar la disponibilidad de oxígeno en los tejidos. Se relata el desarrollo de estos métodos, su eficacia y potencial utilización como dopaje y el riesgo asociado para la salud. También se describen los métodos directos e indirectos de detección de estas sustancias.

1. ACCIÓN DIRECTA SOBRE LA HEMOGLOBINA (HB)

Aumentar la distribución de oxígeno por acción directa sobre la Hb puede ser logrado ya sea aumentando la Hb a través del aumento de glóbulos rojos (GR), o modificando la capacidad de la Hb de entregar oxígeno usando efectores alostéricos de Hb³.

1.1 Transfusiones de Sangre

La idea de utilizar transfusiones de sangre para aumentar la cantidad de oxígeno en sangre se difundió en los años 70¹. El interés de la prensa sensacionalista con respecto al “dopaje sanguíneo”, se inició a partir de los rumores sobre su utilización en las carreras de larga distancia, ciclismo, esquí de fondo, y pruebas de biatlón durante los Juegos Olímpicos de 1972². En 1976 la Comisión Médica del Comité Olímpico Internacional (COI) condenó formalmente la práctica de la transfusión sanguínea en atletas con buena salud, pero dicha práctica continuó. Sin embargo, no fue hasta que el Comité Olímpico de los EEUU revelara que varios miembros de su equipo en los Juegos Olímpicos de 1984 habían recibido transfusiones, que el COI prohibió el procedimiento².

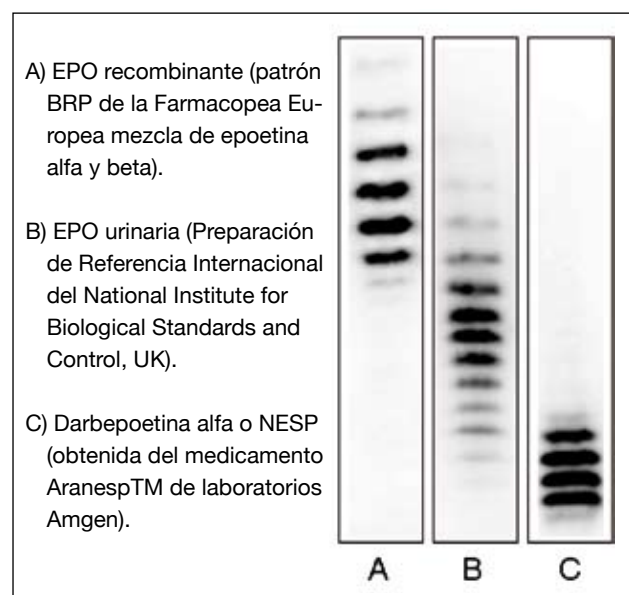


Figura 2. Imagen de los perfiles de isoelectroenfoque (IEF).

En la práctica, el dopaje sanguíneo parece funcionar. Siguiendo el trabajo pionero de Ekblom, varios grupos de trabajo han señalado similares mejorías en el tiempo hasta el agotamiento y los tiempos medios en los 5 ó 10 km. Ninguno de estos estudios utilizó grupos de control apropiados aunque las pruebas parecen convincentes. Muchos expertos creen que la eritrocitemia inducida mejora el rendimiento, al menos el rendimiento aeróbico⁵.

El dopaje sanguíneo está definido en la Lista del año 2006 del Código Mundial Antidopaje como “el uso de sangre o de células sanguíneas rojas, de carácter autólogo, homólogo o heterólogo de cualquier origen, con un fin o justificación distinta a la de legítimos tratamientos médicos”⁶.

En el caso del aporte autólogo, varias unidades de sangre (~ 450 mL. cada una), son extraídas por flebotomía y luego centrifugadas. Mientras los componentes del plasma son inmediatamente reinfundidos, los GR son separados, guardados y más tarde reinyectados^{3,7}. Las técnicas de almacenamiento para el aporte autólogo de eritrocitos, permiten una vida mínima de 35-42 días si son guardados a 4°C, o hasta 10 años si se guardan a -65°C en glicerol. Si se elige la opción de almacenarlos a 4°C, los GR deben ser extraídos en los 42 días previos al campeonato elegido, o por lo menos 4 a 8 semanas antes de la competición en la que el atleta quiere tener beneficios^{3,8}. Utilizando este método, un atleta experimentará una reducción de la capacidad aeróbica durante varias semanas que son las que la médula ósea necesita para reemplazar las células que han sido recolectadas. Desde el punto de vista de la fisiología del ejercicio, esto no constituye una preparación ideal para una competición de importancia. Sin embargo la alternativa de congelar los eritrocitos a -65°C y luego descongelarlos para su re-inyección, demanda mucho tiempo y el costo del equipamiento requerido, materiales y la ocupación de personal altamente capacitado es considerable. Por ello, cada flebotomía se realiza en forma espaciada por varias semanas, de forma que el nivel normal de hematocrito (Htc) pueda ser restablecido previamente a la siguiente flebotomía⁷. Usualmente, la re-infusión de sangre una vez que la unidad está preparada, se realiza entre 1 y 7 días antes de la competición que es el objetivo deportivo^{3,7}.

El aporte autólogo de GR no es absolutamente seguro. Los errores administrativos en la identificación y en el manejo de los productos de la sangre son las causas más comunes de problemas serios relacionados con este método. Las personas que reciben infusiones autólogas también se enfrentan al riesgo de infecciones bacterianas por el mal manejo de la sangre. En el caso de transfusiones homólogas se pueden usar técnicas de refrigeración para cortos períodos de almacenamiento, sin embargo, las GR pueden degradarse progresivamente y el período máximo de almacenamiento es de alrededor de 42 días. Como consecuencia, los atletas que desean recibir una transfusión homóloga, deben buscar un centro médico o un banco de sangre que les pueda proveer con unidades de sangre

que tengan menos de 42 días de almacenamiento. Esta situación es difícil en algunos países, ya que la disponibilidad de sangre es limitada y los pacientes con problemas hematológicos obviamente tienen prioridad⁴.

También hay varios y reconocidos riesgos con la transfusión homóloga. Existe la posibilidad de contraer el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida por el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH), Hepatitis B o Hepatitis C, si bien en general el riesgo de estas infecciones es bajo. Otros riesgos relacionados con la sangre proveniente de los bancos de sangre, incluyen las reacciones a transfusiones debido a incompatibilidad del tipo sanguíneo, en general debido a errores administrativos, y otras reacciones menores incluyendo fiebre y dolores corporales, y también lesiones pulmonares agudas debido a transfusiones e infecciones bacterianas².

Con relación a la detección del dopaje sanguíneo, podemos decir que ha habido algunos progresos. Parece posible identificar transfusiones con sangre homóloga utilizando sofisticados métodos hematológicos y técnicas de Ácido Desoxi-ribonucleico (ADN)³. Se han señalado resultados prometedores en experimentos utilizando citometría de flujo, un método basado en el uso de anticuerpos para identificar diferentes poblaciones de GR^{9,10}. Sin embargo, la transfusión autóloga no puede ser detectada a menos que puedan obtenerse múltiples muestras de sangre antes y luego de la re-infusión. Por lo tanto es evidente que aún son necesarias más investigaciones sobre la detección del dopaje sanguíneo³.

Debe ser mencionado que la combinación de dos métodos ilegales, la infusión de sangre autóloga y el uso de eritropoyetina humana recombinante (rHuEPO) puede aumentar su respectiva eficacia y reducir la posibilidad de detección^{3,11}. Esta técnica pudo haber sido utilizada por primera vez en el deporte de alto nivel, en los Juegos Olímpicos de Invierno en Salt Lake City 2002¹². Los atletas podrían estar experimentando también con una variación de una práctica bien definida, que se utiliza en el ámbito de pre-cirugía, denominada transfusión autóloga aumentada de rHuEPO (TAAE). Esta modificación de TAAE permite que sujetos jóvenes y saludables puedan recoger y almacenar dos o tres unidades de su propia sangre y hacerse una transfusión a sí mismos inmediatamente antes de una competición importante^{3,11}. Sin embargo, la utilización plena de TAAE podría requerir respaldo médico especializado pero ilegal¹¹.

1.2 Estimulación endógena de la producción de células sanguíneas

La estimulación natural de la proliferación y diferenciación de las células progenitoras de los eritrocitos en la médula ósea es causada por la EPO, cuya producción a su vez

está regulada por la oxigenación. Por lo tanto, la hipoxia en los tejidos es un estímulo para la síntesis endógena de EPO¹³. Existen diversos métodos para la utilización de este concepto fisiológico para aumentar la EPO y los GR. El aumento de los GR puede también ser alcanzado utilizando rHuEPO así como productos relacionados como EPO en cápsulas o miméticos de EPO.

1.2.1 Entrenamiento en altura y otras alternativas de hipoxia

Es bien conocido que la hipoxia estimula la eritropoyesis, aumentando de esta forma la cantidad de Hb y el volumen de las células rojas, mientras disminuye el volumen de plasma. Desde los Juegos Olímpicos de Ciudad de México, muchos estudios han sido publicados para apoyar el uso de entrenamiento en altura como una ayuda ergogénica para el rendimiento aeróbico. Sin embargo, hay aún mucha controversia acerca de la altura precisa que se requiere para optimizar el rendimiento aeróbico a nivel del mar. También es difícil cuantificar los beneficios del entrenamiento en altura y por ello no es fácil determinar si los cambios fisiológicos que ocurren después del entrenamiento en altura pueden ser atribuidos a una mejoría de las condiciones físicas o al efecto adicional de la situación de hipoxia específicamente³.

Levine et al introdujeron en 1991 el concepto de “vivir en alto y entrenar abajo”, en el cual los atletas viven en lugares con alturas entre 2000 y 2700 metros y entrenan a 1000 metros o menos. Se cree que el hecho de vivir en alturas relativamente altas produce el aumento del nivel de EPO sérica, de las GR y de hemoglobina¹⁴. Esta estrategia permite el mejoramiento a nivel hematológico y, a la vez, entrenar con intensidades similares a las que se utilizan a nivel del mar. Esto último permite inducir las adaptaciones neuromusculares necesarias a través de los estímulos suficientes. Ambas adaptaciones fisiológicas pueden conducir a una mejoría del consumo máximo de oxígeno a nivel del mar y a mejorar el rendimiento en pruebas de resistencia¹⁴.

En los años recientes, los atletas de resistencia han comenzado a utilizar nuevos y variados aparatos que se pueden usar en conjunción con el concepto de “vivir en alto y entrenar abajo”. Estos incluyen; (I) hipoxia normobárica a través de la dilución de nitrógeno (carpas de hipoxia), (II) suplemento de oxígeno, (III) aparatos para dormir en situación de hipoxia, (IV) exposición a hipoxia intermitente (HI)^{3,14}.

El uso de “tiendas o casas de altitud” es un método desarrollado en Finlandia en los años 90 y luego difundido a otros países incluyendo Australia. Un apartamento de hipoxia es un medio ambiente en el cual se vive en condiciones normobáricas de hipoxia y que simula alturas de 2000 a 3000 metros, permitiéndole al atleta seguir el concepto

de “vivir en alto y entrenar abajo”. Varios datos científicos sugieren que este método permitiría producir cambios en la EPO sérica, el número de reticulocitos y también en el número de GR. Sin embargo, otros estudios no han logrado encontrar cambios en los índices de eritropoyesis que deben resultar de la exposición a condiciones de hipoxia normobárica^{3,14}. Un número limitado de estudios han demostrado que la capacidad anaeróbica y el rendimiento se mejoran a través del uso de casas de hipoxia¹⁴.

El suministro de oxígeno ha sido utilizado para simular condiciones de normoxia (situación normal a nivel del mar), o de hipoxia en entrenamiento de alta intensidad, llevados a cabo en altura. La utilización de suministro de oxígeno de esta manera es una modificación de la estrategia “vivir en alto y entrenar abajo” en la que los atletas viven en un medio ambiente natural en altura, pero entrenan a “nivel del mar” con la ayuda del suplemento de oxígeno. Aunque limitados, los estudios científicos con respecto a la eficacia del entrenamiento en condiciones de hiperoxia, sugieren que los entrenamientos de alta intensidad, a alturas moderadas (1800 m.) y el rendimiento de resistencia a nivel del mar, pueden ser favorecidos por el uso de suplementos de oxígeno. Es necesario proseguir con los estudios en esta dirección¹⁴.

Los atletas en pruebas de resistencia han comenzado a utilizar aparatos para dormir en condiciones de hipoxia, como parte de sus programas de entrenamiento en altura¹⁴. Hay distintas modalidades disponibles en el mercado. Estos aparatos pueden simular alturas de hasta 4000 metros. Actualmente no hay estudios que hayan sido publicados sobre los efectos de dichos aparatos sobre GR, el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) o el rendimiento aeróbico³.

El uso de la exposición a hipoxia intermitente, con el propósito de mejorar el rendimiento atlético se basa en el hecho de que breves exposiciones a condiciones de hipoxia (1.5-2 horas) estimula la liberación de EPO^{3,14}. Los atletas utilizan la HI mientras descansan o en conjunción con las sesiones de entrenamiento. Esto último se denomina Entrenamiento Hipóxico Intermitente (EHI). No está claro cual de las dos variantes, HI o EHI conducen a aumentos en GR, Hb, o Eritrocitos, además del aumento de EPO sérica¹⁴. Hay muy pocos datos que respaldan que HI o EHI mejoran el VO₂max. y el rendimiento en atletas bien entrenados. Sin embargo, existen datos preliminares que sugieren que la potencia anaeróbica y la capacidad anaeróbica pueden mejorar como resultado de HI^{3,14,15}. También se hace necesario profundizar los estudios en esta área.

Se ha objetado la utilización de aparatos que pongan a los deportistas en condiciones de hipoxia por razones éticas. De hecho, la utilización de aparatos simuladores de condiciones de altura para quienes vivían en la Villa Olímpica, fue prohibida por los organizadores de los Juegos Olímpicos de Sydney. Sin embargo los fundamentos contra estos aparatos parecen infundados⁴. El Comité Olímpico de

Noruega ha dado un paso adelante con una posición en la que respalda el uso de casas de altura y establece que la utilización de estos aparatos está dentro de las normas éticas que sigue el deporte¹⁶. Sin embargo un panel de revisión de los problemas éticos de la Agencia Mundial Antidopaje (*World Anti-doping Agency = WADA*) recientemente ha emitido un informe en el que considera que este tipo de dispositivos podría ser contrario al espíritu del deporte y cabría considerar su inclusión en la lista prohibida. Esta última posibilidad está siendo debatida y sometida a consulta en el momento actual¹⁷.

1.2.2 Eritroproyctina Humana Recombinada (rHuEPO)

La EPO endógena es la principal hormona que regula la producción de eritrocitos y de Hb en los mamíferos¹⁸. Es una proteína glucoproteica de 166 aminoácidos y es generada fundamentalmente en los riñones, aunque hasta un 10 % puede ser producida en el hígado^{3,18}. La EPO presenta heterogeneidad ya que hay diversas isoformas¹. La EPO estimula la proliferación y diferenciación de las células progenitoras eritroides en la médula ósea y permite su transformación en eritroblastos funcionales^{3,13,19}. La producción de EPO se regula por el estado de hipoxia¹³. El nivel sérico habitual se haya entre 2 UI/L y 24 UI/L aunque el 95 % de los sujetos se encuentran en el rango de 6 a 10 UI/L. El proceso de maduración a partir de la liberación de EPO y la acción sobre las células progenitoras eritroides en la médula ósea, hasta la aparición de eritrocitos adultos maduros en el torrente sanguíneo requiere de 5 a 9 días en condiciones fisiológicas normales¹⁹.

El desarrollo de las técnicas de recombinación de ADN ha facilitado la producción farmacéutica de la rHuEPO¹⁸. El gen de EPO humana fue clonado en 1985^{13,20}. A los pocos años, la rHuEPO fue comercializada en Europa, concretamente en 1987, y luego en EEUU en 1989¹⁸. Desde un punto de vista clínico, la rHuEPO se prescribe comúnmente a pacientes con problemas renales, fundamentalmente a pacientes que sufren anemia relacionada con malfuncionamiento renal¹⁸. También es utilizada por pacientes que presentan anemia relacionada con el HIV, individuos que han sufrido una significativa pérdida de cantidades de sangre debido a cirugía mayor, prevención de anemia en pacientes quirúrgicos y la anemia relacionada a la prevención o tratamiento de cáncer y quimioterapia^{2,18,21,22}. Algo más de 500.000 pacientes alrededor del mundo que sufren de distintas enfermedades están recibiendo rHuEPO²¹, en la actualidad.

Actualmente hay distintas formas de rHuEPO en el mercado o en investigación. La primera en ser comercializada fue la rHuEPO- α , siendo luego introducida la rHuEPO- β . Ambos productos son obtenidos a partir de la expresión de un gen humano de EPO introducido en células de ovario de Hamster Chino^{3,20}. Una alternativa para ambos tipos

es la rHuEPO- Ω , la cual es aislada a partir de células de riñones de crías de hámster. Recientemente los investigadores han tenido éxito en la producción de EPO a partir de células humanas utilizando una metodología algo diferente. Este proceso de producción de proteínas como resultado de una regulación aumentada de un gen endógeno inactivo en células humanas se llama "Eritropoyetina activada genéticamente" ("*Gene Activated Erythropoietin = GA-EPO*") y recientemente ha finalizado la fase II de ensayo clínico³.

Parece que la rHuEPO hizo su aparición en el medio deportivo en los Juegos Olímpicos de Invierno en Calgary 1988¹. La utilización ilegal de la rHuEPO con propósito de dopaje se hace por inyecciones subcutáneas o intravenosas de 200 a 250 UI/Kg. de peso corporal en un período de 4 a 6 semanas^{1,8}. Esto puede ser acompañado por la administración exógena de hierro (por vía intravenosa, intramuscular u oral)⁸. El tratamiento ilegal puede durar algunas semanas a bajas dosis y con 1 o 2 inyecciones semanales¹. Recientemente se ha especulado que los deportistas podrían estar utilizando dosis menores, pero haciéndolo de forma continua²³.

Es difícil de cuantificar objetivamente la prevalencia del uso de rHuEPO entre atletas. Aunque cierta prensa deportiva ha informado del uso conspicuo de rHuEPO por atletas de calibre internacional, hay mínimos datos científicos para respaldar esta aseveración. Scarpino entrevistó a 1015 atletas hombres y mujeres de Italia, en relación al dopaje sanguíneo (transfusión de GR y/o inyecciones de rHuEPO)³. El siete por ciento de ellos aceptaron ser usuarios regulares, mientras que el 25 % dijeron ser usuarios ocasionales. Estimaciones del personal internacional de control de dopaje sugiere que entre un 3 y un 6 % de atletas de alto nivel en pruebas de resistencia han podido utilizar rHuEPO en alguna ocasión durante su carrera. Por ello, debido a factores éticos y a la falta de datos de detección, es difícil de cuantificar acertadamente la prevalencia de uso ilegal de la rHuEPO entre los deportistas¹⁸.

Hay especulaciones en el sentido de que el dopaje sanguíneo con rHuEPO puede haber estado en relación con las muertes de ciclistas profesionales de Holanda en los años 90 (ver tabla 1). En ese tiempo, el abuso de la rHuEPO era totalmente incontrolado y se alcanzaron valores de Htc de más del 60 % intencionalmente. Estas condiciones de policitemia combinadas con deshidratación durante el ejercicio pueden rápidamente predisponer a los atletas a tromboembolias. Actualmente el abuso de rHuEPO se hace de manera más controlada. Sin embargo, los riesgos médicos asociados con el uso de rHuEPO son aún considerables (ver tabla 1)²¹. De ellos cabe resaltar la hipertensión, la hiperviscosidad y el desarrollo de anticuerpos frente a la EPO. De hecho, en relación con este último efecto colateral, la literatura científica ha informado repetidamente de la existencia de una anemia severa llamada Aplasia Pura de Células Rojas, secundaria a la virtual ausencia de precursores

de células sanguíneas rojas en la médula ósea debido a la presencia de anticuerpos anti-eritropoyetina^{24,25,26}. Ha habido un significativo aumento en el número de pacientes que sufren de dicha Aplasia Pura de Células Rojas y a pesar del bajo riesgo, tiene consecuencias terribles en el sentido que los pacientes se transforman en dependientes de la transfusión sanguínea como única manera de mantener un nivel de hemoglobina aceptable²⁵. Por otra parte, debemos asumir que aún no se conocen los efectos de un tratamiento a largo plazo con factores de crecimiento hematopoyético, pero la observación en animales sugiere que se corre el riesgo de desarrollar desordenes mielo-proliferativos²¹. Existen riesgos adicionales por la concomitante administración de hierro en gran dosis. Quienes hacen trampas en el deporte utilizando la rHuEPO, exponen su salud a riesgos injustificados, dado que son individuos sanos que no necesitan tal tipo de tratamiento⁴.

El COI prohibió oficialmente el uso de la rHuEPO en 1989 cuando su Comisión Médica agregó a la Lista de Sustancias Prohibidas un nuevo tipo, las hormonas peptídicas y sus análogos²¹. Esta clase de hormonas incluye una serie de hormonas endógenas naturales, la rHuEPO entre otras, sus miméticos, análogos y sus factores liberadores⁶.

1.2.3 Análogos de la EPO

La nueva proteína estimulante de eritropoyesis (“*Novel Erythropoiesis Stimulating Protein = NESP*”), o darbepoye-

tina es un derivado de la EPO, resultante de las mutaciones intencionadamente introducidas en el gen de EPO²⁰. Comparada con la EPO, la darbepoyetina tiene mayor número de cadenas ramificadas de azúcar (contenido de carbohidratos aumentado) lo cual produce una mayor vida media a nivel sérico y una aumentada actividad biológica^{3,4,20}. Esto implica la ventaja clínica de realizar las dosificaciones con menor frecuencia y los pacientes podrán cambiar la práctica de 2 ó 3 dosis semanales con rHuEPO, y pasar a realizarlas una vez por semana o quincena con darbepoyetina^{3,4,27}.

Otro análogo de la EPO que puede ser usado en el dopaje es la proteína sintética de eritropoyesis (*synthetic erythropoiesis protein = SEP*). Este compuesto posee una potente acción biológica y una significativamente prolongada duración de acción. La SEP consiste en una cadena polipeptídica similar a la de la EPO y dos polímeros ramificados unidos por covalencia que lleva un total de ocho cargas negativas. Estos polímeros incrementan la estabilidad de la molécula protegiéndola de la destrucción proteolítica. Hay que destacar que la SEP es menos inmunogénica que la EPO recombinante debido a que es sintetizada químicamente y es, por tanto, libre de antígenos contaminantes. Aunque aún se desconoce actualmente si la SEP aparece en la orina sin alterar, se ha demostrado que puede ser detectada por el método directo de Lasne²⁷.

1.2.4 Péptidos y miméticos de EPO

El tratamiento con la rHuEPO como una droga peptídica medicinal está actualmente limitado a la administración intravenosa y subcutánea. Estas inyecciones son dolorosas, y sería deseable el disponer de una ruta de administración alternativa. Para evitar la degradación de la rHuEPO por el pH ácido del estómago o por las enzimas en el tracto gastrointestinal tras la administración oral, se recurre a la administración de la rHuEPO encapsuladas en liposomas (esferas de esteroides que pueden transportar moléculas en su interior). Se ha informado del interés en la utilización de los liposomas como transportadores de varias citocinas. Hasta el momento, el uso de la rHuEPO en cápsulas de liposomas ha sido estudiado solamente en ratas. El uso en humanos está todavía lejos en el tiempo, pero la combinación de rHuEPO/liposomas puede representar una interesante alternativa a los rutas de administración subcutáneo o intravenosa en la administración de rHuEPO. El desarrollo de un procedimiento para detectar este método, no está obviamente disponible, pero las pruebas de detección probablemente dependerán de la naturaleza de la EPO encapsulada^{3,4}.

Una variación de la aproximación planteada anteriormente es la tecnología celular. Se han publicado investigaciones recientes con respecto a la liberación sistémica de la

Tabla nº 1. Efectos secundarios del uso de rHuEPO
<ul style="list-style-type: none"> • Reacciones locales de la piel o artralgias • Hiperviscosidad (Htc > 52 % y 55 % para mujeres y hombres respectivamente) • Hipercoagulabilidad • Riesgo aumentado de tromboembolias e infartos • Aumento de la resistencia vascular periférica y de la tensión sanguínea (Hipertensión) • Síndrome gripal • Niveles aumentados de potasio en sangre. • Desarrollo de anticuerpos contra la EPO endógena que conlleva a la disminución de la producción endógena de la EPO • Anemia severa; Aplasia Pura de Células Rojas. • Posible desarrollo a largo plazo de desordenes mielo-proliferativos. • Sobrecarga de hierro • Muerte

rHuEPO por la implantación de células inmunoprotectadas en polímeros de membrana. Esta técnica puede representar otra alternativa futura a los tratamientos actuales con rHuEPO. Los métodos de detección probablemente dependerán de la naturaleza de las células utilizadas como portadoras^{3,4}.

La última tendencia tecnológica, con respecto al tratamiento con EPO, es el desarrollo de moléculas que interactúen con los receptores de EPO (EPOR) y en la modulación de la actividad de los EPOR. Algunos investigadores han estado investigando en los miméticos de la EPO^{3,4}. Una sustancia mimética es definida en la Lista del año 2006 del Código Mundial Antidopaje, como "sustancia con efecto farmacéutico similar al de otra sustancia, con independencia de que posea una estructura química diferente"⁶. La búsqueda de pequeñas moléculas miméticas de la EPO ha conducido al hallazgo de una familia de péptidos que muestran actividad mimética de la EPO²⁸. Un miembro de esta familia de péptidos, la EPO mimética péptida 1 (EPM1) fue obtenida a partir de técnicas de combinación y selección péptida^{3,4,28,29}. Posee una cadena de 20 aminoácidos de los cuales 13 son necesarios para la actividad²⁸. Otra familia mimética péptidica actualmente en investigación es la llamada "enlaces de receptores de eritropoyetina 1-7" (ERE)^{3,4}.

Otro mimético de la EPO es el HematideTM * un agente sintético de base peptídica estimulante de la eritropoyesis, es un péptido dimérico sintético que tiene una secuencia totalmente diferente a la EPO humana natural. Su mecanismo de acción se produce a través de su unión al receptor de la EPO y su activación subsiguiente³⁰. Hematide es un potente estimulador de la eritropoyesis con una prolongada vida media^{27,31}. Los anticuerpos que se han generado experimentalmente contra el Hematide no tienen reacción cruzada con la rHuEPO y por tanto es improbable que el Hematide cause anemia aplásica pura de células rojas, un terrible efecto secundario del uso continuado del rHuEPO. La prolongada vida media del Hematide ha sido demostrada en estudios farmacocinéticos en ratas, perros y monos y en ratas nefrectomizadas. La actividad eritropoyética del Hematide ha sido demostrada en cobayas, ratas, perros y monos normocitémicos y en ratas nefrectomizadas. En estos modelos experimentales preclínicos no se detectaron anticuerpos frente al Hematide²⁷. Hematide ha entrado en fase II de ensayo clínico y se prevé que las peculiares propiedades farmacocinéticas de este agente permitirán su uso en intervalos de dosis de 3 a 4 semanas^{27,31}.

Investigadores estadounidenses y alemanes han desarrollado otro mimético de la EPO denominado CERA (*Continuous Erythropoiesis Receptor Activator*). Este nuevo agente contiene un polímero de metoxipoli(etilenglicol) de un tamaño aproximado de 30 kDa con una vida media más prolongada que la EPO beta. El CERA se une menos intensamente al receptor de EPO que la EPO beta mediante una rápida unión y disociación del mismo^{32,33}. En ratones

normocitémicos ha inducido una mayor estimulación de la eritropoyesis con más altos niveles de reticulocitos de más larga duración. La vida media de CERA en animales es de 2 a 7 veces más larga que la EPO beta lo que permite dosificación de dosis quincenales. Los estudios en fase I en humanos sanos han mostrado que el fármaco indujo una respuesta dosis dependiente de los reticulocitos, tanto con administración subcutánea como intravenosa. El acmé de la respuesta de los reticulocitos se produjo entre los 7 y 1 días después de la administración. El fármaco fue bien tolerado y no se detectó la producción de anticuerpos contra la EPO³². Los estudios en fase II con humanos han confirmado los hallazgos iniciales mostrando que, administrando CERA por vía intravenosa una vez cada quince días, se mantienen estables los niveles de hemoglobina en el 80 % de los pacientes con anemia crónica renal, siendo esta la primera vez que un tratamiento quincenal consigue un índice de respuesta tan alto. Se han iniciado ya los estudios en fase III con este nuevo fármaco³³.

También han sido descubiertos miméticos de EPO no péptidos²⁰. Un próximo objetivo potencial para la intervención terapéutica es la señal intracelular de la cascada de transducción de EPOR. La fosfatasa celular hematopoyética (FCH) es una molécula muy importante en este proceso, actuando como un regulador negativo de la señal en cascada de la EPO. Algunos investigadores están buscando inhibidores potenciales de FCH, con la intención de lograr un estimulante de la EPO^{3,4,20,28}. Aunque todavía persisten muchas preguntas sin respuestas y siguen presentes algunas dificultades técnicas, estos avances pueden conducir eventualmente a la disponibilidad de drogas de administración oral que activen los EPOR^{3,4,20,29}.

Actualmente existe un gran interés en el mimetismo molecular de la EPO. En general, los pasos en esta dirección se orientan a identificar el campo de acción de los péptidos de la EPO, sintetizar sus derivados y descubrir pequeños miméticos no péptidos que sean resistentes a la digestión proteolítica, con buena permeabilidad y adecuados para la administración oral. Los miméticos de la EPO pueden ser de interés para aquellos atletas que pretendan aumentar artificialmente su rendimiento. Sin embargo dichos productos son exógenos y serían probablemente fáciles de detectar^{3,4}.

1.2.5 Gen de la Eritropoyetina

El uso potencial del dopaje genético para mejorar el rendimiento deportivo es uno de los mayores desafíos a las actuales autoridades antidopaje. El Dopaje Genético se ha definido como la transferencia de material genético para mejorar el rendimiento. En 2003, el COI y la Agencia Mundial Antidopaje incorporaron el dopaje genético a la lista de sustancias y métodos prohibidos. Se han descrito varias estrategias de transferencia del gen de la EPO²⁷.

De hecho, en los pasados años, varios informes han sido publicados demostrando la posibilidad de la transferencia del gen de EPO en roedores y en primates no humanos. Las dos estrategias principales son la transferencia directa *in vivo* por inyección intramuscular de un virus conteniendo el gen de la EPO o la transferencia *ex vivo* del gen en células aisladas que son luego transplantadas dentro del organismo^{3,27}. Así, en 1997 se consiguió insertar en células de ratón y monos virus transportando EPO en el Laboratorio de Genética de la Universidad de Chicago. Se observaron incrementos en los niveles de hemoglobina y hematocrito del 81%. En 1998 Zhou et al mostraron en un estudio que los niveles del hematocrito de los monos ascendían en un 75 % cuando se les insertaba virus transportando EPO³⁴. Además de los virus, existen otros vectores alternativos para la transferencia *in vivo* del gen de la EPO tales como plásmidos de ADN, liposomas y conjugados de ADN y proteínas o, incluso, la inyección directa del gen de la EPO en los músculos²⁷.

El momento de la aplicación clínica de estos métodos de terapia con gen de la EPO se desconoce todavía. Sin embargo, los expertos en terapia genética y las organizaciones deportivas consideran que el dopaje genético podría ser una realidad en los Juegos Olímpicos de Beijing 2008^{27,35}. Además de los riesgos para la salud de los niveles elevados de hematocrito, los problemas generales de seguridad en la aplicación de la terapia genética aún no están resueltos^{27,36}. Es posible que los transgenes (genes transferidos) puedan afectar al organismo que los reciba de una manera inesperada como, por ejemplo, mutando genes o secuencias reguladoras en los lugares de su inserción en el genoma receptor. Otra preocupación grande de la terapia genética es que la efectividad puede disminuir a lo largo del tiempo debido a la respuesta inmune innata y, por tanto, se requerirán varias administraciones del gen transferido. Se podrían complicar más aún los aspectos de seguridad de la terapia genética si estas administraciones periódicas se realizaran sin supervisión médica²⁷.

Existe preocupación sobre los riesgos conocidos y desconocidos para la salud del uso de la terapia genética. El incremento artificial de la EPO en personas sanas incrementará la cantidad de GR y, por tanto, la viscosidad, lo que, a su vez, aumentará el riesgo de infartos y parálisis. Con sangre viscosa, será más difícil al organismo llevar sangre a todos los tejidos del organismo, originando trombos en cualquier vaso que no puedan soportar el aumento de la viscosidad³⁴.

Otro problema derivado de la terapia genética (y del dopaje) es el control de la expresión del gen transferido^{3,27}. La expresión continua del transgen de la EPO puede suponer la producción continua de EPO sin el retorno a los niveles normales y muy probablemente fenómenos tóxicos tales como excesiva eritropoyesis, trombosis, hipertensión, hiperviscosidad e infarto^{27,34}. La aplicabilidad de estas técnicas genéticas en los pacientes depende de aspectos de seguridad relacionados con la transferencia de genes en

general y de la disposición de técnicas fiables para controlar la secreción de EPO *in vivo*³. El control de la expresión del gen transferido es una extensa área de investigación y varios sistemas de regulación se han propuesto ya. Unos se basan en la administración de pequeñas moléculas que inducen la expresión del transgen de la EPO. Un sistema de encendido del gen dependiente de una proteína, mifepristona, puede regular la expresión de transgenes que codifican el Factor de Crecimiento Endotelial Vascular (Vascular endothelial growth factor-VEGF) y la EPO en ratones. Otro sistema se basa en la introducción de rapamicina para construir dos proteínas quiméricas de origen humano y así construir un complejo de factor de transcripción en ratones y monos. El Repoxigen™ * es un medicamento desarrollado recientemente que consiste en un vector viral que transporta el gen de la EPO bajo el control de un elemento que responde a la hipoxia. Este medicamento es administrado intramuscularmente y la expresión del transgen de la EPO se pone en marcha ante niveles bajos de oxígeno. Esta estrategia está dirigida a una liberación de la EPO en respuesta a bajos niveles de oxígeno y lleva a una autorregulación de la producción de GR que reproduce la regulación natural de la eritropoyesis en los riñones. Datos científicos preclínicos, aún no publicados, sugieren que este método es exitoso en modelos murinos de anemia. Aunque el Repoxigen podría, probablemente, ser poco adecuado para el dopaje, su desarrollo proporciona la prueba de los métodos de autorregulación de la transferencia del gen EPO^{3,27}.

1.2.6 Efectores alostéricos de la Hb

Los efectores alostéricos de la Hb se enlazan de manera reversible con la Hb en los GR, sin dañar la membrana celular. Tales efectores disminuyen la afinidad con el oxígeno de los GR; la curva de disociación de oxígeno – Hb se desplaza hacia la derecha, lo cual origina un aumento en la distribución de oxígeno a los tejidos. En los años 80´ dos drogas hipolipemiantes, el clofibrato y el bezafibrato, mostraron disminuir la afinidad de la Hb por el oxígeno. Desde entonces, se han sintetizado numerosos efectores alostéricos derivados de los fibratos. Actualmente el efaproxiral sódico está en la fase III de las pruebas clínicas como un agente radio-sensibilizador para metástasis cancerígenas de cerebro o para el tratamiento de tumores cerebrales del tipo glioblastomas multiformes. La habilidad de amplificar la oxigenación tisular fisiológica, indica que el efaproxiral sódico tiene aplicación potencial en condiciones clínicas caracterizadas por hipoxia tisular, incluyendo oncología y enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares. Hasta el presente no hay evidencia de que el efaproxiral sódico haya sido utilizado en el ámbito deportivo^{3,4}. Sin embargo, podría o ya ha interesado a atletas, como un medio de aumentar el transporte de oxígeno. La lista 2006 del Código Mundial Antidopaje incluye esta sustancia como un método prohibido para aumentar el transporte de oxígeno⁶.

2 AUMENTO INDIRECTO DE LA DISTRIBUCIÓN DE OXÍGENO.

2.1 Transportadores de oxígeno basados en Hb (Hbocs)

Un medio alternativo para el aumento inmediato de los niveles de hemoglobina circulante es el de inyectar Hbocs. Estos componentes han sido el objetivo de intensas investigaciones y desarrollo en los últimos años para servir como sustituto de la sangre, lo cual puede aliviar la necesidad de los donantes de sangre para atender necesidades quirúrgicas y en emergencias que requieran transfusiones⁸.

La Hb puede ser fácilmente extraída de GR, pero se descompone en el organismo y causa toxicidad renal. Los Hbocs se obtienen por esterilización química de la hemoglobina extraída de una variedad de fuentes (bovinos, donantes fallecidos, hemoglobina humana recombinante y hemoglobina humana transgénica). Las uniones biotecnológicas cruzadas, modificaciones de recombinaciones y micro-encapsulación, no sólo estabilizan la molécula de Hb sino que también brindan un amplio rango de diferentes substitutos de la sangre con una variedad de beneficios clínicos. La mayoría de los Hbocs están actualmente en las últimas fases de las pruebas clínicas y unas pocas están en el mercado³. Se han informado numerosos efectos adversos, el principal entre otros es el de la vasoconstricción sistémica y pulmonar con hipertensión resultante, así como activación de la agregación plaquetaria^{3,37}. Estos efectos pueden ser beneficiosos en caso de choque pero están lejos de ser ideales para los atletas³⁷. La oxidación es el segundo efecto colateral en importancia³.

Podemos anticipar que los Hbocs representarán una nueva amenaza de dopaje en los deportes de resistencia y puede que hayan sido empleados ya recientemente en el medio deportivo³⁸. Han sido publicados escasos estudios que investiguen los efectos de la administración de Hbocs artificiales y la forma en que ellos pueden mejorar el rendimiento aeróbico^{3,4}. La lista del 2006 del Código Mundial Antidopaje incluye los substitutos de sangre basados en Hb y productos de Hb microencapsulados como ejemplos de métodos prohibidos para aumentar el transporte de oxígeno⁶. Los Hbocs tienen una corta vida media, 12 a 24 horas, y no aparecen en la orina⁸. Para identificar el abuso de estas sustancias se requieren muestras de sangre^{1,8}. Un examen visual del plasma mostrará un color rojo preciso que puede constituirse en una fundada sospecha que deberá ser confirmada por métodos más sofisticados⁸. Durante los Juegos Olímpicos del 2004 en Atenas, se recogieron muestras de sangre para analizar los Hbocs^{3,4}.

2.2 Factores Inductores de Hipoxia

El descubrimiento reciente de una familia de proteínas denominada Factores Inductores de Hipoxia (Hypoxia inducible factors = HIFs) ha aumentado el conocimiento de los intrincados mecanismos de respuesta a la hipoxia, como ocurre en tejidos que en algunas circunstancias han de responder a demandas aumentadas de oxígeno tales como los músculos esqueléticos³⁹. La hipoxia activa un gran número de genes que tienen papeles esenciales en la adaptación celular y tisular a las condiciones de oxígeno escaso. Tales respuestas complejas son mediadas principalmente a través de la modulación endógena de genes en la ruta de los HIF⁴⁰. Los HIF son factores de transcripción que modulan la actividad de uno los citados genes que actúan en condiciones de relativamente escasa disponibilidad de oxígeno. En condiciones de niveles bajos de oxígeno, la actividad de dos enzimas intracelulares (hidroxilasa de asparagina y proil-hidroxilasa) que promueven la degradación de HIF-1a está inhibida. Por tanto, la HIF-1a se une a HIF-1b, cruza la membrana nuclear, y se acopla a proteínas intranucleares, promoviendo la transcripción de un gen. Los genes controlados por HIF incluyen aquellos que codifican las proteínas que estimulan la producción de GR (EPO), así como aquellas que codifican los enzimas glicolíticos que producen energía adicional en condiciones de relativa deficiencia de oxígeno, siendo ambos mecanismos centrales en el intento de mejorar el rendimiento deportivo aeróbico. Varios científicos han desarrollado recientemente nuevos agentes que se dirigen a los HIF. La manipulación bioquímica o genética de los HIF es una estrategia terapéutica prometedora para enfermedades caracterizadas por una alteración del metabolismo del oxígeno tales como el cáncer, la inflamación, el infarto de miocardio y el accidente cerebro-vascular. Desafortunadamente la manipulación de los HIF puede tener consecuencias perjudiciales: adicionalmente a sus efectos beneficiosos de la oxigenación de la sangre, los HIF estimulan genes que codifican moléculas y proteínas angiogénicas involucradas en el crecimiento, la división, la supervivencia y la mortalidad lo que puede finalmente provocar desarrollo y diseminación de un cáncer. En resumen, la nueva revelación de que la deficiencia de oxígeno estimula la producción de EPO a través de la vía de los HIF puede representar una atractiva maniobra para incrementar los GR que es virtualmente indetectable por los actuales métodos de detección antidopaje³⁹.

2.3 Cloruro de Cobalto

Recientemente se ha informado que la administración de cloruro de cobalto puede promover el retardo de la adaptación cardiaca a través de la activación selectiva de la señalización de HIF1. El cobalto es un metal de transición relativamente raro con propiedades similares a las del hierro, cromo o níquel. El cloruro de cobalto,

una molécula hidrosoluble usada tradicionalmente en el tratamiento de la anemia en las mujeres embarazadas, niños y pacientes con anemia crónica sometidas a hemodiálisis, es un conocido producto químico inductor "in vivo" de respuestas similares a la hipoxia, tales como la eritropoyesis y la angiogenesis. El mecanismo exacto de este efecto no es aun completamente conocido. Sin embargo, la respuesta similar a la hipoxia probablemente implica una actividad aumentada de la capacidad de unión del HIF1 al ADN, ya que el cobalto estabiliza el HIF1 a través de la creación de moléculas reactivas de oxígeno por un mecanismo mitocondrial no-enzimático. El resultado final de esta inducción es la producción aumentada de eritropoyetina y una más eficaz estimulación de la respuesta eritropoietica, obtenible a la dosis oral moderada de 30 mg/kg³⁹.

Mas allá de los beneficios terapéuticos, especialmente en pacientes con isquemia miocárdica aguda, la administración de cloruro de cobalto puede tener potenciales aplicaciones alternativas y oscuras. Dada la inclinación natural de los atletas a experimentar con estrategias dopantes novedosas, independientemente de los riesgos para la salud, este compuesto de bajo coste, hidrosoluble, puede ser un medio atractivo y efectivo de mejorar la producción endógena de eritropoyetina. El suplemento de cobalto no está prohibido. No se dispone aún de información objetiva sobre la absorción, la distribución y los riesgos para la salud de la administración oral de las sales inorgánicas de cobalto. Aunque varios estudios han informado de la ausencia de mortalidad o de la presencia de escasos efectos tóxicos, incluso a dosis orales altas de 40 mg/Kg durante cuatro meses, la sobrecarga de cobalto fue antiguamente relacionada como un factor contribuyente a la cardiomiopatía relacionada con el alcohol. Adicionalmente se ha informado que el corazón, el hígado y el riñón acumulan el cobalto en gran medida causando hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, daño orgánico e insuficiencia incluso a dosis de 33.3 mg/Kg. A menudo se ha citado el estrés oxidativo como la causa. La administración excesiva de este elemento traza produce también bocio y reduce la actividad del tiroides³⁹.

No existen pruebas de la administración de cloruro de cobalto a los atletas. Sin embargo, no se puede excluir tal posibilidad que puede convertirse en una alternativa atractiva a las sustancias dopantes actuales. Debido a los severos y, a menudo, imprevistos, efectos secundarios que puede producir, la administración de cloruro de cobalto puede constituir una preocupación seria en el entorno del deporte. El uso del cloruro de cobalto puede considerarse un método ilegal y potencialmente peligroso y podría evaluarse su inclusión en la lista de sustancias prohibidas. La posible detección del cloruro de cobalto sería muy difícil por su complicada cinética plasmática³⁹.

2.4 Perfluorocarbonos (PFC)

Los perfluorocarbonos fueron desarrollados durante la Segunda Guerra Mundial e introducidos en la medicina en 1966³. Son un grupo de compuestos sintéticos similares al Teflon, consistentes en hidrocarburos en los que todos los átomos de hidrógeno han sido reemplazados por halógenos (fluoruros o bromuros)^{3,37}. Son extremadamente inertes, baratos de producir y preparados en una emulsión parecida a una esponja que contiene partículas muy pequeñas, de 0,2 micrones de diámetro, que pueden transportar el oxígeno hasta los tejidos a través de vasos sanguíneos muy pequeños. Son capaces de disolver grandes cantidades de oxígeno en el plasma³⁷. De hecho los PFC son los mejores solventes de gases. Pueden liberar hasta tres veces más oxígeno que la Hb. Debido a que son insolubles en agua, los PFC deben ser administrados en una emulsión intravenosa³. Los PFC tienen una corta vida media de 2 a 4 horas en la circulación³⁷. Estas sustancias no son metabolizadas y no son excretadas por la orina. Son extraídos del torrente sanguíneo por los fagocitos, luego son retenidos en el sistema retículo-endotelial y finalmente exhalados por vía pulmonar después de 7 días^{3,37}. Debido a su habilidad para liberar oxígeno fácilmente, los PFC muestran una menor capacidad para transportar oxígeno, por lo que el paciente debe inhalar una mezcla de aire enriquecido con oxígeno³⁷.

Los beneficios que los PFC pueden brindar a los atletas sin un suplemento con oxígeno, son reducidos pero no sin importancia³. Si bien no se han publicado estudios con atletas que utilicen emulsiones de PFC, estas sustancias están incluidas en la Lista del año 2006 del Código Mundial Antidopaje, como un método ilegal de incremento del transporte de oxígeno^{3,6}. Pueden ser detectados en el aire espirado o en sangre^{3,4}.

3. AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD TISULAR DE OXÍGENO

Con el advenimiento de la biología molecular y la terapia genética, nuevas posibilidades terapéuticas van a estar disponibles próximamente que permitirán una mejor y más eficaz extracción tisular de oxígeno a través, principalmente, de la angiogenesis, con la consiguiente mejora de su disponibilidad tisular. La angiogenesis terapéutica busca mejorar la perfusión mediante el crecimiento de nuevos vasos⁴¹. Nuevas estrategias como la utilización de nuevas sustancias, todas ellas moléculas peptídicas, implantes celulares (terapia celular) y transfección de genes tienen un interesante potencial como terapias en diversas áreas de la medicina clínica como la cardiología, la oncología o la nefrología. Lamentablemente, ese mismo potencial puede originar su uso ilegal en deporte para la mejora artificial del rendimiento.

En este campo podemos encontrar las citoquinas angiogénicas que han sido consideradas ampliamente como una interesante aproximación al tratamiento de la enfermedad cardiovascular isquémica y para mejorar las propiedades protectoras del endotelio de las arterias. Muchos de los estudios importantes en este campo se han centrado en el VEGF⁴². La terapia angiogénica mediante la administración de VEGF recombinante humano (rHuVEGF) es una moderna estrategia terapéutica para el tratamiento de las patologías isquémicas. El rHuVEGF se ha desarrollado como una proteína, como un plásmido de ADN o en células desarrolladas por ingeniería genética con diferentes propiedades farmacocinéticas y fisiológicas. Entre estas últimas es destacable el transporte de rHuVEGF a través de tejido muscular bioartificial implantable (*implantable bioartificial muscle = BAM*) fabricado a partir de mioblastos primarios de músculo esquelético⁴³. La sobre expresión de VEGF durante la terapia genética promueve el crecimiento de las arterias y las venas e induce capilarización arterial llevando a un flujo sanguíneo en los músculos diana, incluida la formación de capilares coronarios colaterales^{44,45}. El uso de rHuVEGF recombinante humano parece ser bien tolerado y seguro con escasos efectos secundarios y resultados clínicos muy alentadores como mostró el ensayo VIVA (*Vascular endothelial growth factor in Ischemia for Vascular Angiogenesis*)⁴⁶.

Otra sustancia prometedora en este campo es la Angiopoietina I que ya ha mostrado en estudios preliminares que es capaz de inducir también la formación de vasos colaterales⁴⁷. Alguna otra sustancia, de uso aún experimental como el neuropéptido angiogénico denominado secretoneurina⁴⁸ o la adrenomedullina pueden en el futuro también ser utilizadas en la angiogenesis⁴⁹. De igual modo, y dentro de este área, hemos de citar el uso de implante de células tales como células progenitoras de endotelio y células de crecimiento endotelial. Estas células a través de la interacción de sus receptores con diversas citoquinas y metalo-proteinasas inducen neovascularización en los tejidos implantados⁵⁰.

La detección del uso ilegal de estas sustancias puede ir en la misma línea que el seguimiento del uso terapéutico del empleo de las mismas. En este sentido la utilización de técnicas tales como las proteómicas, metabolómicas o de micro-arsenal son prometedoras. Así, por ejemplo el uso de la imagenología molecular como la Tomografía por emisión de micropositrones (*micropositron emission tomography = microPET*) para seguir la expresión genética, su función y efectos en todo el organismo ha señalado resultados interesantes⁵¹.

4. TÉCNICAS DE DETECCIÓN DEL USO DE ESTAS SUSTANCIAS

4. 1 Pruebas urinarias directas para la EPO

Las estrategias para detectar directamente el uso ilegal de EPO se basan en las propiedades fisicoquímicas de

la hormona. Mientras que la porción peptídica de la EPO tiene una secuencia estable de amino-ácidos, el componente glucídico es altamente variable, una característica que se ha denominado microheterogeneidad de glucosilación. La molécula de la EPO se compone de tres cadenas glucídicas de asparagina (unidas a una molécula de Nitrógeno), y una cadena sencilla de serina y treonina (unidas a una molécula de Oxígeno). La cadena carbohidratada unida a un nitrógeno puede contener dos, tres o cuatro radicales, cada uno de los cuales termina en un radical siálico, una molécula cargada negativamente. La cadena unida al oxígeno puede contener solo dos ácidos siálicos. Por tanto, la EPO endógena es un compendio de diferentes isoformas que pueden tener de 8 a 14 radicales de ácido siálico y, como consecuencia, llevar una carga neta negativa diferente. De manera similar a la hormona endógena, la rHuEPO es también un grupo de muchas isoformas diferentes con distinta carga neta negativa. El número total de radicales siálicos posee un gran impacto en la actividad biológica y propiedades farmacodinámicas de ambas EPO, la endógena y la exógena²⁷.

Basándose en estas características, Wide y colaboradores informaron que la rHuEPO tiene una menor carga negativa media y una menor movilidad electroforética en comparación con la hormona natural^{2,18,52}. Basados en esta característica física, estos autores evaluaron la validez y fiabilidad de la movilidad electroforética como indicador para la detección de la rHuEPO en muestras séricas y de orina¹⁸. Debido a las considerables dificultades prácticas, este método no se ha aplicado nunca en laboratorios antidopaje³. La micro-heterogeneidad de las moléculas de EPO y sus diferencias en la glucosilación están influenciadas por la naturaleza de la célula que produce las proteínas (células de riñón humano, ovarios de Hámster Chino o células de riñón de cría de Hámster) y las condiciones ambientales que pueden afectar a la célula⁵². Debido a la micro-heterogeneidad en sus estructuras, todos los productos de EPO comprenden múltiples isoformas que difieren en carga y en el punto isoelectrónico y pueden ser separadas por isoelectroenfoque^{53,54}. Las isoformas de la rHuEPO son más alcalinas que las de EPO endógenas⁵⁴. Estas diferencias pueden ser usadas para la identificación del abuso de la rHuEPO. Mas aún, la darbepoyetina tiene más cadenas de azúcares ramificados que EPO y que rHuEPO⁵³. Lasne introdujo en el año 2000 un test basado en el isoelectroenfoque y doble marcado que puede separar las diferentes isoformas permitiendo la inequívoca diferenciación de rHuEPO- α , rHuEPO- β , rHuEPO- Ω y darbepoyetina con respecto a la EPO, pero aún no pueden diferenciar GA-EPO^{3,52}. Sin embargo, esta última sustancia podría ser detectada según los autores Lasne et al han señalado recientemente, pues también son diferentes las isoformas de la EPO producidas por las células humanas originariamente no sintetizadoras que son modificadas genéticamente⁵⁵. El procedimiento de detección diseñado por Lasne se separa en varias fases (Tabla 2)^{52,54}. El resultado final en forma de gráficas de bandas es finalmente cuidadosamente interpretado por el personal del Laboratorio que, de acuerdo a las

últimas directrices de la Agencia Mundial Antidopaje, antes de emitir un resultado definitivo consulta con otro Laboratorio antidopaje. Este método es caro, de 300 euros a 1000 dólares por test según los precios de los distintos laboratorios, demanda mucho tiempo (2 o 3 días) y requiere personal altamente calificado y un laboratorio bien equipado^{3,4}. Por todo ello, sólo se puede realizar en pocos laboratorios acreditados por la WADA, dieciocho de los cerca de cuarenta existentes. En 2003 el Comité Ejecutivo de la WADA aceptó los resultados de un informe independiente que estableció que el método de Lasne puede por sí sólo determinar la presencia de rHuEPO^{53,56}.

Algunas publicaciones científicas recientes han puesto de manifiesto las dificultades técnicas que conlleva este método. Buellens et al han señalado la posibilidad de un elemento de confusión en la interpretación del método Lasne que sería la excreción aumentada de proteínas por esfuerzo. Esta proteinuria podría dar lugar a resultados confusos en algunos atletas según Buellens et al⁵⁷. En tales circunstancias excepcionales que siguen a ejercicio físico intenso y corto las bandas de EPO endógena que aparecen como resultado gráfico final del método podrían desplazarse de la parte ácida a la básica^{57,58}. Estos hallazgos han sido contestados por diversos autores cuestionando la metodología de Buellens et al por estar basada en observaciones en un solo individuo y en errores serios de interpretación⁵⁹. De manera paralela, existe la posibilidad de que la actividad enzimá-

tica de la orina pueda dar lugar en casos excepcionales a resultados equívocos⁵⁷. Así mismo nuevos métodos para mejorar el actual han sido propuestos como el uso de la electroforesis en gel bidimensional en lugar de la unidimensional del método Lasne⁶⁰. Sin embargo, esta propuesta ha sido rebatida por los autores del método Lasne y los directores de los laboratorios de dopaje más importantes, pues la nueva propuesta se basa en extrapolaciones erróneas y no aporta ninguna mejora⁶¹. Por otro lado, con el ánimo de mejorar el método Lasne, algunos autores han desarrollado programas informáticos orientados al análisis cuantitativo de las imágenes que se originan por el procedimiento⁶².

4. 2 Pruebas Sanguíneas indirectas para la EPO

En el pasado muchos autores han tratado de usar diferentes indicadores de la eritropoyesis acelerada, tales como el porcentaje de reticulocitos, la Hb, el Htc, los eritrocitos macrocíticos hipocromos, el receptor soluble de transferrina y otros como formas de detectar el abuso de la rHuEPO^{1,18,21}. El más aceptado y único validado científicamente es el de los investigadores australianos Parisotto y colaboradores. El test, introducido para los Juegos Olímpicos de Sydney, se basa en un análisis estadístico multiparamétrico definido en dos modelos matemáticos, ON y OFF, los que reflejan respectivamente una eritropoyesis acelerada debido al uso actual de la rHuEPO o una eritropoyesis desacelerada como consecuencia del uso previo de la rHuEPO interrumpido recientemente (ver tabla 3)^{1,23,53,63,64,65}. Los primeros test de sangre propuestos en el año 2000, se perfeccionaron en 2003 en una segunda generación de dichas evaluaciones(ver tabla 3)⁵³. En esta segunda generación, los dos modelos ON y OFF se definieron como combinaciones de los parámetros sanguíneos, Hb, concentración sérica de EPO, porcentaje de reticulocitos y receptor soluble de transferrina²³. Esta segunda generación de tests muestran una sensibilidad aumentada que les permite detectar el impacto de la rHuEPO algunos días después de una inyección con una dosis moderada y baja de la rHuEPO (modelo ON) y de esta forma brindar un fuerte indicador para indicar la realización de un análisis de orina para la detección de la rHuEPO. También tienen una aumentada sensibilidad que posibilita la detección de la rHuEPO hasta 3 semanas luego de la última inyección (modelo OFF), por lo que los atletas que han interrumpido recientemente el uso de rHuEPO, pueden ser detectados y recomendados para seguir realizando las evaluaciones de seguimiento. Los resultados de estos tests están basados en estadísticas. Estos resultados dan una probabilidad de uso de la rHuEPO, no una evidencia directa⁵³. Hay factores, principalmente el entrenamiento en altura, que pueden tener influencia en los resultados. Se debe ser muy cauto al interpretar los resultados de análisis de sangre con atletas que hayan realizado recientemente entrenamientos en situación real o simulada de altura. A pesar de esto, los tests indirectos de sangre son una herramienta útil para la

Tabla nº 2. Fases del método Lasne para detección de la rHuEPO^{52,54}

<p>1) Ultrafiltración de la orina</p> <p>Diversos pasos de centrifugado, lavado, filtrado e incubación de la muestra.</p> <p>Objetivo: concentrar las proteínas.</p>
<p>2) Isoelectroenfoque</p> <p>Migración en gel de la preparación resultante del ultrafiltrado anterior.</p> <p>Objetivo: separación de la EPO del resto de las proteínas.</p>
<p>3) Marcado inmunológico</p> <p>Marcado con anticuerpos monoclonales específicos para la EPO.</p> <p>Se realiza por duplicado para evitar unión no específica de los anticuerpos a otras proteínas.</p> <p>Aplicación de un sustrato quimoluminiscente que reacciona con los anticuerpos fijados a la EPO.</p> <p>Obtención de imágenes de bandas de proteínas.</p> <p>Objetivo: revelación de la EPO.</p>
<p>4) Interpretación de los resultados</p> <p>Análisis y cuidadosa evaluación de las imágenes de bandas de EPO y de la disposición de estas en los gráficos.</p>

identificación de atletas que están utilizando actualmente inyecciones de la rHuEPO, o aquellos que han dejado de hacerlo recientemente⁶⁶.

Una estrategia alternativa incluye la evaluación secuencial de los parámetros hematológicos con el fin de definir un perfil hematológico individual, lo que se ha venido en definir el pasaporte hematológico⁶⁷. El seguimiento individual de los valores hematológicos a lo largo del tiempo es una práctica actualmente empleada por varias federaciones internacionales como la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (*International Association of Athletics Federations* = IAAF), la Unión Ciclista Internacional (UCI) o la Federación Internacional de Ski (FIS). Algunos autores han señalado que una variación individual mayor del 10 % sería significativa y obligaría a seguimiento, considerando que la variación normal en atletas que no han utilizado sustancias prohibidas es del 5 %⁶⁶. Serían necesarios cinco análisis sanguíneos como mínimo y este método sería capaz de discriminar las variaciones anormales por uso de dopaje de EPO o dopaje sanguíneo incluso en atletas con alteraciones hematológicas genéticas importantes^{27,66}. En estos conceptos se han basado los autores australianos que han desarrollado la tercera generación de los modelos matemáticos. Sharpe et al han utilizado la varianza para evaluar los cambios individuales a lo largo del tiempo en la Hb y en el modelo OFF-hr (ver tabla 3). Con ello fueron capaces de diferenciar los cambios longitudinales causados por el uso de rHuEPO de las fluctuaciones biológicas normales halladas en sujetos tratados con placebo. El seguimiento longitudinal de los perfiles sanguíneos de los atletas podría ayudar a detectar el uso de rHuEPO y el dopaje sanguíneo. Esta información se podría usar para iniciar controles antidopaje dirigidos o, incluso, para poder excluir a los deportistas con variaciones aberrantes en sus valores hematológicos principales⁶⁸.

4.3 Estrategias para la detección de los análogos, miméticos y el gen de la EPO

El inminente advenimiento de los análogos, miméticos y gen de la EPO en el mundo del dopaje precisa que se desarrollen nuevos métodos de detección directa e indirecta de la eritropoyesis. El perfeccionamiento de tales estrategias pueden basarse en la ventaja que supone los diferentes perfiles moleculares de los patrones de expresión genética asociados a la exposición celular a la EPO²⁷.

4.3.1 Métodos Directos

Los métodos de detección directos del abuso de EPO pueden basarse en estrategias farmacológicas para identificar sustancias exógenas basadas en sus propiedades fisicoquímicas, o en métodos de biología molecular que reconozcan vectores de transferencia genética o a los propios transgenes.

Los miméticos de la EPO y los inhibidores de la FCH son xenobióticos y, por tanto, se pueden desarrollar técnicas farmacológicas directas que detecten su presencia en la orina o en la sangre, una vez que se conozca las estructuras moleculares de estas sustancias. Sin embargo, hay importantes obstáculos para este optimista escenario. En primer lugar, la producción de estas sustancias podrá probablemente sobrepasar la capacidad de las autoridades antidopaje de identificarlas, de incluirlas en la lista prohibida y de desarrollar un método de detección. En segundo lugar, algunas de estas nuevas sustancias tendrán una vida media corta con una sustancial duración de acción biológica. En este caso, su rápido aclaramiento de la sangre y orina podría dificultar las estrategias de detección directa. Aunque los análogos de la EPO son también xenobióticos, poseen estructuras peptídicas y glucídicas muy similares a la hormona endógena comprometiendo, por tanto,

Tabla nº 3. Modelos multiparamétricos de estimación indirecta de la EPO^{63,63,65,66,68}

Primera Generación 2000

$$ON = RetHct + EPO + sTfr + Hct + \% Macro$$

$$OFF = Hct + RetHct + EPO$$

A cada fórmula se le aplica una constante y a cada uno de los valores dentro de ellos se les aplica un coeficiente. Se pueden consultar en el artículo original de Parisotto et al⁵².

Abreviaturas: RetHct: hematocrito de reticulocitos; Hb: concentración de hemoglobina; EPO: concentración de eritropoyetina; sTfr: concentración de receptor soluble de transferrina; % Macro = % macrocitos

Segunda Generación 2003

$$ON-he = Hb + 9,74 \ln (EPO)$$

$$ON-hes = Hb + 6,62 \ln (EPO) + 19,4 \ln (sTfr)$$

$$OFF-hr = Hb - 60 \sqrt{(Ret)}$$

$$OFF-hre = Hb - 50 \sqrt{(Ret)} - 7 \ln (EPO)$$

Abreviaturas (y unidades): ln, logaritmo natural; Hb: concentración de hemoglobina (g / L); EPO: concentración de eritropoyetina (mU/mL); sTfr: concentración de receptor soluble de transferrina (mg/L); Ret: porcentaje de reticulocitos.

Tercera Generación 2006

$$Hb_{z-score} = (Hb_{current} - Hb_{mean}) / \sqrt{(\sigma^2 (1+1/n))}$$

Abreviaturas: n =numero de muestras previas para la media; Hbmean es la media de todos los valores de Hb de todas las muestras previas a la muestra actual (Hb current); σ =varianza de los valores de Hb

$$OFF-hr_{z-score} = (OFF-hr_{current} - OFFHr_{mean}) / \sqrt{(\sigma^2 (1+1/n))}$$

Abreviaturas: n =numero de muestras previas para la media; OFF-hr mean es la media de todos los valores de OFF-hr de todas las muestras previas a la muestra actual (OFF-hr current); σ =varianza de los valores de OFF-hr

la capacidad de las pruebas farmacológicas para detectarlas. La GA-EPO y la SEP, que pueden mimetizar la glucosilación de la EPO endógena y poseen casi idénticas cargas netas negativas, son ejemplos de análogos de la EPO cuya detección directa será desafiante. Se puede esperar también que el futuro del desarrollo de los análogos de la EPO que serán muy similares, cuando no idénticos a la EPO endógena, sobrepasarán la habilidad discriminadora de las técnicas de detección farmacológicas directas. La detección del gen de la EPO usando estrategias farmacológicas es retardadora. Dado que la glucosilación de la EPO depende de la célula donde es producida, el gen de la EPO podría ser detectable²⁷. En este sentido, ha sido ya demostrado que la rHuEPO del músculo genéticamente modificado no es idéntica a la EPO endógena y puede ser detectada por el método Lasne^{27,55}. Por otro lado, aunque el músculo esquelético es fácilmente accesible y un tejido de eficiente transducción genética, no se excluye que otros tejidos pueden ser dianas de las estrategias de transferencia genética con objeto de prácticas dopantes. No existen actualmente datos de que estas estrategias de transferencia genética fuera del músculo puedan ser detectadas por métodos directos. De manera alternativa, las estrategias moleculares como la detección directa del propio transgen artificial pueden llevar a detección inequívoca de dopaje con el gen de la EPO. Esto supone que se conozca la secuencia del transgen y que se obtenga una muestra del tejido que lo contenga. La mayor desventaja de este procedimiento invasivo sería que requeriría biopsia muscular o de otros tejidos, lo que podría ser rechazado por los atletas. Por lo tanto, estos métodos podrían ser empleados como último recurso, cuando el dopaje sea sospechado de manera fundada. La detección molecular del dopaje genético tiene una importante ventaja sobre las estrategias indirectas: dado que el transgen se integra en el genoma del atleta, su detección no estará limitada a una estrecha ventana de tiempo, como es el caso actualmente tras una inyección de rHuEPO. Si se permiten técnicas invasivas, el dopaje genético podrá ser también revelado por la detección directa del vector (plásmido o vectores virales, liposomas y conjugados de ADN y proteínas) que se usó como sistema de transporte del gen. Otra opción podría ser marcar los productos de transferencia del gen de la EPO con "códigos de barra" genéticos lo que facilitaría la detección del transgen de la EPO. Los códigos de barra genéticos son fragmentos característicos de ADN de 20 bases apareadas que pueden ser insertadas en productos de transferencia genética. Estos productos podrían ser detectados usando estrategias moleculares. Obviamente, esta estrategia de detección requerirá la cooperación de múltiples autoridades incluyendo agencias gubernamentales, científicos y deportistas²⁷.

4.3.2 Métodos Indirectos

En la era de la revolución biotecnológica, la detección del abuso de la EPO no se puede basar solamente en las estrategias de detección directa. Las técnicas de localización directas basadas en métodos genómicos son, sin

duda, una interesante alternativa pero requiere técnicas invasivas y no parecen apropiadas para el despistaje rutinario de un número elevado de atletas. En cambio, otros novedosos métodos indirectos pueden adecuarse mayor como herramientas de descarte. Los atletas podrían ser sometidos simultáneamente a pruebas farmacológicas directas y a pruebas moleculares lo que podría servir como evidencia inequívoca de dopaje. Los métodos indirectos disponibles actualmente (Modelos ON y OFF) pueden dar indicación de posible dopaje con el gen de la EPO, pero serían incapaces de diferenciarlo de polimorfismos genéticos que ocurren naturalmente²⁷. Una estrategia alternativa podría ser la implantación del antes citado pasaporte hematológico o el seguimiento individual de los parámetros hematológicos^{27,67,68}.

De manera similar a la detección del abuso de la EPO por los parámetros hematológicos, la detección por estrategias genómicas podría ser obstaculizada por variaciones significativas en los niveles de expresión de los genes y por interferencias tales como la estancia en altitud o algunas enfermedades. Para manejar este problema, podrían crearse "pasaportes moleculares" individuales. La determinación secuencial de los niveles de expresión de ciertos genes podría definir el rango de referencia específico del atleta. Los atletas que presentaran niveles de expresión por encima o por debajo de sus rangos de referencia personales podrían ser considerados sospechosos de prácticas dopantes. De manera alternativa, la expresión de tales genes podría ser evaluada por los modelos ON y OFF. Para identificar series de genes cuya expresión se ve modificada tras tratamiento con EPO, podría ser empleado el perfil de la expresión mediante análisis de micro-arsenal de ADN. Los micro-arsenales de ADN pueden evaluar simultáneamente el nivel de expresión de miles de genes, basados solamente en la información de la secuencia. Con esta tecnología se ha documentado que la exposición de células progenitoras eritroides a la EPO lleva a la regulación al alza de 54 genes y a la regulación a la baja de otros 36 genes. La prueba cuantitativa de la reacción en cadena de la transcripción inversa de la polimerasa (*reverse transcription-polymerase chain reaction = RT-PCR*) en tiempo real puede cuantificar los niveles de transcripción de estos genes. Las células rojas mononucleares periféricas (*peripheral blood mononuclear cells = PBMCs*) contienen progenitores eritroides que expresan el receptor de la EPO y pueden, por tanto, ser usadas como una alternativa para valorar los efectos transcripcionales de la expresión a la EPO. Como las PBMCs son fácilmente accesibles, sus perfiles de expresión genética han sido intensamente explorados para identificar bio-marcadores de exposición a drogas o de enfermedad (especialmente en oncología). Tales métodos podrían ayudar a diferenciar entre dopaje genético y polimorfismos genéticos naturales. Los niveles elevados de transcripción de la EPO se podrán esperar en caso de dopaje con el gen de la EPO y, por el contrario, niveles disminuidos en el caso de la administración de análogos y miméticos de la EPO²⁷.

CONCLUSIONES

Hay un gran número de métodos, ya sea en uso o en desarrollo, para el aumento de la capacidad de un atleta de transferir oxígeno o disponer de él en sus músculos, y con ello mejorar su rendimiento en las pruebas de resistencia. A pesar de que algunos son éticamente aceptables, muchos, incluidos aquellos que pueden ser de legítimo uso clínico en pacientes con severas dolencias, están correctamente prohibidos para su utilización en el deporte. Desafortunadamente ciertos atletas, posiblemente motivados por ellos mismos, por sus entrenadores, preparadores físicos, fisiólogos, investigadores y otros; eligen ofender su deporte y ponerse además, en riesgo de serios y, a menudo, desconocidos efectos colaterales por la utiliza-

ción de sustancias y técnicas prohibidas. Existen hoy en día algunas técnicas de detección directa e indirecta para algunas de estas sustancias pero es necesario mejorarlas y desarrollar otras nuevas para una más eficaz detección del abuso ilegal de éstos métodos dopantes.

* El uso de nombres comerciales solo tiene el objeto de la identificación del producto y no implica su promoción.

Agradezco al Doctor José A. Pascual y al Doctor Jordi Segura de la Unidad de Farmacología del Instituto Municipal de Investigación Médica de Barcelona por la cesión de la imagen correspondiente a las distintas eritropoyetinas obtenida en su laboratorio (Figura 2).

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Audran M, Sicart MT, Marion B, Fabre F. Erythropoietine, substituents sanguin et dopage. *Sport Med*, 2000; 123:9-12.
- 2.- American College of Sports Medicine. The Use of Blood Doping as an Ergogenic Aid. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1996; 28(3):i-viii.
- 3.- Gaudard A, Varlet-Marie E, Bresolle F, Audran M. Drugs for Increasing Oxygen Transport and Their Potential Use in Doping. *A review. Sports Medicine* 2003; 33 (3):187-212.
- 4.- Alonso JM. Methods to increase the delivery of oxygen. *New Studies in Athletics* 2004;19 (1):33-43.
- 5.- Shaskey D, Green G. *Sports Haematology. Sports Med* 2000, 29(1):27-38.
- 6.- World Anti-doping Agency. The 2006 Prohibited List International Standard. [Citado 22 May 2006]. Disponible en URL: http://www.wada-ama.org/rtecontent/document/2006_LIST.pdf .
- 7.- Leigh-Smith S. Blood Boosting. *Br J Sports Med* 2004; 38:99-101.
- 8.- Ashenden M. A Strategy to Deter Blood Doping in Sport. *Haematologica* 2002; 87 (3):225-34.
- 9.- Nelson M, Ashenden M, Langshaw M, Popp H. Detection of homologous blood transfusion by flow cytometry: a deterrent against blood doping. *Haematologica* 2002; 87 (8): 881-2.
- 10.- Nelson M, Popp H, Sharpe K, Ashenden M. Proof of homologous transfusion through quantification of blood group antigens. *Haematologica* 2003; 88 (11):1284-95.
- 11.- D'Onofrio G, Zini G. Addendum to strategies to deter blood doping in sports. *Haematologica* 2002;87(7)ELT31.
- 12.- Arribas C. La autotransfusión es el fraude de moda. [Citado 2 Mar 2002]. Disponible en URL: <http://www.elpais.es> .
- 13.- Lancombe C, Mayeux P. Biology of erythropoietin. *Haematologica* 1998; 83: 724-32.
- 14 Wilber R. Current Trends in Altitude Training. *Sports Medicine* 2001; 31(4):249-66.
- 15.- Hamlin MJ, Hellemans J. Intermittent Hypoxic Training in Endurance Athletes. [citado 6 Ene 2004] Disponible en URL: http://www.go2altitude.com/REPORT_NZ_Oct2003.pdf.
- 16.- Norwegian Ministry of Sport Steering Committee. Press Release. 1998.
- 17.- WADA. [citado 22 May 2006]. Disponible en URL: <http://www.wada-ama.org/en/newsarticle.ch2?articleId=3115278> .
- 18.- Wilber R. Detection of DNA-Recombinant Human Epoietin-Alfa as a Pharmacological Ergogenic Aid. *Sports Medicine* 2002; 32(2):125-42.
- 19.- Varlet-Marie E, Gaudard A, Audran M, Gomeni R, Bresolle F. Pharmacokinetic-Pharmacodynamic Modelling of Recombinant Human Erythropoietin in Athletes. *Int J Sports Med* 2003; 24:252-7.
- 20.- Eckardt KU. After 15 years of success-perspectives of erythropoietin therapy. *Nephrology Dialysis and Transplantation* 2001; 16:1745-49.
- 21.- Cazzola M. A global strategy for prevention and detection of blood doping with erythropoietin and related drugs. *Haematologica* 2000;85:561-63.
- 22.- Cazzola M, Mercuriali F, Brugnara C. Use of Recombinant Human Erythropoietin Outside the Setting of Uremia. *Blood* 1997; 89 (12): 4248-67.
- 23.- Gore J, Parisoto R, Ashenden MJ, Stray-Gundersen J, Sharpe K, Hopkins W et al. Second-generation blood tests to detect erythropoietin abuse by athletes. *Haematologica* 2003; 88(3):333-44.
- 24.- Casadevall N, Nataf J, Viron B, Kolta A, Kiladjian JJ, Martin-Dupont P, et al. Pure Red-Cell Aplasia and Antierythropoietin Antibodies in Patients Treated with Recombinant Erythropoietin. *New England Journal of Medicine* 2002; 346(7): 469-75.
- 25.- Casadevall N. Pure red cell aplasia and anti-erythropoietin antibodies in patients treated with epoetin [resumen]. *Nephrology Dialysis and Transplantation* 2003; 18 Suppl. 8: viii: 37-41.
- 26.- Locatelli F, Del Vecchio L. Pure red cell aplasia secondary to treatment with erythropoietin [resumen]. *Journal of Nephrology* 2003;16(4):461-6.
- 27.- Diamanti-Kandarakis E, Konstantinopoulos PA, Papailiou J, Kandarakis SA, Andreopoulos A, Sykiotis G. Erythropoietin Abuse and Erythropoietin Gene Doping: Detection Strategies in the Genomic Era. *Sports Med* 2005, 35(10): 831-40.
- 28.- Barbone FP, Johnson DL, Farrell FX, Collins S Middleton SA, McMahon FJ et al. New epoietin

- molecules and novel therapeutic approaches. *Nephrology, Dialysis and Transplantation* 1999; 14 [Suppl 2]:80-4.
- 29.- Johnson DL, Jolliffe LK. Erythropoietin mimetic peptides and the future. *Nephrology, Dialysis and Transplantation* 2000; 15:1274-77.
- 30.- Synthetic peptide-based erythropoiesis stimulating agent. [citado 13 May 2006]. Disponible en URL: <http://www.cancer.gov/Templates/drugdictionary.aspx?Cdr>.
- 31.- Affimax Announces Results of Hematide™ Phase 2 Trial to be Presented at 2005 American Society of Hematology Annual Meeting. [citado 13 May 2006]. Disponible en URL: <http://www.prnewswire.com/cgi-bin/stories.pl?ACCT=104&STORY=/www/story/12-05-2005/0004227579&EDATE=>.
- 32.- New Erythropoietic Agent Under development. *Advances in Anemia management* 2003; 2(3).
- 33.- New Data Show Two Week Dosing Intervals With CERA Achieve Effective Haemoglobin Control in Haemodialysis Patients. [citado 13 May 2006]. Disponible en URL: <http://www.prnewswire.co.uk/cgi/news/release?id=123003>
- 34.- Unal M, Unal DO. Gene Doping in Sports. *Sports Med* 2004; 34 (6):357-62.
- 35.- Adam D. Gene therapy may be up to speed for cheats at 2008 Olympics. *Nature* 2001 Dec 6; 414 (6864): 569-70.
- 36.- McCrory P. Super athletes or gene cheats? *Br J Sports Med* 2003 Jun; 37 (3): 192-3.
- 37.- Corrigan B. Beyond EPO. *Clin J Sport Med* 2002, 12:242-4.
- 38.- Romo I. Los sustitutos de la EPO dificultan el control anti-dopaje. [Citado 31 Mar 2003]. Disponible en URL: <http://www.elmundo.es>.
- 39.- Lippi G, Giudi GC. Gene manipulation and improvement of athletic performances: new strategies in blood doping. *Br J Sports Med* 2004;38:641.
- 40.- Lippi G, Franchini M, Guidi GC. Cobalt chloride administration in athletes: a new perspective in blood doping? *Br J Sports Med* 2005;39:872-3.
- 41.- Rajagopalan S, Mohler ER, Lederman RJ, Mendelsohn FO, Saucedo JF, Goldman CK et al. Regional Angiogenesis With Vascular Endothelial Growth Factor in Peripheral Arterial Disease: A Phase II Randomized, Double-Blind, Controlled Study of Adenoviral Delivery of Vascular Endothelial Growth Factor 121 in Patients With Disabling Intermittent Claudication. *Circulation* 2003, 108(16):1933-38.
- 42.- Khurana R, Simons M, Martin J, Zachary I. Role of Angiogenesis in Cardiovascular Disease: A Critical Appraisal. *Circulation*,2005 112(12):1813-24.
- 43.- Lu Y, Shansky J, Del Tatto M, Ferland P, Wang X, Vandeburgh H. Recombinant Vascular Endothelial Growth Factor Secreted From Tissue-Engineered Bioartificial Muscles Promotes Localized Angiogenesis. *Circulation* 2001, 104(5):594-9.
- 44.- Rissanen T, Korpisalo P, Markkanen JE, Liimatainen T, Orden M-R, Kholova I, et al. Blood Flow Remodels Growing Vasculature During Vascular Endothelial Growth Factor Gene Therapy and Determines Between Capillary Arterialization and Sprouting Angiogenesis. *Circulation* 2005, 112(25):3937-46.
- 45.- Toyota E, Warltier DC, Brock T, Ritman E, Koiz C, O'Malley P, et al. Vascular Endothelial Growth Factor Is Required for Coronary Collateral Growth in the Rat. *Circulation* 2005, 112(14):2108-13.
- 46.- Henry T, Annex B, McKendall GR, Azrin M, Lopez JJ, Giordano FJ, et al. The VIVA Trial: Vascular Endothelial Growth Factor in Ischemia for Vascular Angiogenesis. *Circulation* 2003, 107(10):1359-65.
- 47.- Shyu K-G, Manor O, Magner M, Yancopoulos G, Isner JM. Direct Intramuscular Injection of Plasmid DNA Encoding Angiopoietin-1 but not Angiopoietin-2 Augments Revascularization in the Rabbit Ischemic Hindlimb. *Circulation* 1998, 98(19):2081-7.
- 48.- Kirchmair R, Egger M, Walter D, Eisterer W, Niederwanger A, Woell E, et al. Secretoneurin, an Angiogenic Neuropeptide, Induces Postnatal Vasculogenesis. *Circulation* 2004, 110(9):1121-7.
- 49.- Iwase T, Nagaya N, Fujii T, Itoh T, Ishibashi-Ueda H, Yamagishi M et al. Adrenomedullin Enhances Angiogenic Potency of Bone Marrow Transplantation in a Rat Model of Hindlimb Ischemia. *Circulation* 2005, 111(3):356-62.
- 50.- Yoon, CH, Hur J, Park K, Kim J-H, Lee C-S, et al. Synergistic Neovascularization by Mixed Transplantation of Early Endothelial Progenitor Cells and Late Outgrowth Endothelial Cells: The Role of Angiogenic Cytokines and Matrix Metalloproteinases. *Circulation* 2005, 112(11):1618-27.
- 51.- Wu J, Chen I, Wang Y, Tseng J, Chhabra A, Salek M, et al. Molecular Imaging of the Kinetics of Vascular Endothelial Growth Factor Gene Expression in Ischemic Myocardium. *Circulation* 2004, 110(6):685-91.
- 52.- Lasne F, de Ceurriz J. Recombinant erythropoietin in urine. *Nature* 2000; 405:635.
- 53.- Peltre G, Thormann W. Evaluation report of urine EPO test. [Citado 3 Jun 2003]. Disponible en URL: <http://www.wada-ama.org/en/t3.asp?p=37147>.
- 54.- Lasne F, Martin L, Crepin N, de Ceaurriz J. Determination of isoelectric profiles of human erythropoietin: differentiation of natural and administered recombinant hormones. *Analytical Biochemistry* 2002; 311:119-26.
- 55.- Lasne F, Martin L, de Ceaurriz J, et al. 'Genetic doping' with erythropoietin cDNA in primate muscle is detectable. *Mol Ther* 2004 Sep; 10 (3): 409-10.
- 56.- World Anti-doping Agency:Executive Committee approves recommendation for urine detection of EPO. *News Release* 7 Jun 2003 [citado 10 Ene 2004]. Disponible en URL: <http://www.wada-ama.org/en/t2.asp?p=34668>.
- 57.- Beullens M, Delanghe JR, Bollen M. False-positive detection of recombinant human erythropoietin in urine following strenuous physical exercise. *Blood*, Feb 2006; doi:10.1182/blood-2006-01-0028.
- 58.- Mujika I. Pitfall in the rEPO test. [citado 17 May 2006]. Disponible en URL: <http://www.cyclingnews.com/news.php?id=features/2005/drmmujika-eporeport>.
- 59.- Lasne F. No doubt about the validity of the urine test for detection of recombinant human Erythropoietin. [carta]. En prensa.
- 60.- Khan A, Grinyer J, Truong ST, Breen EJ, Packer NH. New urinary EPO drug testing method using two-dimensional gel electrophoresis. *Clin Chim Acta* 2005;358:119-30.
- 61.- Rabin OP, Lasne F, Pascual JA, Saugy M, Delbeke FJ. New urinary EPO drug testing method using two-dimensional gel electrophoresis. [Carta]. En prensa.
- 62.- Bajla I, Holländer I, Minichmayr M, Gmeiner G, Reichel CH. GASepo—a software solution for quantitative analysis of digital images in Epo doping control. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 2005; 80: 246—70.
- 63.- Parisotto R, Gore CJ, Emslie KR, Ashenden MJ, Brugnara C, Howe C et al. A novel method utilizing marked of altered erythropoiesis for the detection of recombinant human erythropoietin abuse in athletes. *Haematologica* 2000; 85(6):564-72.
- 64.- Parisotto R, Wu M, Ashenden MJ, Emslie KR, Gore CJ, Howe C et al. Detection of recombinant human erythropoietin abuse in athletes utilizing markers of altered erythropoiesis. *Haematologica* 2001; 86(2):128-37.
- 65.- Sharpe K, Hopkins W, Emslie KR, Howe C, trout G, Kazlauskas R et al. Development of reference ranges in elite athletes for markers of altered erythropoiesis. *Haematologica* 2002; 87 (12):1248-57.
- 66.- Ashenden MJ, Gore CJ, Parisotto R, Sharpe K, Hopkins WG, Hahn AG. Effect of altitude on second-generation blood tests to detect erythropoietin abuse by athletes. *Haematologica* 2003; 88(9):1053-62.
- 67.- Malcovati L, Pascutto, Cazzola M. Hematologic passport for athletes competing in endurance sports: a feasibility study. *Hematologica* 2003;88:570-81.
- 68.- Sharpe K, Ashenden MJ, Schumacher YO. A third generation approach to detect erythropoietin abuse in athletes. *Haematologica* 2006; 91:356-63.

Página abierta

Apuntes para una historia contemporánea de la Medicina del Deporte en España

Francisco Gallardo Rodríguez
Asesor Médico del Deporte
Centro Andaluz de Medicina del Deporte

En diciembre del año 1965 aparece el número cero de Medicina de la Educación Física y el Deporte, la primera revista especializada en la materia que se edita en nuestro país.

En tamaño un poco mayor que cuartilla, formato 24 x 16, y conteniendo ciento setenta y tres páginas impresas, con papel de gran calidad, en los talleres de la editorial Garsi de Madrid.

La portada es sobria, ilustrada con fondo de dos colores: blanco y turquesa, y recoge de manera sucinta la información: nombre de la revista, número y mes de publicación. Debajo del título se especifica que es la revista oficial de la Federación Española.

En el ángulo superior izquierdo de esta primera plana destaca el logotipo de la Federación: los cinco aros olímpicos engarzados en la serpiente hipocrática. Desde nuestra perspectiva actual del diseño, la imagen llama la atención por su puerilidad. Pero no es intención de estos Apuntes la crítica sino más bien todo lo contrario: practicar el desusado oficio del reconocimiento a los que nos precedieron. Es posible que la palabra logotipo no existiera o que fuera de uso poco común. En realidad es un emblema que nos sitúa en el entorno de la época. Un tiempo sin ordenadores, de grafías elaboradas directamente de la mano a la pluma.

Llama la atención en la portada, en su ángulo inferior izquierdo, una errata (o un arrepentimiento) tachada con un

grueso trazo de pluma o rotulador negro. Esta nimiedad aparente indica las prisas o la escasez económica para volver a imprimir. O ambas cosas a la vez.

Por otro lado, señalar el mes elegido para la publicación de este número cero, diciembre. El número uno saldría en abril de 1966. En todo caso, se trata de una secuencia de publicación poco frecuente. Supeditada a la economía, casi con toda seguridad, tras el apoyo institucional al número cero. Hipótesis que confirma la ausencia de publicidad médica en contraportada, farmacológica sobre todo, que ya aparece en el número uno, casi medio año después.

DEDICATORIA

La revista aparece en un contexto político evidente. El régimen de Franco conmemora los 25 años de paz. Tras el índice, la revista trae una Dedicatoria sin firma que comienza así:

“La Federación Española de Medicina de la Educación Física y Deportes, al iniciar la publicación de su Revista, órgano oficial de la misma, quiere en primer lugar agradecer públicamente a las autoridades españolas, la comprensión tenida con los que desde hace tantos años han venido, con su trabajo diario a favor de la Educación Física y el

Deporte, marcando un sendero que ha culminado en el reconocimiento oficial de una nueva rama en el campo de la Medicina: la de médico especialista en Medicina de la Educación Física y el Deporte.”

Hay que recordar que en ese mismo año se publica el decreto 364/1964, en el Boletín Oficial del Estado, el conocido B.O.E, normativa que por primera vez reconoce a nivel oficial, la nueva especialidad médica. En ella se señalan las condiciones requeridas para la obtención del título de especialista, expendido por el Ministerio de Educación Nacional, tras la docencia de la Escuela Medicina Deportiva dependiente de la Delegación Nacional de Educación Física y Deportes.

La especialidad nace, pues, integrada y tutelada, dentro de la organización deportiva del régimen, muy vinculada al Frente de Juventudes, al margen de la Universidad y de las Facultades de Medicina. Este dato explica en la modesta opinión de este escribiente, los rocambolescos avatares que en el futuro ha de tomar nuestra peculiar especialidad.

Más adelante, se puede leer en esta misma dedicatoria:

“Sea por ello nuestra respetuosa dedicatoria al Jefe del Estado español, Generalísimo Franco, y a su Gobierno, y nuestra gratitud.”

Un atento observador puede advertir el lapsus ortotipográfico en la utilización de las letras mayúsculas y minúsculas. Las trampas subconscientes de la escritura.

Las loas culminan con un “saludo respetuoso, cordial y de agradecimiento a José Antonio Elola Olaso”, al frente de la Delegación Nacional en aquellos años.

CONTENIDOS

El número cero de la revista se caracteriza por la nómina elevada de colaboradores internacionales, prácticamente en un noventa por ciento. Dato no desdeñable y que traduce la necesidad de incorporarse al canon de la especialidad fuera de España, si tenemos en cuenta que la International Federation of Sports Medicine, la FIMS, se fundó en el año 1928.

Es uno de sus miembros fundadores, Paul Chailley-Bert, y presidente de la FIMS en 1964, el que abre el contenido científico de la revista con un artículo titulado *Actividad física y terapéutica*.

Chailley-Bert, nacido en París el año 1890, es un nombre clásico de la Medicina Deportiva francesa. En la fotografía que acompaña el artículo refleja una mirada proustiana y un tono aristocrático del París de los años veinte. Fue profesor de Fisiología, creando el primer servicio de Fisiología

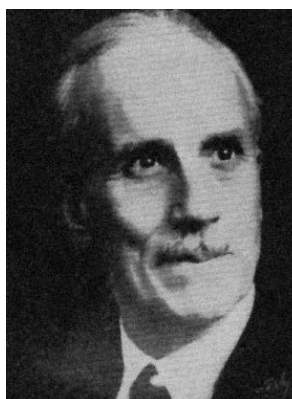
del Deporte en 1930. Se caracterizó por su activa resistencia contra los nazis, llegando a dirigir la asistencia médica para los maquis.

En su artículo el profesor Chailley-Bert combina con sabiduría los últimos conocimientos de la época relacionados con el deportista de élite: oxidaciones celulares, reacciones enzimáticas, niveles de ácido láctico y consumo de oxígeno...etc, con aplicaciones terapéuticas del ejercicio físico. Así, por ejemplo, escribe:

“Hay afecciones en las cuales la actividad física constituye la base misma del tratamiento; todas las demás terapéuticas no son más que accesorias, por ejemplo, la corrección de las malas posturas vertebrales, el tratamiento de las secuelas de la poliomielitis, el tratamiento de las insuficiencias musculares o respiratorias, la reeducación de los cardíacos operados o portadores de lesiones que permitan esta reeducación”.

Y una cura de humildad para todos:

“Hemos descubierto que una marcha a buen paso durante una hora al día disminuye el grado de colesterol sanguíneo.”



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Chailley-Bert, Giuseppe la Cava, Antonio Venerando y Antonio Losada.
Fuente: Medicina del Deporte y la Educación Física y el Deporte.
Revista Oficial de la Federación Española, nº 0, dic. 1965

El siguiente artículo de la revista es el titulado *Clasificación médico-biológica de los diversos deportes* firmado por el traumatólogo italiano Giuseppe la Cava.

Nacido en Roma en el año 1908, fue un prolífico autor de publicaciones, la mayoría de ellas dedicadas a la Medicina del Deporte. En la fotografía que acompaña al artículo porta un semblante escéptico con elegante pañuelo en el bolsillo superior izquierdo de la chaqueta. Reminiscencias de la Via Veneto. Falleció en el año 1988.

En su artículo llama la atención en primer lugar, la redundancia del título, atribuible a una posible errata de traducción. De su clasificación biológica rescatamos una curiosa taxonomía con matices antropológicos:

“Hay deportes naturales (como la carrera, el salto, los lanzamientos, la lucha) aptos para potenciar las condiciones físicas elementales del individuo, como preparación primordial a la lucha para la vida y deportes artificiales o juegos creados para diversión (como los diversos juegos de pelota).

El nombre de Antonio Venerando es conocido por todos, sobre todo por sus publicaciones sobre la electrocardiografía del deportista y el corazón de atleta.

Nacido en Roma, fue clave en el desarrollo del Instituto de Medicina del Deporte del C.O.N.I. romano. En la fotografía que prologa su artículo aparece como un joven médico aplicado, bien vestido, galán de alguna película de Fellini. De su vida conocemos pocos datos más que sus abundantes publicaciones, de entre las cuales destaca el compendio *Sports Cardiology*, editado conjuntamente con Lubich en el año 1980.

Su colaboración al número cero de la revista objeto de análisis lleva por título *Acerca de las investigaciones cardiológicas efectuadas con ocasión de las olimpiadas modernas*. En ella describe las investigaciones cardiológicas efectuadas a 107 deportistas, marchadores y maratonianos de todos los países participantes, antes y durante los Juegos Olímpicos de Roma de 1960. La filosofía del artículo quizá se pueda resumir en el siguiente párrafo:

“A este propósito hay que observar que merecen una particular atención los siempre más frecuentes hallazgos de resultados ocasionales, que simulan lesiones isquémicas miocárdicas asintomáticas, que son citados en la literatura y que son exactamente superponibles a los observados por nosotros y por otros autores en los atletas, lo cual impone mucha cautela en un eventual juicio de interdependencia de la anomalía electrocardiográfica en cuestión, aún con ligeras modificaciones anatómo-funcionales y metabólicas de la viscera, producidas por el aumentado trabajo cardíaco.”

El doctor Antonio Losada coge el relevo de las colaboraciones extranjeras de la revista con un artículo acerca de la *Aplicación del entrenamiento fraccionado en una selección femenina de básquetbol*.

Chileno y director de la revista *Archivos de Medicina del Deporte* en aquellos años, órgano de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte. No confundir con los actuales *Archivos de FEMEDE* dirigidos por Juan José González Iturri que comienzan su andadura en enero de 1984.

Para su biografía apenas disponemos de más datos que dos fotografías. La correspondiente a la revista de 1964, en la que aparece un joven de mirada tímida con un notable parecido al argentino Perón. Y otra digitalizada, localizada en el laberinto de redes, un octogenario doctor en un debate acerca del doping en el año 2002, en calidad de presidente de la Comisión Nacional de Dopaje chilena.

De su artículo destacar una aplicación del entrenamiento fraccionado:

“Se deja constancia en este ensayo que, a pesar de que dicho método tiene su principal aplicación en deportes individuales donde la marca sirve de cartabón, es posible adaptarlo a otros deportes de equipo.”

Y una conclusión ilustrativa de la época:

“Se informa de las limitaciones que fue necesario tener presentes en la planificación, especialmente por tratarse de mujeres que, junto a la práctica intensiva de la Selección, desarrollaban en su mayoría esforzadas labores extradeportivas.”

LA APORTACIÓN ESPAÑOLA

Viene dada fundamentalmente por Jesús Fernández-Cabeza, Jefe de Servicio de Medicina Deportiva de la Delegación Nacional de Educación Física y Deportes en el momento de la publicación de la revista, cargo al que accedió en el año 1954. Patólogo general, estudió Medicina en Valladolid y se doctoró en Madrid en 1935, al mismo tiempo que se especializaba en medicina forense. Conseguiría la cátedra de esta especialidad en 1957.

En la fotografía que acompaña al artículo presenta una mirada enigmática, un tanto escéptica, que le confiere una seriedad extrema. Guarda un cierto parecido físico con Luis Martín-Santos, el psiquiatra que convulsionó el panorama de la novela española de postguerra con *Tiempo de silencio*, editada en 1961. Dicho sea de paso, Fernández-Cabeza estuvo becado por el gobierno alemán y en la obra de Martín-Santos es evidente la influencia de la fenomenología alemana. Pensamientos políticos diferentes que se encuentran, quizá, en la vía intermedia de Pedro Laín

Entralgo. Alemania como telón de fondo. Buen tema para otro análisis que escapa a los límites de este artículo.

El largo artículo de Jesús Fernández-Cabeza, ocupa más de treinta páginas de la revista, se titula *Concepto de la Medicina de la Educación Física y Deportes*. Con vocación pedagógica, el autor trata de explicar el objeto de estudio de la Medicina Deportiva. Un denominador común, la autoexplicación y la justificación del ámbito de actuación de una especialidad a la que aún hoy en día, y en determinados ámbitos, cuesta ser aceptada. Tras un breve bosquejo histórico, escribe el autor:

“Muchos han considerado que es la Educación físico-deportiva una rama de la medicina, con grave error, desde nuestro punto de vista, porque tiene básicos componentes formativo-recreativos y técnica y metodología propios, que se escapan de nuestra ciencia y arte”. Más adelante subraya: “Dentro de esta cualidad de rama médica de aplicación la Medicina deportiva conserva su categoría científica”.

Jesús Fernández-Cabeza, continúa su artículo con breve esquema de la Educación Física y los diferentes deportes, de sus aplicaciones y utilidades, entre las que destacamos “de conservación y freno de la involución”, para personas mayores.

Entre otras aplicaciones a la población de los beneficios de la práctica deportiva, literalmente, y dentro del apartado “En alteraciones mentales”, podemos leer: “Hace dos

años asistió el autor a un “symposium” patrocinado por la UNESCO y la Dirección General para la Juventud y el Deporte, del Ministerio de Educación Nacional francés, en la que todos los “expertos” asistentes se mostraron unánimes en la conclusión de que el deporte puede ser el arma más eficaz para luchar contra la desadaptación social de un gran sector de la juventud de hoy” ¿?...

El autor describe con criterios muy actualizados para la época, los conceptos de herencia y genotipo, biotipo familiar y constitucional, genotipo racial, apartado en el que concede a “ los países con grupos raciales dominantes de tallas bajas o medias sólo se destacan ocasionalmente en campeonatos absolutos, excepto en las categorías ligeras de los deportes divididas en clase por su peso (luchas, halterismo..), en aquellos otros en que la corpulencia general no tiene significado (ciclismo, tiro, hípica, etc...) o que se compensa fácilmente con la habilidad, improvisación de la jugada, etc), especialmente en juego de equipos”, una definición científica del “landismo” sociológico español de los años sesenta.

Tras enumerar distintos consejos prácticos a la hora de practicar deporte. Fernández-Cabeza describe los beneficios de la actividad física para la salud y los peligros de una práctica inadecuada, especialmente para el sistema cardiovascular y el aparato locomotor.

Destacar de este bloque los siguientes conceptos: El “punto muerto”, el “segundo aliento” y el “estado permanente”:

“...las alteraciones mencionadas causan el curioso fenómeno del “punto muerto”, sufrimiento agudo que parece impedir la continuación del esfuerzo, pero si se sigue en él, se vence tal situación, y a través del llamado “segundo aliento” se entra en una regulación especial, a diferente nivel que en reposo, que constituye un “estado permanente” en el que el deportista puede continuar su ejercicio durante mucho tiempo sin que aumente la desviación de las constantes internas, y con conservación de una meseta tolerable del número de pulsaciones, tensión arterial y número de respiraciones”.

Hoy en día hablamos de los mismos conceptos en términos de umbrales, consumos de oxígeno y ácido láctico. Obviamente menos rigurosas y menos científicas las de antaño, pero sin duda, más literarias. Aún hoy en día, los maratonianos hablan del “segundo aliento”, expresión que evoca dimensiones épicas y hasta divinas, cuando sólo se trata de una cascada de reacciones bioquímicas.

Destacar también las menciones de alteraciones psicológicas frecuentes en la práctica deportiva de competición, “síndrome del miedo al fracaso” y “síndrome de miedo al éxito”. Y la mención de la “fiebre de las candilejas”, concepto trasladado del teatro al deporte, precedente del “miedo escénico” popularizado en nuestros días por Jorge Valdano.



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Jesús Fernández-Cabeza, Fernand Plas, y Leonard A. Larson .

Fuente: *Medicina de la Educación física y el Deporte*.

Revista Oficial de la Federación Española, nº 0, dic. 1965

Debido a que “los traumas agudos de un deportista seño- ro exigen, entre otras cosas, el tratamiento depuradísimo y la pronta reintegración a la actividad”, Jesús Fernández- Cabezas aboga ya por una especialización de la Traumatología del Deporte:

“Todo ello lleva a la necesidad de que los que se encarguen del tratamiento de estas lesiones sean médicos con muchos conocimientos deportivos. Sólo así existen mayores esperanzas de éxitos satisfactorios. Los deportistas lo saben y suelen acudir en cada país a unos cuantos especialistas que conocen por su historia médico- deportiva. Y hoy se postula una especialización limitada, dentro de la Medicina de la Educación Física, a la traumatología del deporte, más justificada por lo a menudo de estas violencias”.

El artículo concluye con unas reflexiones acerca de la tutela sanitaria de las actividades deportivas, con nueva justificación de la especialidad incluida:

“Esta rápida ojeada sobre los fines de la Medicina deportiva lleva a la justificación de esta nueva especialidad y a la demostración de que en todos los centros en el que el deporte se practique deban preocuparse de que un médico deportivo se encargue de tutelar las actividades deportivas”.

En definitiva, un extenso artículo de Jesús Fernández- Cabeza, que sirve de posicionamiento de una “nueva” especialidad en la Medicina española. Escrito más con el propósito de divulgar y convencer, que de instaurar un *corpus theoreticus*, propiamente dicho.

LA POLÉMICA DE LOS TESTS DE ACTITUD

El siguiente artículo lo firma Fernand Plas, un nombre de peso en la Historia de la Medicina del Deporte. En la fotografía de la revista, este profesor de la Facultad de Medicina de París, tiene un aire al don Camilo que interpretaba Fernandel, aquel cura de pueblo permanentemente enfrentado al alcalde comunista don Pepone.

Fernand Plas comenzó su carrera como ayudante del mítico Challey-Bert, en la cátedra de Biología aplicada a la Educación Física y los Deportes de París. Muchos años después le dedicaría un emocionado obituario en el *J Sports Med Phys Fitness* de marzo de 1973, el mismo año de su fallecimiento.

En el año 1950, efectuó los primeros registros electrocardiográficos a los ciclistas corredores del Tour de Francia, creando la cardiología del Deporte.

El artículo de Plas, para la revista española, se titula “Standardización de los tests de aptitud física”. La palabra standardización, ni existía entonces, ni aparece hoy en el

Diccionario de la Real Academia Española. El uso de la *s* líquida parece apuntar a una traducción literal y rápida, creando un nuevo anglicismo.

El artículo en sí resulta interesante, pues, recoge los avatares de una controversia que se había iniciado en la década anterior en el XI Congreso Internacional de Medicina Deportiva, a raíz de una ponencia del propio Challey-Bert y del ruso Letounov.

Plas resume muy bien la situación: “Las discusiones apasionadas que supusieron en los pasillos nos mostraron que cada autor estaba personalmente interesado en su manera de obrar y a su modo de ver. Así, que no fue sacada ninguna conclusión, y los congresistas se marcharon, el uno con su test de Martinet o de Ruffier, el otro con su prueba combinada, un tercero con su step-test, otro con los test de Flack, y desde hace ocho años cada escuela sigue empleando su test”.

De esta manera el autor expresa, las tentativas fallidas de unificación de los tests cardíacos funcionales. Fernand Plas, con ironía francesa, atribuye este fracaso, entre otras causas a “un individualismo particularmente desarrollado en la profesión médica y en un cierto nacionalismo, más o menos inconsciente, pero esto tiene poca importancia”.

Con este artículo, el autor intenta acercar posiciones entre fisiólogos y cardiólogos, y busca en los tests de aptitud física el consenso. Revisa uno a uno, los pros y los contra de las distintas pruebas conocidas y propone literalmente:

a) Unos “tests” cardiovasculares:

- Tests de exploración sistemática, que serán suficientes para la vigilancia del deportista corriente:
 - para el esfuerzo dinámico: prueba de las flexiones
 - para el esfuerzo estático: prueba de hipertensión respiratoria controlada
 - para confirmar el cansancio: prueba de apnea después de espiración forzada
 - prueba de actuación sobre el terreno
- Tests de referencia
 - Sea, paso gimnástico durante tres minutos
 - Sea, prueba del taburete
 - Estos dos últimos tipos de pruebas serán aplicados a los atletas de competición

b) Una curva de intensidad-duración que explore la función neuromuscular

El artículo termina con una sutil amenaza que se diluye en elegante súplica:

“Si el individualismo no quiere ceder ante las recomendaciones eventuales de una Comisión Internacional que podría fijar el número de flexiones, la altura del taburete, la duración de la prueba, el modo de apreciación, bastaría con que cada experto consignara en la ficha las indicaciones que conciernen estas variaciones”

De todos modos, el nombre de Fernand Plas va unido indisolublemente a la Cardiología del Deporte y fuimos muchos los entonces jóvenes aventurados que comenzamos a ver trazados de electro de deportistas, patológicos o no, en los libros con pastas de color naranja que contenían sus traducciones al castellano.

La memoria cree retener de uno de estos textos, una frase fundacional de los criterios de salud y enfermedad en el deporte: “Una excelente tolerancia al esfuerzo no es sinónimo de corazón sano.” Firmado: F.Plas.

El último artículo de referencia de la revista, está firmado por Leonard A., artífice en el año 1964 de la fundación del International Committee for the Standardization of Physical Fitness Tests (ICSPFT), integrado por un grupo de investigadores en medicina del deporte, antropometría, fisiología del ejercicio y educación física. El trabajo de este comité duró nueve años hasta publicar un libro con la estandarización de los tests de condición física, en 1974.

El artículo de Larson se titula “Análisis de los esfuerzos profesionales sobre la medición de las aptitudes físicas”. En la fotografía que acompaña al artículo Larson tiene un aire de detective americano televisivo en blanco y negro, a lo Perry Mason.

En el artículo, Larson plantea el esquema general que luego va a seguir el ICSPFT en su trabajo. Quizá lo más relevante de su contenido sea la aproximación en lenguaje y contenido, entre la entonces llamada Educación Física y la Medicina del Deporte.

Su comienzo no deja de ser enigmático:

“La aptitud es a la vez relativa y absoluta. En su aspecto absoluto, es vida y en su aspecto relativo es el nivel de vida. En ambos casos, la suma total cuantitativa se determina por las fuerzas accesorias que actúan sobre el organismo. Estas son animadas o inanimadas, y también personales”.

La revista se completa con una revisión bibliográfica, “Sección bibliográfica”, en la que entre la abrumadora proporción de autores extranjeros, aparece una referencia al artículo “Normas prácticas para el diagnóstico y primeros cuidados de los lesionados craneo-encefálicos”, aparecido en la revista Suplemento número 81. Su autor,

Ramón Balias Juli, padre del ecografista Ramón Balias Mata y tío del escritor Enrique Vilas Mata, es contundente, defendiendo una postura que hoy en día le sería imposible de mantener a los médicos de los equipos de fútbol: “la conducta del médico deportivo ante un lesionado craneo-encefálico, será de reposo absoluto e impedir que continúe actuando”.

Otra reseña bibliográfica, de otro artículo también aparecida en Suplemento, en el número 79, titulado: “La medicina catalana y el deporte”, donde Naves hace una breve historia de la medicina deportiva catalana, basándose en la figura de Moragas, creador de la llamada Mutual Deportiva en 1934 y que dio nombre a la que sigue siendo la exploración más eficaz para detectar lesión del menisco externo en la rodilla: el signo de Moragas.

La revista termina con la reproducción íntegra tanto de los Estatutos de la Federación Internacional de Medicina Deportiva como los de la Federación Española de Medicina de la Educación física y el Deporte. Hecho que revela la estrategia que subyace en la publicación. La nueva revista nace con el deseo de estructurar una especialidad nueva, dispersa y casi desconocida en España, e integrarla en el ámbito internacional, recogiendo para ello la firma y la opinión de los mejores especialistas de aquella época.

Todo aquello ocurría a la mitad de una década que se empeñaron en llamar prodigiosa, pero que en nuestro país quizá no lo fuera tanto. En el año 1965, año en el que le otorgaron el Premio Nobel de Medicina a Jacques Monod, por sus investigaciones acerca de virus y enzimas, aunque quizá sea más conocido por su libro “El azar y la necesidad”, donde el biólogo francés inventa la metafísica de la genética.

Año en el que se bailaba en los guateques “Sapore di sale”, de Gino Paoli, en Londres, Mary Quant diseñaba las primeras minifaldas y en los escasos billetes de veinte duros, aparecía Gustavo Adolfo Bécquer dibujado desde su lado más romántico. En los cines se estrenaba “Doctor Zhivago” y en los televisores españoles se empezaba a buscar al Fugitivo. Y por si fuera poco, el año en el que actuaron los Beatles en la plaza de las Ventas de Madrid, con los Pekenikes como teloneros.

¿Quién dijo que la nostalgia no es científica?

Unidad de Información y Documentación

Últimas adquisiciones

Dossieres temáticos

Nuevos Productos Documentales

Nos interesa...

ÚLTIMAS ADQUISICIONES



Actividad físico deportiva adaptada a la edad / [Dirección General de Deportes de la Comunidad de Madrid, Programa Forodeporte]. -- Madrid: Comunidad de Madrid, Dirección General de Deportes, D.L. 2005
285 p.: il. ; 24 cm. -- (Aprendiendo en comunidad)
D.L. M-43016-2005
Referencia: CAMD657

Estudia las habilidades físico-deportiva que se deben adoptar en la práctica deportiva a lo largo de toda la vida. Para ello, divide por capítulos la actividad física según la primera infancia, segunda infancia, adolescencia, edad adulta y tercera edad. Recoge, en parte, la experiencia de los Cursos de Actividad Físico-Deportiva Adaptada a la Edad, que organizó el Programa Forodeporte de la Dirección General de Deportes, durante los años 1997 y 1998



Pensar desde el cuerpo: ensayo sobre la corporeidad humana / Cristóbal Pera.--Madrid: Triacastela, 2006. 271 p.; 21 cm.--(Humanidades Médicas; 18)
D.L. M 51411-2005
ISBN 84-95840-24-3
Referencia: CAMD660

Colección de reflexiones agrupadas en seis apartados que abordan una visión del cuerpo humano desde diferentes puntos de vista. Se trata, en la mayoría de los casos, de artículos aparecidos en la revista Jano, aunque también en otras, a los que se han añadido algunas conferencias universitarias.

Aborda la reflexión sobre el deterioro físico y el cuerpo sometido a la mirada del médico. Todos los aspectos están hechos desde una profunda cultura.



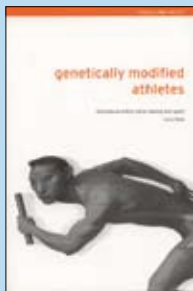
Actividad física y entrenamiento en centros de fitness / [Dirección General de Deportes de la Comunidad de Madrid, Programa Forodeporte]. -- Madrid: Comunidad de Madrid, Dirección General de Deportes, D.L. 2005. 247 p.: il. ; 24 cm. -- (Aprendiendo en comunidad)
D.L. M-43017-2005
Referencia: CAMD658

Obra surgida de la experiencia de los cursos de actividad física y entrenamiento en Centros de Fitness, que organizó el Programa Forodeporte de la Dirección General de Deportes, durante los años 2000 y 2001. Se dirige fundamentalmente a técnicos deportivos para facilitarles la labor que realizan con los usuarios de sus centros con la intención de mejorar sus competencias profesionales y el aumento de la calidad de los servicios deportivos en beneficio del ciudadano.



Guía completa de ejercicios en el agua / Debbie Lawrence. -- Madrid: Tutor, 2005
223 p.: il. ; 23 cm
D.L. M-36681-2005
ISBN 84-7902-526-3
Referencia: CAMD663

Completa guía en la que se detallan ejercicios ilustrados e instrucciones sencillas y fáciles de comprender para, a través de ejercicios en el agua, desarrollar la fuerza, la resistencia... Se muestran numerosos ejercicios para realizar con step, y también incluye varios capítulos dedicados al entrenamiento en el agua para deportistas, para mayores, embarazadas, etc. Debbie Lawrence es una reconocida profesional del fitness autora de varios libros de gran éxito en Inglaterra.



Genetically modified athletes: Bio-medical ethics, gene doping and sport. -- New York: Routledge, 2004
208 p. ; 23 cm. -- (Ethics and sport)
ISBN 0-415-29880-6
Referencia: CAMD664

Aborda un campo importante y creciente de interés, y está dirigido a estudiantes, académicos y médicos. Hace un análisis provocativo de la ética del deporte y los valores humanos, así como de la ética de los médicos y aborda el papel de las autoridades deportivas en la protección del deporte ante la modificación genética. También revisa varios conceptos: el papel de la industria farmacéutica, la actitud ante el deportista dopado, la utilidad (o no) de los términos "dopaje" y "antidopaje", etc.



Actualizaciones en fisiología del ejercicio / José López Chicharro ... [et al.]. -- Madrid: Consejería de Cultura y Deportes, Dirección General de Deportes, 2005. 179 p. ; 24 cm
En portada: Centro Médico ATP: Medicina, Deporte y Salud
D.L. M-1338-2006
Referencia: CAMD692

Contiene una relación de artículos seleccionados de un amplio fondo bibliográfico constituido por las principales publicaciones científicas del sector y publicados en el año 2005 divididos en materias: Actividad Física y Salud; Metabolismo; Cardiovascular y Sangre; Respiratorio; Sistema Endocrino; Capacidad Funcional; Estrés Medioambiental; Edad y Ejercicio; Mujer; tejido Nervioso; Nutrición; Ayudas Ergogénicas. Se trata de una selección de la información más relevante, que permite estar al día de los continuos avances en esta parcela de estudio.



Fisiología del ejercicio / José López Chicharro, Almudena Fernández Vaquero. -- 3ª. -- Buenos Aires; Madrid: Médica Panamericana, [2006]
XVIII, 987 p.: il.col. ; 28 cm
D.L. M.8387-2006
ISBN 84-7903-983-3
Referencia: CAMD695

Dirigido a estudiantes así como a profesionales de distintos ámbitos de la ciencia relacionados directa o indirectamente con el ejercicio físico. Se trata de un libro de alto contenido científico y claridad expositiva. Esta edición añade una revisión de la función del músculo esquelético y amplía los temas referidos a la fuerza y el ejercicio anaeróbico. Como novedad incorpora la implicación de la Fisiología del ejercicio en diversas patologías.



Gimnasia para las articulaciones: nuevo método de entrenamiento global / Wolfgang Danninger. - - Badalona (Barcelona): Paidotribo, 2005. 125 p.: il. ; 22 cm
ISBN 84-8019-845-1
Referencia: CAMD696

Presenta un sistema de gimnasia especialmente pensado para la movilidad de las articulaciones que fortalece los músculos, da forma al cuerpo, enseña a armonizar la respiración con el movimiento y realizándolo de manera regular mantiene en forma.

Presenta casi 60 ejercicios que entrenan las regiones móviles del cuerpo, desde la cabeza a la nuca, pasando por la cadera y las rodillas hasta llegar a los pies. Cada ejercicio que se describe se acompaña de fotos que muestran su ejecución.



Manual básico de prescripción de ejercicio físico para todos / Antonio Jesús Casimiro Andújar... [et al.]. -- Almería: Universidad de Almería, Servicio de Publicaciones; Ayuntamiento de Almería, Patronato Municipal de Deportes, 2005. 159 p.: il., col. ; 25 cm
D.L. AL-116-2005
ISBN 84-8240-757-0
Referencia: CAMD698

Publicación que pretende que todos los lectores puedan comprender, de forma clara y sencilla, las excelencias y beneficios asociados a la práctica físico-deportiva. Al coincidir su edición con la celebración de los XV Juegos Mediterráneos de Almería 2005, se ha utilizado para sus ilustraciones la mascota representativa de esta edición de los juegos.



Curso básico de ecografía: manual de iniciación / Matthias Hofer; [en colaboración con Tatjana Reihls; traducción, Lorenzo A. Facorro]. -- 5ª ed. -- Madrid: Panamericana, 2006. 127 p.: il. col. ; 30 cm. Aparecen 772 ilustraciones y 49 tablas
ISBN 84-9835-016-6
Referencia: CAMD707

Organizado en forma de curso de ecografía, conduce al lector por los distintos órganos y sistemas. Aclara por medio de fotografías la manipulación dinámica del cabezal de ultrasonido y tripletes de imágenes muestran en conjunto la posición del cabezal, la imagen obtenida y el esquema de la eco-anatomía. Las nociones básicas de física se presentan en forma de resumen, con lenguaje claro y fácil de asimilar. Además, destaca un práctico "ABC" para el correcto informe ecográfico.



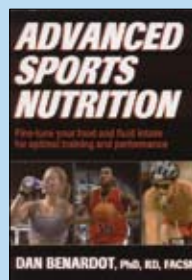
Exercise leadership in cardiac rehabilitation: an evidence based approach / [edited by] Morag K. Thow
228 p. ; 23 cm. Incluye referencias bibliográficas e índice
ISBN 978-0-470-01971-9
Referencia: CAMD708

Escrito por clínicos para clínicos, se trata de una guía práctica para ejercer la prescripción del ejercicio físico a enfermos cardíacos. El libro será una ayuda inestimable que facilitará el conocimiento. Comienza repasando la historia de la rehabilitación cardíaca y continúa con otros capítulos en los que se estratifica el riesgo del ejercicio para los diferentes grupos de pacientes, se trata la fisiología del ejercicio y se dan nociones sobre el diseño de clases y empleo de la música.



Diccionario crítico de dudas inglés-español de medicina / Fernando A. Navarro. -- 2 ed. rev., mejorada y muy ampliada.. -- Madrid, etc.: McGraw-Hill Interamericana, 2005. XXV, 1133 p. ; 27 cm. Bibliografía: p. 1095-1116.
D.L. M. 30754-2005
ISBN 84-481-9808-5
Referencia: CAMD709

Aporta ricos y numerosos consejos y sugerencias para la traducción y adaptación al castellano de la terminología médica inglesa y lo hace de manera razonada con una enorme riqueza léxica, apreciaciones críticas, contrastes lingüísticos y advertencias contra errores gramaticales. Por todos estos motivos, se trata de una obra de referencia muy importante para médicos, farmacéuticos, biólogos, traductores especializados y redactores científicos.



Advanced Sports Nutrition / Dan Benardot. -- Champaign, IL.: Human Kinetics, 2006. 341 p.: il. ; 26 cm
ISBN 978-0-7360-5941-1
Referencia: CAMD710

Guía dedicada a la correcta nutrición de atletas, destinada a los entrenadores y a los profesionales de la salud que trabajan con ellos. La información de este libro intenta ayudar a los atletas a estar más sanos y a comprender mejor numerosos elementos que van a ayudarle a estar en los más altos niveles de competición. Destaca un capítulo en el que se abordan planes nutricionales según el tipo de deporte que practica el atleta.



Actividades acuáticas: ejercicios de tonificación cardiovascular y de rehabilitación / MaryBeth Pappas Gaines. -- Barcelona: Paidotribo, cop. 2006. 227 p.: il. ; 22 cm
ISBN 84-8019-342-5
Referencia: CAMD712

Se analizan los numerosos beneficios de los ejercicios en el medio acuático. Tiene tres partes, la primera describe cómo los ejercicios en el agua mejoran nuestra condición física. La segunda presenta ejercicios acuáticos con instrucciones fáciles de seguir e ilustraciones y la tercera enseña a personalizar un ejercicio acuático en función de las necesidades del paciente: para una rehabilitación cardíaca o una lesión, para el fitness prenatal, para aliviar la artritis... Incluye también un capítulo sobre ejercicios de potencia acuática y ejercicios pliométricos.

Dossiers Temáticos

Los **dossiers temáticos** constituyen una selección de documentación relevante y actualizada. Elaborados para satisfacer las necesidades específicas de información de nuestros usuarios, la confección de dossiers 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: Eurofit test y jóvenes

Fecha: marzo de 2006

Nº: Dossiers de medicina del deporte; 76

Referencia: en línea

Título: Lesiones en la danza

Fecha: marzo de 2006

Nº: Dossiers de medicina del deporte; 77

Referencia: en línea

Título: Lesiones de estrés en fútbol

Fecha: abril de 2006

Nº: Dossiers de medicina del deporte; 78

Referencia: en línea

El contenido de estos dossiers 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 dossiers que se han elaborado desde la aparición del último MD (marzo 2006) hasta la actualidad.

Título: Lesiones frecuentes en el golf

Fecha: abril de 2006

Nº: Dossiers de medicina del deporte; 79

Referencia: en línea

Título: Tratamiento de la espondilolisis

Fecha: mayo de 2006

Nº: Dossiers de medicina del deporte; 80

Referencia: en línea

Título: Escalada, fisiología y lesiones

Fecha: mayo de 2006

Nº: Dossiers de medicina del deporte; 81

Referencia: en línea

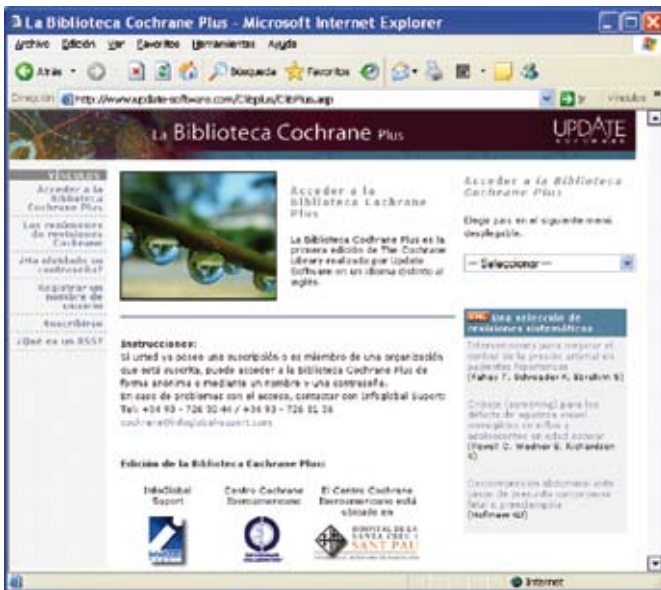
Nuevos Productos Documentales

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...



LA COCHRANE LIBRARY PLUS EN ESPAÑOL

<http://www.update-software.com/Clibplus/ClibPlus.asp>

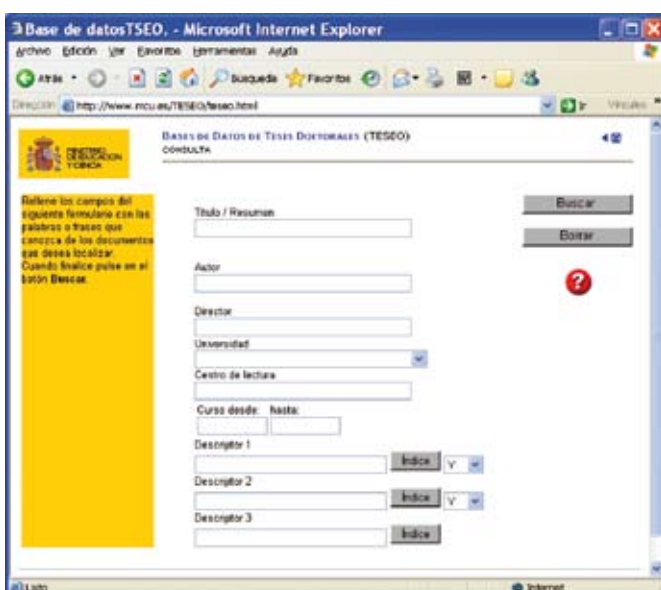
Edición española de la Cochrane Library, contiene la traducción al español de revisiones sistemáticas completas y documentos relevantes a los que se puede acceder a través de una interfaz en español. Tiene cobertura temporal desde el año 1993 y los resúmenes de las revisiones son accesibles de manera gratuita pero no así el texto completo para el que es necesario registrarse.



PSICODOC: Base de datos bibliográfica de psicología

<http://psicodoc.copmadrid.org/psicodoc.htm>

Editada por el Colegio Oficial de Psicólogos, se trata de una base de datos bibliográfica especializada en psicología y ciencias afines. Incluye trabajos publicados en revistas, congresos y libros desde el año 1975 hasta la actualidad y que se han publicado en España y en América Latina. Incluye unas 62000 referencias, 4000 de las cuales están accesibles a texto completo. Para su consulta es necesario suscribirse. También es posible consultar una versión gratuita para usuarios no registrados. Esta versión gratuita restringe la visualización a tres registros y no incluye el acceso a los textos completos.



TESEO: BASE DE DATOS DE TESIS DOCTORALES

<http://www.mcu.es/TESEO/>

Base de datos del Consejo de Coordinación Universitaria, que recoge y permite recuperar información de las tesis doctorales leídas y consideradas aptas en las Universidades españolas desde 1976. La información procede directamente de la Comisión de Doctorado de las Universidades, que deben remitir al Consejo de Coordinación Universitaria un fichero informático a la vez que la ficha impresa de tesis doctoral, con el fin descargar rápidamente la información en TESEO.

En resumen

CONSENSO de Expertos

Con la celebración en Avilés los días 22 y 23 de Mayo de las jornadas de trabajo y discusión sobre DEPORTE Y SALUD a las que asistieron expertos nacionales e internacionales, entre los que se encontraban la mayoría de los directores médicos de los centros nacionales y regionales de medicina deportiva y los directores médicos de los Centros de Alto Rendimiento, tuvo lugar un punto de encuentro y debate único a nivel nacional sobre dos temas concretos: “**¿Hasta donde podemos llegar en las cargas de entrenamiento?**” y “**La utilización de la genética en la detección de talentos y en la prevención de patologías deportivas, sus pros y sus contras**”.

Son varias las reflexiones que este encuentro ha propiciado, entre las mas importantes podemos resumir las siguientes:

* En relación a la cuestión “¿Hasta donde podemos llegar en las cargas de entrenamiento?”, se concluye que en el alto rendimiento deportivo, no se mejora más cuanto más entrenamiento se realiza, sino que es necesario hacer una aplicación individualizada de las cargas de trabajo, teniendo en cuenta: sexo, edad, años de entrenamiento, objetivos, y factores ambientales. En el entrenamiento del deportista de alto rendimiento, hay que ajustar el orden de los entrenamientos, la posible interferencia entre tipos de entrenamientos, la recuperación de la fatiga y el balance entre el volumen y la intensidad. Así mismo en relación a la planificación del entrenamiento hay que incluir apartados relacionados con la prevención de lesiones, y es recomendable que los entrenamientos de alta intensidad se realicen cuando el organismo esté recuperado del esfuerzo. Es importante la inclusión del trabajo excéntrico para prevenir lesiones, así como el entrenamiento neuromuscular. Se objetiva igualmente la escasez de investigaciones existentes en deportistas de alto rendimiento, sobre todo en mujeres y se insiste en la necesidad de cuantificar el trabajo realizado por el deportista, con el mayor número de variables posible.

Por último es importante destacar la utilidad de la percepción subjetiva de fatiga, como herramienta básica en la cuantificación de las cargas realizadas por el deportista.

* En lo referente a la utilización de la genética en la detección de talentos deportivos y en la prevención de patologías deportivas las conclusiones mas importantes son: Por un lado la existencia de un gran número

de genes implicados en la respuesta al ejercicio físico, sin que se conozcan aún todas las relaciones entre los genes, por lo que existe el peligro de que al modificar o seleccionar un solo gen, el efecto que se produzca no sea el esperado. Es pronto todavía para la utilización de la genética en la selección de talentos deportivos, pero estudios recientes muestran la posibilidad de utilización de la genética en la individualización de los entrenamientos y/o de la prescripción del ejercicio como tratamiento de patologías crónicas. Hay genes cuya expresión puede tener efectos beneficiosos para la salud y/o el rendimiento en algún órgano, pero tener a la vez un riesgo en su expresión en otro órgano. La terapia génica será de gran utilidad a medio plazo en el tratamiento de enfermedades, y su utilidad fuera de ese contexto sería muy peligrosa para la salud. El consejo genético podrá ayudar a una prescripción más individualizada y exacta de ejercicio físico como prevención y tratamiento de enfermedades crónicas.

Igualmente se concluye que hay que valorar la posibilidad de hacer diagnóstico genético a personas que realizan ejercicio intenso, con antecedentes familiares de enfermedad cardiaca y/o alteraciones del ECG, para detectar una predisposición genética a desarrollar patología cardiaca. Así mismo es necesario unir esfuerzos entre diferentes centros y especialidades médicas para avanzar en los estudios genéticos sobre detección precoz de patologías.

La última reflexión da pie a un comentario repetido continuamente por los asistentes a estas Jornadas; “hay que unir fuerzas entre los centros de medicina deportiva y trabajar en coordinación y con comunicación...”, y precisamente para poder dar pie a ello, la directora del CAMD, Carmen Adamuz, se comprometió con los asistentes a tomar el relevo de la reunión de Avilés para la primavera del 2007 en Andalucía, a fin de poder establecer un grupo de trabajo y consenso nacional en la toma de decisiones relacionadas con nuestra especialidad.

Dr. Nicolás Terrados Cepeda y 21 firmas más

Experiencia “Atención sanitaria en el Camino de Santiago del I.E.S. Séneca (Córdoba)”. Abril de 2006.



Por primera vez, en una iniciativa singular, el Centro Andaluz de Medicina del Deporte ha brindado apoyo sanitario a un grupo de peregrinos durante la realización del Camino de Santiago. Nos cuenta esta experiencia Lucía Valenzuela, asesora médica del Centro Andaluz de Medicina del Deporte de Almería.

El día uno de Abril partimos desde Córdoba en autobús hasta Sarria (Lugo), para iniciar desde esa localidad el camino de Santiago. Nos quedaban 120 Km hasta llegar al destino, distribuidos en siete etapas.

La expedición estaba formada por ocho autobuses, un coche de la policía nacional con cuatro agentes y dos coches del patronato de deportes de Córdoba con tres monitores.

Los peregrinos lo formaban, alumnos de la ESO y de bachillerato, además de profesorado y otros adultos acompañantes en la proporción que indica el gráfico 1.

El dispositivo sanitario estuvo compuesto por un equipo formado por una médica, dos enfermeros y una auxiliar de clínica.

Lucía Valenzuela Candelario
Asesora médica del deporte de Almería
Centro Andaluz de medicina del deporte



Este dispositivo contaba con apoyos suficientes tanto personales (personal del Patronato de Deportes de Córdoba, dos profesores que conducían un vehículo alquilado y los tres agentes de la policía nacional), como materiales.

Las funciones de apoyo consistieron fundamentalmente en tareas de evacuación del camino, antes de terminar la jornada, de aquellos alumn@s que no podían continuar, ayudarnos a montar las “consultas” en los polideportivos cada día, trasladar nuestros botiquines y también las mochilas de aquellos alumn@s que no habían calculado bien el peso que podían soportar.

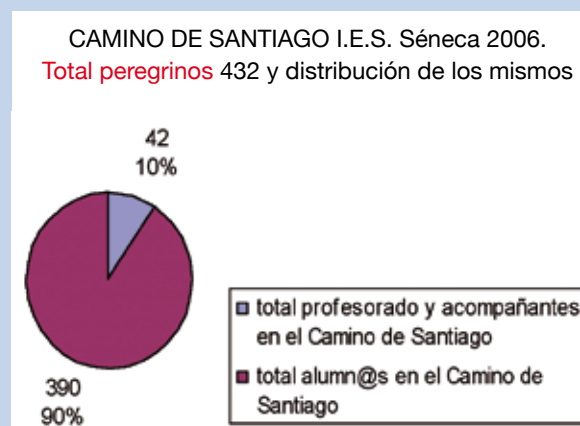


Gráfico 1



La labor de registro de cada una de las incidencias y atenciones sanitarias en un evento tan peculiar (por la gran cantidad de demandas que recibíamos de los peregrinos, por lo largo de cada jornada – terminábamos sobre las 24 h. y ya a las 7.30 h. había que empezar otro día) la solventamos indicando a cada persona atendida que se lo comunicara a un profesor, quién con listado de todos los peregrinos en mano, iba anotando a todas las personas que atendíamos.

Cada día, antes del inicio de la jornada, montábamos una consulta para tratar las dolencias que pudieran presentar el conjunto de los peregrinos en el polideportivo donde pernoctaban. Normalmente, en esta primera consulta de cada día solíamos proteger, mediante vendaje, aquellas lesiones inflamatorias que impedían por el dolor caminar adecuadamente. Al final de cada jornada, después de la ducha y la cena, de nuevo montábamos otra consulta de atención sanitaria, en la que sobre todo tratábamos las ampollas y rozaduras que los alumn@s nos mostraban.

En general, todas las afecciones y lesiones acaecidas en este Camino de Santiago pueden calificarse de LEVES y afectaron al 36% de los peregrinos. (Gráfico 2)

CAMINO DE SANTIAGO I.E.S. Séneca 2006.
Total peregrinos 432 y porcentaje de los que demandaron o no asistencia sanitaria

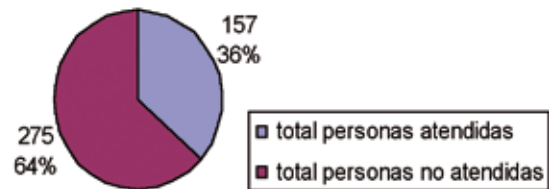


Gráfico 2

Es de destacar el interés y la capacidad de sacrificio que algunos alumn@s, aunque lesionados mostraron, pues siempre querían continuar y se resistieron a ser evacuados del camino antes de finalizarlo. Nunca fueron más de tres o cuatro personas las que necesitaron abandonar cada día.

Las demandas asistenciales las hemos clasificado para facilitar tanto el tratamiento estadístico como la claridad en la exposición en demandas de causa traumatológica, demandas por enfermedad común y personas que realizaron ambos tipos de demandas, y se presentaron en la proporción que se muestra en el Gráfico 3.

Como cabía esperar el mayor número de peregrinos solicitó nuestra intervención para dolencias y lesiones de causa inflamatoria, un 64%.



Además fueron estas lesiones las que mayor número de asistencias requirieron (cada lesión inflamatoria, herida, ampolla, etc. requiere un mínimo de dos o tres intervenciones) (Gráfico 4).

En cuanto a las afecciones que hemos encuadrado dentro de la categoría de causa traumatólogica, son en su mayoría derivadas de las largas distancias que se caminaban cada día: ampollas, tendinitis, contracturas y sobrecargas musculares (Gráfico 5).

La mayor parte de las asistencias por enfermedad común fueron: resfriado común, cefaleas, faringitis, fiebre y gastroenteritis (Gráfico 6).

Capítulo a destacar dentro de estas asistencias lo fueron por dolor abdominal. De todos los que consultaban por esta dolencia, la mitad se debía a gastroenteritis con diarrea y la otra mitad a estreñimiento (la alimentación de cada día era escasa en verduras y hortalizas y la fruta que nos ofrecían no la solían comer todos los alumn@s, por lo que con tan poca fibra era muy fácil estreñirse. Ante esta situación, se indicó la conveniencia de recomendarles que no bebieran agua de las fuentes del camino (para de alguna forma prevenir complicaciones). Otra medida que adoptamos para algunos alumn@s con gastroenteritis fue la de aportarles en la cena una dieta blanda, que el catering contratado nos traía cada noche. Normalmente, a lo largo del camino encargábamos aproximadamente la elaboración de cinco dietas de este tipo.

CAMINO DE SANTIAGO I.E.S. Séneca 2006.
 Distribución por tipo de asistencia demandada por los peregrinos

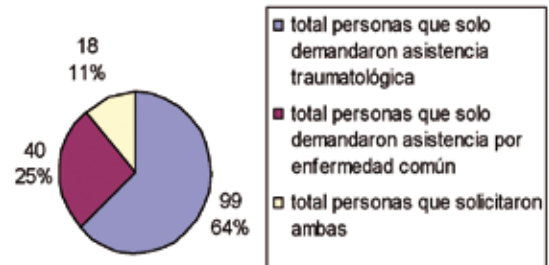


Gráfico 3

CAMINO DE SANTIAGO I.E.S. Séneca 2006.
 Total de asistencias sanitarias de los peregrinos: 312 y distribución de las mismas

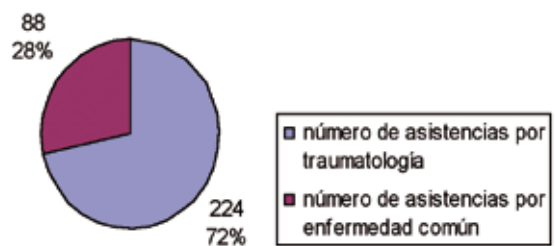


Gráfico 4

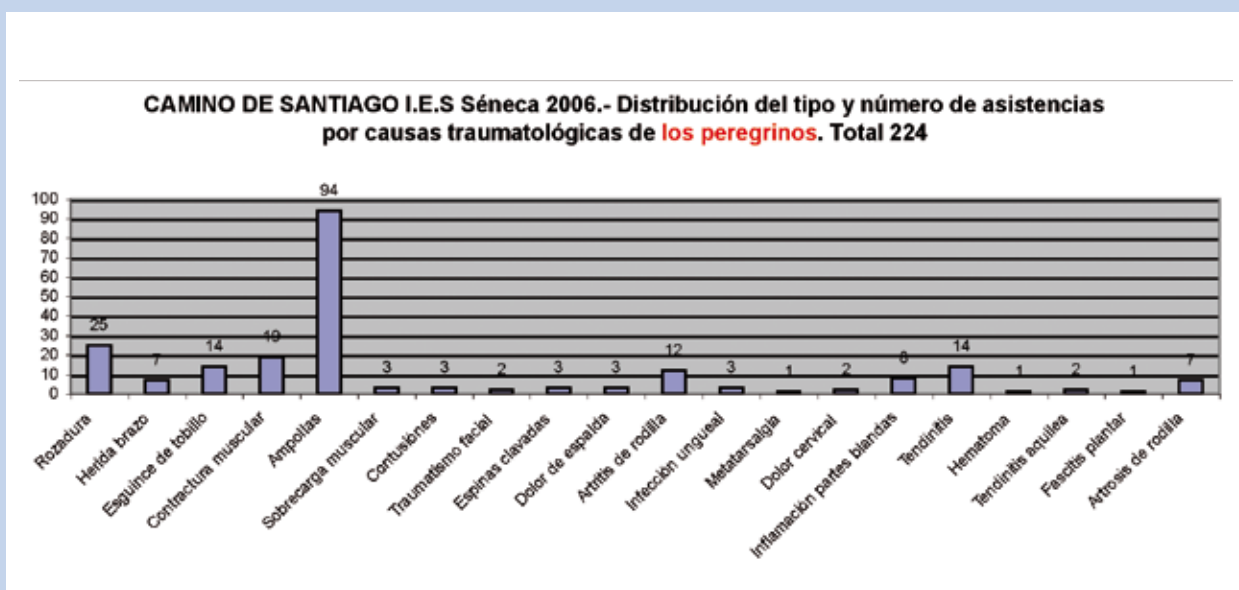
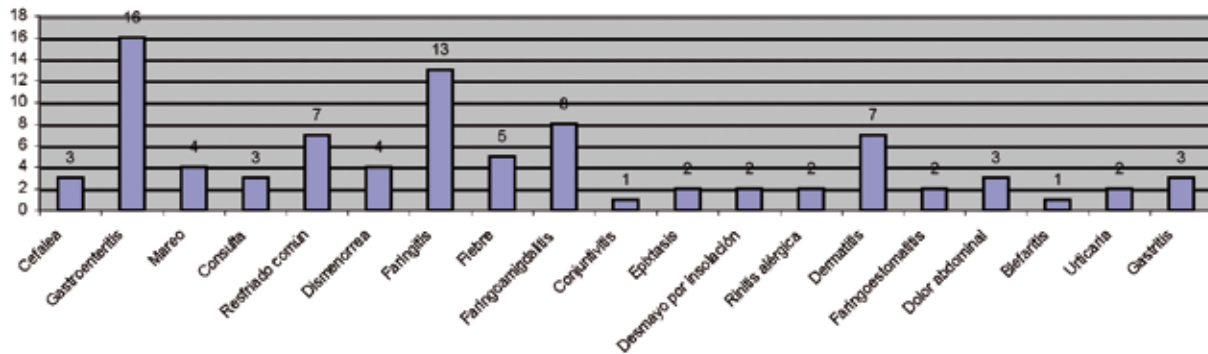


Gráfico 5

CAMINO DE SANTIAGO I.E.S. Séneca 2006.- Distribución del tipo y número de asistencias por enfermedad común de los peregrinos. Total 88



Gráfico 6

ASPECTOS LLAMATIVOS DE ESTE CAMINO

Es de destacar en este camino de Santiago que la climatología nos cogió por sorpresa. No llovió ni un solo día durante el transcurso de la caminata y disfrutamos de un tiempo espléndido, factor meteorológico que nos facilitó muchísimo la marcha aunque fue causa de algunas quemaduras solares en brazos y de mareos y agotamientos por el calor que de ninguna forma sospechamos podría ocurrir en el camino, en sus etapas gallegas y en Abril. Recomendamos el uso de protectores solares, gorra y beber mucho agua.

El mejor aliado como recurso terapéutico fue el hielo. Prácticamente tuvimos bolsas de frío químico para todos los peregrinos que lo necesitaron hasta el final del



camino. Si no conocían el poder antiinflamatorio del frío, desde luego que esta experiencia se lo ha enseñado.

Otra intervención preventiva consistió en la realización de "ejercicios de estiramiento" previos al inicio de cada jornada.

Si dividimos a los peregrinos en dos subconjuntos, por una parte el alumnado y por otra el profesorado y los adultos acompañantes y los estudiamos por separado, encontraremos las siguientes diferencias, como muestran los gráficos 7 y 8.

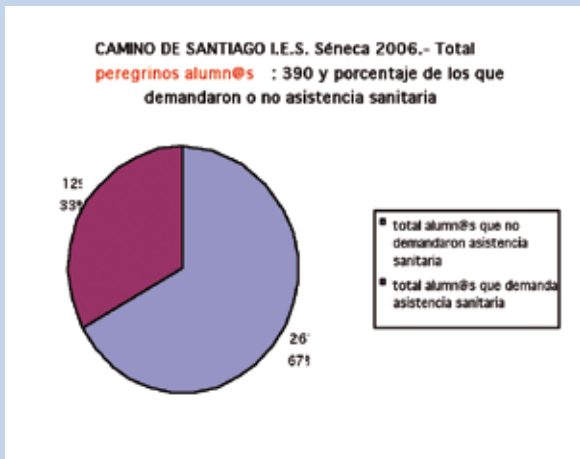


Gráfico 7

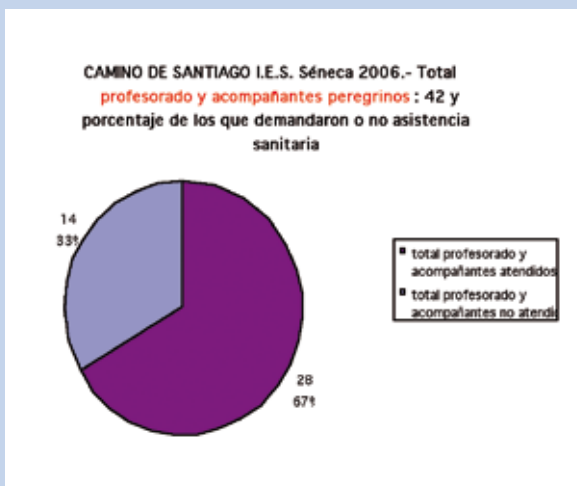


Gráfico 8

Es llamativa la diferencia entre el porcentaje de alumnos que fueron atendidos un 33% y los profesores atendidos, un 67% .

El esclarecer el por qué de estos resultados, explicarse esta diferencia no deja de ser atrevido; no obstante apuntamos, las siguientes posibilidades:

- Mayor cercanía al personal sanitario, y por tanto más confianza
- Mayor conocimiento sobre el uso de las medidas preventivas (aplicación de vendajes funcionales, frío postejercicio...), de nuestro arsenal terapéutico, etc.

- Realmente también es posible considerar la posibilidad de menor capacidad de soportar el dolor.

Sin embargo no encontramos diferencia entre el número de intervenciones que se derivan de cada consulta, según que el colectivo sea uno u otro (Gráfico 9):

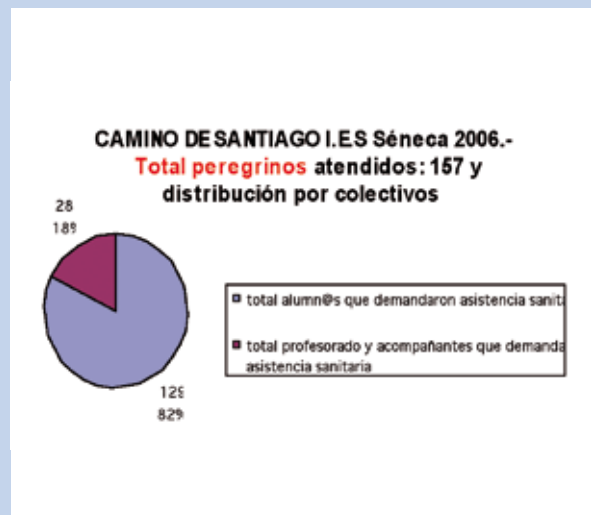


Gráfico 9

Los 28 profesores y acompañantes que fueron atendidos en el camino, recibieron 55 intervenciones o asistencias (Gráfico 10):



Gráfico 10

Y los 129 alumn@ atendidos recibieron 257 asistencias (Gráfico 11).

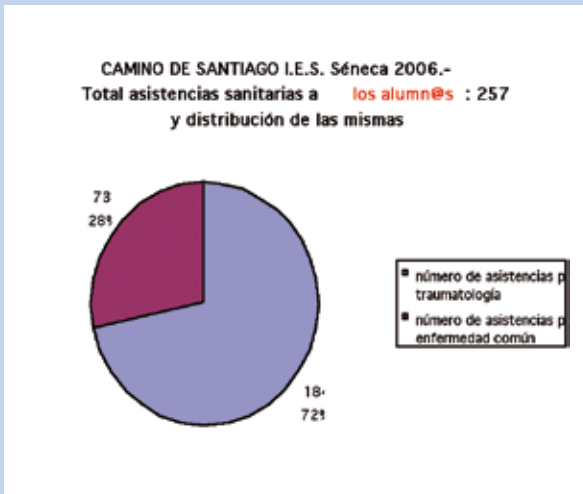


Gráfico 11

Esta coincidencia es un buen índice de la asistencia sanitaria recibida por cada peregrino independientemente del colectivo de que se trate.

Por último os presentamos la distribución por colectivos de las demandas asistenciales coincidiendo igualmente el orden en el porcentaje de las mismas, las más numerosas son las de causa traumatológica, seguidas de las debidas a enfermedad común, siendo por último menos numeroso, el colectivo de personas que demandaron ambos tipos de asistencias (Gráficos 12 y 13).



Gráfico 12

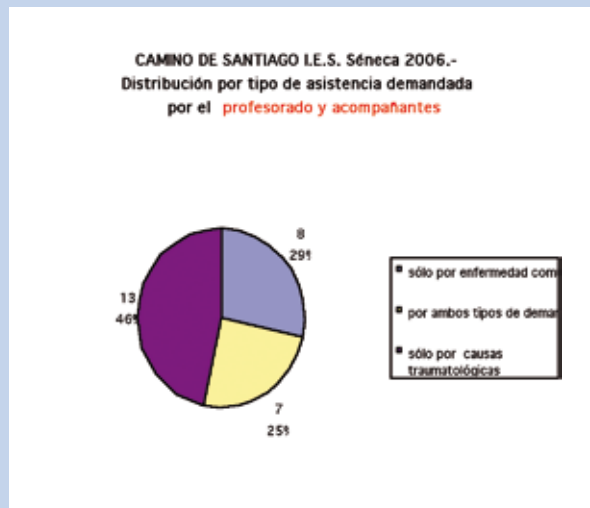


Gráfico 13

Agenda

Eventos de interés

JULIO

NUEVOS CONCEPTOS EN SALAS DE FITNESS. AEROBIC RECREATIVO Y EDUCATIVO PARA NIÑOS Y NIÑAS EN EDAD ESCOLAR

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte
Fecha: 29 y 30 de junio, 1 de julio
Lugar: Complejo Educativo de Pino Montano. Gimnasio Century. Avda. Alcalde Manuel del Valle s/n. Sevilla
Tfno: 951 04 19 34. fax: 951 04 19 33
Web: www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp
e-mail: formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

JUEGOS MUNDIALES DE LA MEDICINA Y LA SALUD

Organiza: Corporate Sport Organisation
Fecha: Del 1 al 8 de Julio
Lugar: Montecatini Terme (Italia)
Teléfono: 33- 491165314
Web: www.medigames.com
e-mail: info@medigames.com

MASAJE Y DEPORTE

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte
Fecha: 6 y 7 de julio
Lugar: PM Vista Alegre. Plaza de Vista Alegre, s/n. Córdoba
Teléfono: 951 04 19 34. fax: 951 04 19 33
Web: www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp
e-mail: formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

ACTIVIDAD FÍSICA ALTERNATIVA EN EL MEDIO ACUÁTICO: AQUAEROBIC, YOQUA, WATSU Y STEP

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte
Fecha: 4 y 5 de julio de 2006
Lugar: Patronato Municipal de Deportes. Palacio de los Deportes. C/ Serrana s/n. Dos Hermanas (Sevilla)
Teléfono: 951 04 19 34. fax: 951 04 19 33
Web: www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp
e-mail: formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

V CONGRESO DEL DEPORTE

Organiza: Real Grupo de Cultura Covadonga en colaboración con el Ayuntamiento de Gijón, el Gobierno del Principado de Asturias y varias instituciones privadas
Fecha: 7 y 8 de julio de 2006
Lugar: Gijón
Teléfono: 985 19 57 20 Extensión 206. Fax: 985 36 61 10
e-mail: naybar@rgcc.es

3ª CONFERENCIA DE LA ASOCIACIÓN EUROPEA DE SOCIOLOGÍA DEL DEPORTE

Fecha: 5 a 8 de julio de 2006
Lugar: Jyväskylä, Finlandia
Web: <http://www.eass2006.fi>
e-mail: programme@eass2006.fi

XI CONGRESO ANUAL DEL COLEGIO EUROPEO DE CIENCIAS DEL DEPORTE

Fecha: 5 al 8 de Julio de 2006
Lugar: Palais de Beaulieu
Teléfono: +41 (0)31 631 84 33
e-mail: info@ecss-lausanne.ch
Web: <http://www.ecss2006.com>

CONGRESO SOCHEMDEP "51º CONGRESO CHILENO DE MEDICINA DEL DEPORTE"

Organiza: Sociedad Chilena de Medicina del Deporte
Fecha: 6 de Julio
Lugar: Hotel Intercontinental de Santiago de Chile
Teléfono: 56-2-3713924
WEB: http://www.sochmedep.cl/actividades/agenda/index.php?ano_mes=2006-07
e-mail: info@sochmedep.cl

INNOVACIONES EN LA ENSEÑANZA DE ACTIVIDADES ACUÁTICAS: NATACIÓN PARA BEBÉS, NATACIÓN PARA EMBARAZADAS, NATACIÓN PARA MAYORES

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte
Fecha: 10 y 11 de julio de 2006
Lugar: IAD, Avda. Santa Rosa de Lima, nº 5. Málaga
Teléfono: 951 04 19 34. fax: 951 04 19 33
WEB: www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp
e-mail: formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

CONGRESO SUDAMERICANO FIEP 2006 Y 11ª JORNADA DE EDUCACIÓN FÍSICA DEL MERCOSUR

Fecha: 14 al 18 Julio de 2006
Lugar: Colegio Nuestra Señora del Huerto y Alianza Jesús María, Social, Área Deportiva Jesús María, Córdoba (Argentina)
Teléfono: 00 54 0351 467-0337
WEB: <http://usuarios.arnet.com.ar/otanez/>
e-mail: gcalderon@arnet.com.ar

XXI CURSO DE NUTRICIÓN Y CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. NUTRICIÓN Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Organiza: Universidad de Verano de Teruel
Fecha: 17 a 21 de Julio de 2006
Lugar: Centro de Estudios Universitarios de Teruel
e-mail: unverter@unizar.es

AGOSTO

INTERNATIONAL SPORTS FACILITIES EXPO-CHINA 2006

Fecha: 3 - 5 Agosto de 2006

Lugar: Beijing (China)

Teléfono: +86-10-6561-0506

Fax +86-10-6561-0510

e-mail: simon.liu@csiibeijing.com

SIMPÓSIO NACIONAL DE FUERZA, POTENCIA Y VELOCIDAD EN DEPORTES

Organiza: Asociación Argentina de Medicina del Deporte y Ciencias del Ejercicio y Sport Life

Fecha: 05 y 06 de Agosto de 2006

Lugar: Auditorio del Rectorado de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

Tel/Fax: (54) (11) 4706-1217/1883

e-mail: biodeport@biodeport.com

XXVI CONGRESO INTERNACIONAL DE PSICOLOGÍA APLICADA

Fecha: 14-19 de agosto

Lugar: Atenas (Grecia)

Tel: 30-17277259.- Fax: 30-17277534.

e-mail: icap2006@psych.voa.gr

Web: www.iaapsy.org

EDUCACIÓN DEL OCIO A TRAVÉS DE LAS ACTIVIDADES FÍSICO-DEPORTIVAS

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte

Fecha: 24 de agosto

Lugar: Guadix (Granada)

Tfno: 951 04 19 34. fax: 951 04 19 33

Web: www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp

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

SEPTIEMBRE

CURSO ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE MÉDICOS DE EQUIPOS DE FÚTBOL

Organiza: VILLARREAL C.F. SAD

Fecha: 4 y 5 de septiembre

Web: http://www.aemef.org/powerpoints/programa_x_curso_aemef.doc

III CONGRESO NACIONAL DE FISIOTERAPIA, SALUD Y ACTIVIDAD FÍSICA

Organiza: Colegio de Fisioterapeutas de Cataluña

Fecha: 14-16 de septiembre de 2006

Lugar: Campus de Bellaterra (Universitat Autònoma de Barcelona)

Tel.: 93.207.50.29 - Fax. 93.207.70.22

e-mail: congres2006@fisioterapeutes.com

1º CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE PSICOLOGÍA DEL DEPORTE

Organiza: Sociedad Iberoamericana de Psicología del Deporte

Fecha: 14 al 16 de Septiembre de 2006

Lugar: Guadalajara (México)

Teléfono: (0052) 3336693597

Web: www.efsi.iteso.mx

VII JORNADAS DE MEDICINA Y DEPORTE DE ALTO NIVEL

Organiza: La Comisión Médica del Comité Olímpico Español

Fecha: 15 y 16 de septiembre de 2006

Lugar: Sede del Comité Olímpico Español

C/ Arequipa 13, 28043 Madrid

Teléfono: 91 381 55 00 ; Fax: 91 381 96 39

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

e-mail: cmedica@coe.es

I CONGRESO NACIONAL DE DEPORTES DE RAQUETA

Organiza: Federación Española de Bádminton

Fecha: 21 a 23 de Septiembre de 2006

Lugar: Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (antiguo INEF de Madrid) de la Universidad Politécnica de Madrid, C/ Martín Fierro, s/n - Madrid

Web: <http://www.06worlds.com/congreso>

e-mail: gematorres@badminton.es

XIV CONGRESO DE MEDICINA DEL DEPORTE DE LOS BALKANES

Organiza: Company for Internacional Congressers

Fecha: 21 al 24 de Septiembre de 2006

Lugar: Albena Resort (Bulgaria)

Tel: 00-359-29534147 - Fax: 00-359-29534181

Web: www.cicpco.com

e-mail: cic@cicpco.com

MOVEMENT AS PREVENTION AND HEALTH

Organiza: International Society for Analytical Cytology
ISAC Satellite Workshop
Fecha: 24-28 septiembre 2006
Lugar: Roma (Italia)
Web: http://www.m-p-h.it/Public/MoPHealth_Home.htm
e-mail: mph-inform@m-p-h.it

I CONGRESO INTERNACIONAL "VIOLENCIA, DEPORTE Y REINSERCIÓN SOCIAL"

Organiza: Universidad de Huelva
Fecha: 27 al 30 de Septiembre de 2006
Lugar: Universidad de Huelva. Campus del Carmen
Teléfono: 959 540974
Web: <http://www.violenciaydeporte.com>
e-mail: congresoshuelva@viajeseci.es

PREVENCIÓN DE LESIONES EN LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte
Dirección: Beatriz Manchón Portillo. Podóloga y deportista de alto nivel de piragüismo.
Lugar: Sevilla
Fecha: 28 de Septiembre de 2006
Tfno: 951 04 19 34 fax: 951 04 19 33
WEB: <http://www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp>
e-mail: formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

4TH MEETING OF THE EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL ASSOCIATIONS OF ORTHOPAEDIC SPORTS TRAUMATOLOGY

Organiza: Clínica Ortopédica e Traumatologica, Universtá degli Studi di Pavia
Fecha: Del 28 al 30 de Septiembre
Lugar: Pavía, Italy
Teléfono: 39.0382.502851
Web: <http://www.setrade.info/documentos/preliminaryprogram.pdf>
e-mail: mariomosconi@yahoo.it

2006 IAAF WORLD SYMPOSIUM ON DOPING IN SPORT

Organiza: International Association of Athletics Federations
Fecha: 30 de septiembre 2 de octubre 2006
Lugar: Lausanne (Suiza)
Tel: (+377) 93 10 8888; Fax: (+377) 93 15 9515
Web: <http://www.iaaf.org/antidoping>
e-mail: info@iaaf.org

OCTUBRE

II CONGRESO Y III CONGRESO COLOMBIANO DE PSICOLOGÍA DEL DEPORTE Y EL EJERCICIO FÍSICO

Fecha: Del 2 al 4 de Octubre
Lugar: Bogotá (Colombia)
e-mail: cpde@parltda.com.co

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "CURRENT ISSUES AND NEW IDEAS IN SPORT SCIENCE"

Fecha: 5 - 6 de octubre de 2006
Lugar: Kaunas, Lituania
Teléfono: +370 37 302672
Fax: +370 37 204515
e-mail: trs@lkka.lt
Web: www.lkka.lt/en/konferencija2006

LA RECUPERACIÓN DE LA FATIGA EN EL DEPORTISTA

Organiza: Viceconsejería del Deporte de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha
Fecha: 6-8 de octubre
Lugar: Almagro (Ciudad Real)
Teléfono: 925 24 74 00
Web: www.jccm.es/educacion/deportes/escuela/index.html

INNOVACIONES EN ACTIVIDAD FÍSICA PARA MAYORES

Organiza: Instituto Andaluz del Deporte y Centro Andaluz de Medicina del Deporte
Lugar: Edificio de la ONCE, Córdoba
Fecha: 18 de Octubre de 2006
Tfno: 951 04 19 34 fax: 951 04 19 33
WEB: www.ctcd.junta-andalucia.es/iad/portada/index.jsp
e-mail: formacion.iad.ctcd@juntadeandalucia.es

XII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CIENCIAS DEL EJERCICIO Y DEL DEPORTE

Organiza: Asociación Argentina de Medicina del Deporte y Ciencias del Ejercicio
Fecha: 18 y 19 de Octubre
Lugar: Buenos Aires, Argentina
Teléfono: (54) (11) 4706-1217/1883
Web: <http://www.biodeport.com/congresos/>
e-mail: biodeport@biodeport.com

6º CONGRESO MEDITERRÁNEO DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN

Fecha: 18-21 de octubre
Lugar: Vilamoura (Algarve, Portugal)
Teléfono: Tel: +351 22 940 82 84 / Fax: + 351 22 940 82 82
Web: <http://www.medcongress.prm06.org/>
e-mail: prm06@the.pt

SIMPOSIO INTERNACIONAL DE PREPARACION FISICA Y FISILOGIA DEL EJERCICIO EN DEPORTES INDIVIDUALES Y DE CONJUNTO

Fecha: 20 y 21 de Octubre de 2006

Lugar: Rosario (Argentina)

Tel/Fax: (54) (11) 4706-1217/1883

e-mail: biodeport@biodeport.com

III SIMPOSIUM MUNDIAL DE ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Organiza: Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal. Facultad de Educación y Humanidades. Campus de Melilla (Universidad de Granada)

Fecha: 27 a 30 de Septiembre de 2006

Lugar: Facultad de Educación y Humanidades de Melilla

URL: <http://amoros.ugr.es/symposium/>

e-mail: jgranda@ugr.es

EL CUIDADO DE LA COLUMNA VERTEBRAL Y LA HIGIENE POSTURAL EN LA PRÁCTICA DE EJERCICIO EN LAS SALAS DE ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR

Organiza: Viceconsejería del Deporte de la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

Fecha: 27-29 de octubre

Lugar: Ciudad Real

Web: www.jccm.es/educacion/deportes/escuela/index.html

11TH WORLD SPORT FOR ALL CONGRESS

Fecha: 31 Octubre - 3 Noviembre 2006

Lugar: Habana, Cuba

e-mail: cocuba@enet.cu

Web: www.sportforallcuba2006.cu

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.medicinalegal.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? _____



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