



Apuntes para el siglo XXI

Sobre el modelo corporal de la mujer

Cásate con un arqueólogo. Cuanto más vieja te hagas, más encantadora te encontrará. AGATHA CHRISTIE

A orillas del lago Lugu, en un remoto lugar de la provincia de Yunan al sur de la China, se encuentra el legendario "reino de las mujeres", una sociedad matriarcal de 47.000 habitantes en la que los hombres no tienen responsabilidades sobre las cuestiones importantes de la vida. Las mujeres, del grupo étnico Mosuo, descendientes de nómadas tibetanos, son las que trabajan, toman las decisiones y administran el dinero. Ellas, que son físicamente fuertes y saben cuidar de sí mismas, escogen a sus amantes y conforman una peculiar estructura familiar denominada "matrimonio ambulante" en el que las propiedades y el nombre pasan de madres a hijas. Se trata de una antiquísima tradición de la milenaria cultura china en la que el matriarcado era una institución habitual en el ámbito rural. Frente a este reducto matriarcal, las sociedades contemporáneas, a pesar de los avances del proceso de civilización, de las conquistas de las revoluciones sociopolíticas y las aportaciones de las disciplinas científicas, se han erigido como organizaciones dirigidas y dominadas por lo masculino en las que las mujeres han tenido un papel secundario, adaptativo y ornamental.

Hasta bien entrado el presente siglo, las mujeres más que protagonizar la historia la han padecido. Factores científicos, sociológicos y políticos han posibilitado recientemente la consideración de la mujer como grupo social diferenciado del hombre. La aportación de las ciencias humanas (la antropología, la demografía histórica y la sociología) han distinguido lo masculino de lo femenino como formas de división de las sociedades. La presencia creciente de la mujer en la universidad, primero como estudiante (en el segundo tercio de la centuria) y después como profesora ha constituido un cambio sustancial en la fundamentación social, académica y laboral del papel de la mujer en nuestra sociedad. El movimiento de liberación de la mujer, a partir de los años setenta, ha sido una plataforma política decisiva para que las mujeres conquistaran su doble categoría de sujetos y objetos históricos: alguien que habla y de quien se habla.

La emancipación de la mujer, sobre todo en las sociedades desarrolladas, es un suceso cercano que se gesta como fruto maduro de una modernización inevitable en una sociedad preparada para la aceptación del concepto género, diferenciación de sexos, no como un elemento inmutable de una naturaleza sino como una construcción cultural cambiante. La modernidad económica rompe las cadenas de las comunidades locales y familiares e independiza a la mujer asalariada. La modernidad cultural promueve la alfabetización femenina, imprescindible para la comunicación en el ejercicio progresivo de la democracia. La modernidad científica ha salvado a la mujer de la muerte de parto y, a través de los anticonceptivos, ha liberado a la mujer de su esclavitud con el placer y la procreación.

Pero, ¿cuál ha sido el resultado real de todas estas transformaciones en la mujer de nuestros tiempos? Los cambios han sido drásticos: hasta la primera mitad del siglo el sentido de la vida de la mujer era el matrimonio y los hijos; en cuanto a los hombres, las estadísticas nos dicen que querían esposas bellas, vírgenes y que no trabajaran. Hoy este planteamiento es obsoleto; la mujer quiere ser ella misma y el hombre ha debido ajustarse a los nuevos cánones de comportamiento. Las mujeres han alcanzado tasas de actividad sin precedentes históricos; quieren llegar a todo. Consciente de su autonomía y protagonismo, la mujer actual es perfeccionista: se exige ser bella, buena profesional y madre de familia. En el período actual de la posmodernidad, caracterizado por la autonomía individual diferenciada y exigente cuya meta es la felicidad personal, las mujeres reivindican independencia, dominio de sí y acceso al mundo masculino (en lo laboral, social, político, económico, tiempo de ocio...), pero sin abandonar su tradicional rol de seducción, conjugando los roles actuales con los tradicionales.

Por primera vez han adquirido el dominio sobre su cuerpo. El derecho al aborto, los anticonceptivos, el acceso al trabajo, su independencia socio-familiar y el ferviente deseo de equipararse con el hombre sin diferencias ni excepciones de ningún tipo han revolucionado la relación de la mujer con su aspecto físico. En este sentido, el número de mujeres que deciden dedicar sus horas de ocio a la práctica deportiva y a las distintas prácticas recreativas e higiénicas es muy superior al de cual-

quier otro período histórico. El acceso generalizado de las mujeres a los cuidados estéticos mediante la adquisición masiva de los productos de belleza, gracias a la elevación del nivel de vida y los métodos industriales, ha condicionado un cambio importante en su tradicional lucha por parecer joven y bella. Se ha pasado de la obsesión por el rostro a la pasión por el cuerpo. Tratan de construir no solo una cara bonita, sino básicamente un cuerpo joven y esbelto ajustado a la nueva coyuntura sociocultural.

Dos exigencias dominan los cánones actuales de la belleza femenina: la lucha contra el peso y el antienvejecimiento. Los productos de cuidados faciales y corporales se han situado a la cabeza de las ventas de las industrias de perfumería, gracias a la elevación del nivel de vida y a los métodos industriales. La cirugía estética se ha convertido en un medio legítimo y accesible de rejuvenecimiento y embellecimiento. Se ha incrementado notablemente el consumo de los fármacos "milagrosos" que reducen sustancialmente la obesidad o de aquellos que retrasan la oxidación de las células impidiendo el envejecimiento corporal. Aparecen por doquier libros, alguno de ellos convertidos en "best seller", con dietas adelgazantes y remedios para obtener una silueta perfecta. La publicidad nos acecha permanentemente con productos adelgazantes lanzando anualmente cientos de productos *light*. Las siluetas de las *top models* actuales, la evolución de las medidas corporales de las candidatas al título de *miss* y la perenne juventud de las míticas *vedettes* de nuestra esfera social y artística, referentes sociales de la belleza actual, avalan la pasión actual por la trilogía sagrada de la estética de hoy: bella-esbelta-joven.

La necesidad de la mujer por estar delgada es un deseo de autocontrol, es una necesidad de ser soberana de su propio cuerpo, es una conquista más de autonomía personal. En períodos históricos anteriores, la corpulencia femenina se valoraba mucho ya que se le asociaba con la fecundidad, que era el destino supremo de la condición femenina tradicional. En la actualidad, el deseo de desmarcarse de la imagen tradicional de la feminidad, así como la voluntad de ser juzgada menos como cuerpo y más como sujeto dueño de sí mismo se convierte en una pasión por la esbeltez y las carnes firmes, que proyecta, en el plano estético, una ambivalencia de éxito: deseo de emancipación y, al mismo tiempo, una exigencia de autocontrol.

Desde sus inicios hasta bien entrado el presente siglo, el deporte, entendido como un juego agonístico de carácter ascético que instrumentaliza un cuerpo energético en pos de un rendimiento máximo, ha sido un coto reservado para hombres. Las mujeres se han ido incorporando al deporte a título individual, de manera forzada, tarde e intentando emular a lo masculino. La naturaleza de la práctica deportiva (exigente, competitiva, masculinizada), el papel secundario de la mujer en la sociedad con un limitado acceso al tiempo de ocio, la deficiente consideración socio-familiar de las prácticas corporales para mujeres y la relación que tiene el deporte con los espacios públicos y abiertos han retraído de manera determinante su participación en esta práctica de nuestro siglo. Con los movimientos de liberación de la mujer y los cambios sociales y culturales auspiciados a partir de la segunda mitad de nuestra centuria, la mujer preocupada por alcanzar la igualdad con el hombre se incorpora decididamente a los deportes considerados como "femeninos". Su adscripción a la práctica deportiva, bastante inferior a la de los hombres, depende todavía de la edad, la educación y el estatus socioeconómico.

A pesar de la notable irrupción de la mujer en la práctica deportiva en las últimas tres décadas, podemos apreciar que la vigencia de los modelos corporales impuestos en nuestra sociedad hace que el deporte, como opción práctica en el tiempo de ocio activo, quede relativamente marginado de las preferencias mayoritarias de las mujeres. La particular interpretación deportiva de lo ascético, fórmula de éxito en la modernidad aunque con problemas de ajuste en la sociedad hedonista de hoy, ha sido sustituida entre la población femenina por un culto quasi religioso narcisista hacia la búsqueda de la belleza-delgadez-juventud que es otra forma de ascesis que conduce a la mujer posmoderna a apropiarse de las cualidades de voluntad, de autonomía, de eficacia, de poder sobre sí misma tradicionalmente atribuidas al varón.

El derecho a la diferencia, renovado discurso que rompe el modelo empobrecedor del igualitarismo feminista, se ha constituido en el marco ideológico referencial que debe otorgar a la mujer el importante y definitivo papel social que le corresponde. La elección de un modelo corporal propio, autónomo y diferenciado, acompañado del desarrollo generalizado de las prácticas corporales que se derivan de él, constituyen un paso importante en la consecución de esta aspiración.

El duelo con el espejo está servido, la silueta corporal ha pasado a convertirse en el elemento fundamental sobre el que gira la autoestima y si el cuerpo no se ajusta a los patrones de belleza vigentes, la vida podría convertirse en una drama añadido con importantes alteraciones: bulimia, anorexia, depresiones, complejos... La conquista de la belleza ya no se concibe sin la búsqueda de lo esbelto, las restricciones alimentarias, el tratamiento cosmético y los ejercicios corporales ascético-narcisistas que proporcionen un cuerpo firme y musculoso. El deporte, cimentado en el modelo corporal energético, no sirve para lograr dichos fines y además es un espacio masculino en el que dificilmente la mujer puede cultivar sus valores más genuinos y diferenciales. Es un hecho constatable la incorporación masiva de las mujeres a un segmento de prácticas corporales personalizadas de carácter higiénico, recreativo y narcisista, fundamentadas en el modelo corporal dominante (anatómico-fisiológico) que además son muy pertinentes para sus lícitas aspiraciones de autoafirmación: las gimnasias de la forma, el jogging, la musculación, el fitness, los bailes de salón y discoteca, el aerobic... Toda una respuesta ante un reto apasionante de un sector de la población con urgencias históricas que busca su identidad y encaje satisfactorio en la sociedad del siglo XXI.

Javier Olivera Betrán





Fernando Barbeito

entrevista a



D. Iñaki Urdangarín

Jugador del F.C. Barcelona y de la Selección Española de Balonmano

A punto de empezar esta entrevista, fluyen a mi memoria situaciones y momentos vividos desde hace casi veinte años, los que hace que conozco a Iñaki. Son muchos años jugando en contra, jugando juntos en el F.C. Barcelona y coincidiendo en todas las categorías del Equipo Nacional.

Iñaki Urdangarín posee el mejor palmarés deportivo de la historia del balonmano, habiendo estado presente en casi todos los éxitos tanto de su club como de la Selección Española.

En un momento en el que, tras su feliz matrimonio con SAR la Infanta Doña Cristina, muchas personas pretenden contarnos toda su vida privada, me preparo los papeles para introducirme por unos minutos en el mundo periodístico y presentar a un gran deportista y, sobre todo, un gran profesional. Fernando Barbeito ¿Qué importancia crees que tiene el deporte y la educación física en la formación de una persona?

Iñaki Urdangarín Como siempre he estado inmerso en el mundo del deporte, creo que es totalmente positivo para la formación humana. No quiero decir que el deporte a alto nivel sea imprescindible en el proceso formativo de una persona, pero no tengo ninguna duda que mi actitud frente a la vida ha estado condicionada por la práctica deportiva y la convivencia con un gran número de deportistas. El deporte me lo ha dado todo, madurez, disciplina, el tener que tomar decisiones... valores tan necesarios para la vida.

- F.B. En tu familia se ha vivido el ambiente del INEF intensamente, dos de tus hermanos lo estudiaron en Cataluña, uno de ellos ha sido director del IVEF de Vitoria y tu hermana da clases allí, c'notas diferencias importantes entre los diferentes centros?
- I.U. Estoy convencido que depende mucho del respaldo que recibe el centro por parte de las instituciones de cada ciudad. No cabe duda que en Barcelona y Madrid, como grandes urbes que son, se necesita más infraestructura e instalaciones. De cualquier manera, en mi casa no he oído comentarios ni notado grandes diferencias entre los distintos INEF.
- F.B. ¿Qué recuerdos tienes de tu paso por la Residencia Blume de Barcelona?
- I.U. Durante varios años coincidí con una generación de grandes deportistas, que además habían creado un grupo humano impresionante. Tengo un grato recuerdo de aquella época que se mantiene vivo gracias a que seguimos viéndonos en competiciones o fuera de ellas. Creo que entonces se formaron unos deportistas que más tarde han llegado a lo más alto del deporte mundial.

 Me gustaría destacar el trato recibido de todo el personal de la Residencia en los que fueron mis primeros años fuera de casa.
- F.B. ¿De la respuesta anterior se deduce que estás a favor de la existencia y del apoyo por parte de las instituciones a este tipo de residencias y centros?
- I.U. Actualmente es diferente. Ahora se apuesta más por deportistas más jóvenes, por la base, así como por los deportes colectivos, trasladando a muchos deportistas al CAR de Sant Cugat. Sé que tanto las Residencias Blume como el CAR siguen apoyados por las instituciones, pero habrá que dejar pasar el tiempo para ver si se logran los resultados que actualmente consiguen los equipos de waterpolo, balonmano, vela, tenis...

- F.B. Llevas doce años en lo más alto del deporte como participante. Si tuvieses que dejar la práctica activa, ¿qué dirías que te ha dado el deporte de élite?
- I.U. El deporte practicado al más alto nivel no tiene nada que ver con todas las actividades amateurs. Creo que he conseguido una manera de pensar y de vivir, una madurez (aspectos que creo que puedo valorar personalmente), así como un entorno de amigos y conocidos, salud, y, sobre todo, hacer feliz a mi familia.
- F.B. Muy brevemente, dinos en tu opinión que es lo mejor y lo peor del deporte de élite.
- I.U. Como mejor, citaría la sensación de ganar y el movimiento olímpico.

Como peor, citaría sin ninguna duda el problema del dopaje y las influencias externas que intentan controlar negativamente en el deporte.

- F.B. Tu has jugado en dos Olimpiadas y aspiras a participar en una tercera, ¿tan diferente y especial es vivir ese momento olímpico?
- I.U. Los éxitos de tu club son muy importantes al estar todo un año trabajando para conseguir unos objetivos, pero el movimiento olímpico significa mucho más; un país al completo detrás de un grupo de jugadores, el eco social que ello supone, el orgullo que es defender a tu país, la satisfacción personal de participar... Creo que el éxito olímpico es entrar en lo más alto, y personalmente, el momento más importante de mi carrera deportiva ha sido subir al podio para recibir una medalla olímpica, sin menospreciar los éxitos conseguidos con el club y con el equipo nacional.
- F.B. ¿Cómo ves el futuro del deporte español en general?
- I.U. El deporte está presente en toda la sociedad española. En los últimos ocho o diez años el crecimiento de éste ha sido espectacular, lo que genera unas posibilidades enormes de publicidad para las empresas, que a su vez se refleja en las mejoras de instalaciones, ayudas, medios para entrenar... Cada comunidad autónoma trabaja dentro de unos límites marcados, y estoy seguro que los políticos también lo hacen buscando lo mejor para el deporte español.

 No conozco el caso de todas, pero creo que las

No conozco el caso de todas, pero creo que las federaciones están trabajando en una buena línea para las futuras generaciones.

F.B. Tanto tu esposa como tú habéis expresado frecuentemente vuestro apoyo a los disminuidos físicos y psíquicos.



I.U. Por supuesto que sí. Los disminuidos físicos y psíquicos pueden ser deportistas en el sentido literal de la palabra.

Es muy importante que se hayan creado deportes a la medida de sus posibilidades. La gente que desconoce este mundo no sabe la felicidad que se refleja en sus rostros al practicar estas actividades físicas, respaldados por los organismos internacionales más importantes de todo el mundo. Los trabajos que realizan las asociaciones son muy importantes y deberían ser reconocidos en su justa medida, ya que la recompensa es incalculable.

F.B. Llegará algún día el momento de tu retirada. Personalmente creo que será una gran pérdida para el balonmano y para el deporte en general. ¿Ves tu futuro ligado de alguna forma a tu deporte, a otro deporte o al deporte en general?

I.U. La retirada es un momento que nos llega a todos los deportistas y hemos de ser conscientes de ello. Estoy seguro que seguiré de cerca el balonmano, y me gustaría, no sé en qué medida ni dónde, ayudar al deporte para aportar trabajo, mejoras, si mis posibilidades y el tiempo me lo permiten. Me gustaría tener cerca al deporte porque ha sido toda mi vida.

F.B. Estoy seguro que lo intentarás. Gracias Iñaki.

Frecuencia cardíaca en tiempo real y por telemetría para aplicaciones acuáticas

Salvador Llana

Profesor Asociado de Biomecánica en el Instituto Valenciano de Educación Física

Arturo Forner

Investigador del Instituto de Biomecánica de Valencia

Sabina Català Eric Delory

Becarios del Instituto de Biomecánica de Valencia

I. Vicente Durà

Responsable de la sección de Material y Equipamiento Deportivo del Instituto de Biomecánica de Valencia

Palabras clave

frecuencia cardíaca, oximetría, natación, entrenamiento, transmisión electromagnética

Abstract

Heart rate recording is a very useful parameter for the control and planification of sport training. There exist various systems of cardiotachometers in miniature designed and specially made for their use in physical-sporting activities. All of them are placed on the chest by means of an elastic band, which provides an insufficient fastening for swimming, especially for the turns, so this forces us to use adhesive tape or other systems of "painful" fastenings.

The system developed in IBV (Biomechanical Institute of Valencia) allows us to record and send telemetrically the heart rate to a personal computer where we can show the actual time and/or be stored for its later analysis. In this way, the trainer can control the intensity of a training session and can send an almost immediate feedback to the swimmer. The system consists of a peg placed on the ear lobe with a red light transmitter (LED) and a resistance depending on the light (LDR). The red light passes through the lobe and is received by the LDR. The grounds of the system consists in that the diminution of the red light in the ear lobe is associated with changes in the contents of oxigenated blood, a method known as "oxymetry".

For the system of telemetry we used a sign modulator based on an oscilator controlled by tension (VCO) and a hybrid commercial circuit for the transmission. The calculation of heart rate in actual time is possible thanks to the use of a digital filter and the development of an algorhythm to reduce the noise.

Resumen

El registro de la frecuencia cardíaca (FC) es un parámetro muy útil para el control y la planificación del entrenamiento deportivo. Existen diversos sistemas de cardiotacómetros miniatura en el mercado diseñados y fabricados para su uso en actividades físico-deportivas. Todos ellos se colocan en el pecho mediante una cinta elástica, que proporciona una fijación insuficiente para la natación, especialmente en los virajes, ello obliga a utilizar cinta adhesiva u otros sistemas de fijación "cruentos".

El sistema desarrollado en el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) permite registrar y enviar telemétricamente la frecuencia cardíaca a un ordenador personal donde se puede mostrar en tiempo real y/o ser almacenada para su posterior análisis. De esta manera, el entrenador puede controlar la intensidad de un entreno y transmitir un feedback casi inmediato al nadador. El sistema consiste en una pinza colocada en el lóbulo de la oreja con un emisor de luz roja (LED) y una resistencia dependiente de la luz (LDR). La luz roja pasa a través del lóbulo y es recibida por el LDR. El fundamento del sistema consiste en que la atenuación de la luz roja en el lóbulo de la oreja está asociada con cambios en el contenido de sangre oxigenada, método denominado "oximetría".

Para el sistema de telemetría se utiliza un modulador de señal basado en un oscilador controlado por tensión (VCO) y un circuito comercial híbrido para la transmisión. El cálculo de la frecuencia cardíaca en tiempo real es posible gracias a la utilización de un filtro digital y al desarrollo de un algoritmo para reducir el ruido.



Introducción

De entre las distintas variables fisiológicas utilizadas para el control de la carga del entrenamiento deportivo, el análisis de la frecuencia cardíaca (FC) es una de las más extendidas dada su sencillez de registro y de interpretación (Astrand y Rodahl 1986; Wilmore y Costill, 1992).

Cuando un deportista realiza trabajo físico a una intensidad comprendida entre 120 y 180 latidos/minuto se observa una relación lineal entre la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno y los niveles de ácido láctico en sangre. No obstante cuando la intensidad del trabajo provoca una frecuencia cardíaca superior a 180 latidos/minuto desaparece la citada relación, con lo que deja de ser útil para reflejar la intensidad del trabajo (Navarro y cols., 1993)

La problemática tradicional para registrar variables fisiológicas durante la actividad deportiva está, por razones obvias, magnificada en el medio acuático (Utsuyama y cols., 1988). No obstante, en los últimos años han aparecido en el mercado diversos cardiotacógrafos miniatura resistentes al agua, ligeros y de fácil manejo. La mayoría de ellos constan de una unidad receptoraemisora que se adapta al pecho del atleta y un reloj de pulsera en el que se calcula y muestra la frecuencia cardíaca. Algunos de estos sistemas constan de un panel electrónico que, colocado en la pared, muestra la frecuencia cardíaca en tiempo real.

Sin embargo, la fijación al pecho de estos "pulsómetros" en la natación de competición es un problema todavía no bien solventado; algunos nadadores sienten cierta incomodidad al realizar los movimientos típicos de este deporte, pero el principal inconveniente radica en que la utilización de una cinta elástica resulta ineficaz cuando los nadadores realizan el viraje, momento en que se alcanzan las mayores velocidades Ello ha obligado a utilizar cintas adhesivas u otros sistemas de fijación "cruentos". Otra limitación de estos pulsómetros es la imposibilidad de que el entrenador visualice la evolución de la frecuencia cardíaca con el tiempo, en tiempo real (Navarro y cols., 1994).

El presente artículo muestra un sistema desarrollado en el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) bajo el patrocinio del Consejo Superior de Deportes (CSD) y la colaboración de la Real Federación Española de Natación (RFEN) y la Federación Valenciana de Natación (FVN), que permite solventar la problemática planteada.

Material y métodos

El sistema desarrollado se fundamenta en el hecho de que la sangre actúa como un filtro del espectro luminoso, especialmente para la luz roja de una longitud de onda de 550 nanómetros cuando la hemoglobina se encuentra saturada de oxígeno. Por ello, a cada latido cardíaco se modifica la luz filtrada por la sangre, siendo posible medir "el pulso" (Giltvedt y cols., 1984). Esta técnica de medición se denomina "oximetría".

Basándose en este fenómeno se utiliza una pinza de diseño propio colocada en el lóbulo de la oreja, como muestra la foto 1, quedando un sistema emisor de luz roja tipo LED (Light Emitter Diode) a un lado del lóbulo, y un sistema receptor, que es un sensor fotosensible tipo fotorresistencia (LDR), en el otro lado (fig. 1). De manera que cuando la luz del lóbulo está saturada de O₂, es decir, a cada latido cardíaco, el fotorreceptor recibe menos luz y se produce una variación de la señal eléctrica a la salida del sistema.

La pinza está conectada al sistema principal por una manguera que lleva cuatro cables, dos de alimentación del LED y dos que miden la tensión de los bornes de la fotorresistencia. Como se ha mencionado, la variación de resistencia dependerá de la cantidad de luz recibida, y ésta, de la fase del ciclo cardíaco.

Dada la sensibilidad del receptor a la luz, el conjunto oreja-pinza se protege mediante una cubierta rígida de PVC, que es opaca y ligera (fotos 2 y 3). Esta cubierta también cumple la función de proteger frente a posibles perturbaciones mecánicas inducidas por movimientos bruscos o golpeos.

De los cuatro métodos posibles para transmitir telemétricamente una señal en el me-



Foto 1. Detalle del sistema Pinza Emisor Receptor (PER).

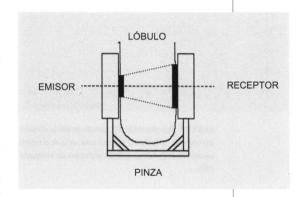


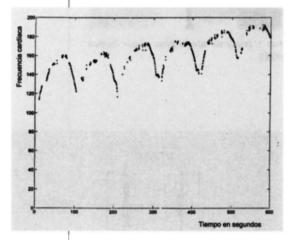
Figura 1. Esquema de la pinza con el emisor LED y el receptor LDR.



Foto 2. Tamaño actual del pulsómetro.



Foto 3. Los distintos elementos de que consta el pulsómetro.



Gráfica 1. Registro de la frecuencia cardíaca durante un entreno. El nadador realizó una serie de 8 repeticiones de 100 metros con 25 segundos de recuperación.

dio acuático (transmisión electromagnética, transmisión por ultrasonidos, transmisión por conducción eléctrica y transmisión por inducción magnética) se hicieron pruebas con los métodos de inducción magnética y de transmisión electromagnética, siendo esta última la que mejores resultados ofreció.

Dado el sistema de transmisión seleccionado, el nadador ha de portar una pequeña antena que sobresalga del agua. Entre las dos opciones posibles —una antena rígida que sobresaliera del nivel del agua o una antena flexible que flotara gracias a unas pequeñas bolas de corcho— se optó por esta última, como se puede ver en la foto número 3, dada su menor interferencia con el nado del deportista.

Para el sistema de telemetría se utiliza un oscilador controlado por tensión (VCO) y un circuito comercial híbrido para la transmisión. La señal es modulada por frecuencia (FM) en lugar de ser modulada por amplitud (AM), debido a su mejor relación potencia de señal/potencia de ruido. El cálculo de la frecuencia cardíaca en tiempo real es posible gracias a la utilización de un filtro digital y a un algoritmo que calcula la frecuencia cardíaca a partir de la señal recibida.

La recepción de la señal se realiza con un ordenador personal provisto de las herramientas necesarias, es decir, una tarjeta de adquisición de datos y el programa de tratamiento de la señal. De esta manera, además de visualizar el registro en tiempo real, los datos pueden ser almacenados para su posterior recuperación y estudio.

Resultados

Las primeras pruebas del sistema Pinza-Emisor-Receptor (PEA) fueron realizadas en el laboratorio con varias personas de ambos sexos, de tamaños de lóbulo y colores de piel distintos. Si bien las diferencias físicas de los sujetos ocasionaban una cierta variabilidad en la señal, siempre era posible tratarla digitalmente para obtener la frecuencia cardíaca. Este test preliminar se realizó sobre bicicleta ergométrica, realizándose un registro simultáneo de la frecuencia cardíaca mediante un equipo comercial (Cardiolife Nihon-Kohden). Los picos del complejo QRS ocurrieron a la vez en ambas señales, lo que permitió validar el sistema

Una vez fue comprobada su validez se procedió a comprobar su resistencia al agua mediante un test en piscina. El registro de la frecuencia cardíaca fue correcto durante el nado, únicamente se perdió la señal durante los virajes, al igual que ocurre con el resto de sistemas comerciales actualmente en el mercado (en estos se "engaña" al usuario al mostrar un valor de la frecuencia cardíaca que en realidad no es otra cosa que la interpolación entre la frecuencia cardíaca ante-

rior y posterior al viraje). La gráfica I muestra el registro de la frecuencia cardíaca durante un entreno consistente en una serie de 6 repeticiones de 100 metros con 25 segundos de recuperación por parte de un nadador de nivel medio.

Conclusiones y discusión

Existen en el mercado diversos equipos capaces de registrar la frecuencia cardíaca durante el nado, pero suelen presentar dos problemas importantes. Por un lado no permiten graficar la respuesta cardíaca en tiempo real y mediante telemetría a un ordenador personal controlado por el entrenador, y por otro lado, suelen colocarse en el pecho con lo que su fijación resulta engorrosa y muchas veces cruenta.

El desarrollo tecnológico actual permite subsanar tales problemas al colocar el emisor-receptor en el lóbulo de la oreja mediante una pinza y permitir, además, visualizar en tiempo real la evolución de la frecuencia cardíaca durante un entreno gracias a un sistema de telemetría y a la utilización de un filtro digital y un algoritmo específicamente desarrollado para reducir el ruido.

Hasta aquí el presente, pero el futuro inmediato puede deparar desarrollos aún más sorprendentes, y al igual que los cronómetros miniatura colocados en las gafas del nadador le permiten a éste ver los tiempos de nado, no sería muy problemático colocar un pequeño "display" en las gafas del nadador de manera que tuviera un feedback inmediato de su frecuencia cardíaca durante el nado.

Agradecimientos

El presente proyecto ha sido posible gracias a una subvención del Consejo Superior de Deportes (CSD), y a la colaboración de la Real Federación Española de Natación (RFEN) y la Federación Valenciana de Natación (FVN).



Bibliografía

- ASTRAND, P. O.; RODAHL, K. (1986), Texbook of Work Physiology. Physiological Bases of Exercise. Ed. McGraw-Hill, páginas 487-522.
- NAVARRO, F.; SANTIESTEBAN, J. M. (1993), Parámetros Fisiológicos para el Control del Entrenamiento. Gandía, 26-28 de noviembre.
- GILTVEDT, J.; SIRA, A.; HELME P. (1984), "Pulsed Multifrequency Photoplethysmograph". Medical & Biological Engineering and Computing 22, pp. 212-215.
- LLANA, S.; FORNER, A.; CATALÁ, S.; DELORY, E.; DURÁ, J. V. (1996), "Frecuencia cardíaca en tiempo real y por telemetría para aplicaciones acuáticas". III Congreso Internacional sobre Entrenamiento Deportivo. León, 3-5 de octubre.
- UTSUYAMA, N.; YAMAGUCHI, H.; OBARA, S.; TANAKA, H.; FUKUTA, S.; NAKAHIRA, J.; TANABE, S.; BANDO, E.; MIYAMOTO, H. (1988), "Telemetry of human electrocardiograms in aereal and aquatic enviroments". *IEEE Trans. on Biomedical Engineering 35* (10), pp. 881-884.
- WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. (1994) *Physiology of Sport and Exercise*. Ed. Human Kinetics, pp. 214-236.

Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico

Francisco Javier Calderón Montero Carlos González Herrero Victoria Machota

Instituto Nacional de Educación Física Universidad Politécnica de Madrid

Iosé Luis Brita-Paja

Escuela Universitaria de Estadística Universidad Complutense de Madrid

Palabras clave

frecuencia cardíaca, recuperación, ejercicio intermitente, entrenamiento interválico

Abstract

The object of the present study is to compare the heart rate during the rapid phase of recuperation in three different forms of intermittent exercise: aerobic, aerobic-anaerobic or umbral, and anaerobic. The importance of the study lies in the contribution of information of greater scientific force at the time of evaluating the load of the intermittent exercise.

In the first phase, we determined the intensity in a maximum level test. In the second phase, each of the nine volunteers performed the three intermittent exercises in relation to the values obtained in the previous phase. The study of the heart rate evolution in the recuperation of the three types of intermittent exercise, was performed through a test of parallelism of the corresponding regression curves.

The results show that the three regression curves on a determined point (at 120 seconds) are different ($F_{(4,12)} > 0.05$), but, nevertheless, the inclinations are the same ($F_{(2,12)} < 0.05$). The independent terms differ statistically as corresponds to the different intensities. The explanation of these results could be due to the fact that the sensitivity of the baroreflex during the rapid phase is independent of the load demanded during the intermittent exercise, since the heart reply during the slow phase is determined by factors added to the nerve mechanisms. In this way, we must be careful when we determine the intensities only in function of the heart rate recuperation.

Resumen

El objetivo del presente estudio ha sido el de comparar la respuesta de la FC durante la fase rápida de la recuperación en tres formas distintas de ejercicio intermitente (EI): aeróbico (AE), aeróbico-anaeróbico o umbral (UM) y anaeróbico (AN). La importancia del estudio radica en la aportación de una información de mayor rigor científico a la hora de valorar las cargas en los EI.

En una primera fase, se han determinado las intensidades (km/h), mediante una prueba máxima. En la segunda fase, cada uno de los 9 sujetos voluntarios efectuó las tres formas de El, en función de los valores obtenidos en la fase anterior. El estudio de la evolución de la FC durante la recuperación en los tres tipos de El, se efectuó mediante una prueba de paralelismo de las rectas de regresión correspondientes.

Los resultados indican que las tres rectas de regresión, para el punto de corte a los 120 s son differentes ($F_{(4,12)} > 0.05$), pero, sin embargo, las pendientes son iguales $(F_{(2,12)})$ < 0,05). Los términos independientes difieren estadísticamente como corresponde a las distintas intensidades. La explicación de estos resultados puede deberse a que la sensibilidad del barorreflejo durante la fase rápida es independiente de la carga impuesta durante el EI, pues la respuesta cardíaca durante la fase lenta viene determinada por factores añadidos a los mecanismos nerviosos. De este modo, se debe ser cauteloso cuando se determinan las intensidades exclusivamente en función de la FC de recuperación.



Introducción y objetivo del estudio

El proceso de recuperación de la homeostasis tras un esfuerzo ha sido muy estudiado, desde los primeros trabajos de Hill a principios del presente siglo (Hill, 1913, 1914; Hill, Long y Lupton, 1924). Sin embargo, tanto la terminología como los mecanismos que pueden explicar la recuperación después de un esfuerzo máximo o submáximo, han sido objeto de una considerable controversia. La literatura al respecto ha sido revisada previamente (Gesser y Brooks, 1984; Harris, 1969 y 1980; Knuttgen, 1971; Cerretelli, 1980; Bahr y Maehlum, 1986, y Hermansen, Grandmontagne, Moehlum e Ingnes, 1984).

Por otra parte, existen numerosos trabajos relativos a los fenómenos fisiológicos durante esfuerzos intermitentes respecto al ejercicio continuo, que han permitido aportar las bases científicas del entrenamiento interválico (Saltin, Essen y Pedersen 1976, Fox y Mathews 1974, Astrand, 1992; Gaitanos, Willians, Boobis y Brooks, 1993). Así, la frecuencia cardíaca durante la recuperación constituye el parámetro fundamental para valorar las cargas del entrenamiento intervalado y la condición cardiovascular. Sin embargo, la mayor parte de los trabajos en relación con el esfuerzo intermitente han tenido como objeto de estudio comparar los efectos que provoca en el organismo respecto a los logrados mediante esfuerzo continuo.

Ello ha motivado el objetivo del presente estudio: comparar la respuesta de la frecuencia cardíaca en relación al consumo de oxígeno durante la recuperación (EPOC) en tres formas de ejercicio intermitente o fraccionado (EI): aeróbico, umbral o aeróbico-anaeróbico y anaeróbico. La importancia de este estudio radica en la posible información que puede aportar a todas aquellas personas que se dedican al campo del entrenamiento, a la hora de valorar las cargas en función de la respuesta de la frecuencia cardíaca durante la recuperación.

Material y métodos

Sujetos

Los sujetos que han participado en este estudio fueron escogidos al azar entre una población de estudiantes voluntarios del Instituto Nacional de Educación Física (INEF) de Madrid, informándolos de la naturaleza y condiciones del mismo. Los alumnos fueron sometidos a reconocimiento médico previamente al estudio, consistente en: historia clínica y médico-deportiva, ECG basal y espirometría. Todos los sujetos estaban sanos y realizaban la actividad física propia de los estudios y entrenaban de forma regular 2-3 veces/semana. Comenzaron el estudio un total de 12 estudiantes, de los cuales 10 eran varones y 2 mujeres. Completaron todas las pruebas I I sujetos, descartando para el análisis de los datos a las dos estudiantes, por lo que el grupo total ha sido de 9 sujetos.

Diseño experimental

El estudio se ha desarrollado en las siguientes fases:

Fase 1: Determinación de la intensidad para la realización de El

Todos los sujetos realizaron una prueba máxima, determinando, en cada uno de ellos, los parámetros máximos y submáximos con la finalidad de controlar las cargas individualmente para la realización de las tres formas de El. El protocolo seguido fue el siguiente:

- calentamiento previo durante 10 min, modificando la velocidad.
- protocolo con escalones de tres minutos cada uno, elevando la velocidad I km/h a partir de una velocidad inicial de 10 km/h, hasta alcanzar el agotamiento o los criterios máximos. La pendiente se mantenía fija al 1% durante toda la prueba.

La determinación de los parámetros máximos se realizó atendiendo a los criterios habituales (alcanzar la FC máxima teórica, aplanamiento del consumo de oxígeno, cociente respiratorio de 1,15 y/o agotamiento). La determinación de los umbrales ventilatorios se realizó por tres personas independientes mediante el método de los equivalentes propuesto por Davis (1985) y de la "V slope" propuesto por Beaver, Waserman y Whipp (1986).

Fase 2: Realización de las tres formas de El

Una vez determinados los parámetros máximos y submáximos, cada sujeto realizó las tres formas de El, en tres días consecutivos. La carga individual se expresó en km/h en función de los resultados obtenidos en la prueba máxima. La velocidad para los El se ajustaba en función de los valores obtenidos previamente. Las tres formas de El han consistido en:

- El aeróbico (AE): 3 x 10 min con 1 min de descanso a una intensidad correspondiente al 65-70 % del VO₂₀₀₂.
- El umbral o aeróbico-anaeróbico (UM): 10 x 3 min con 1 min de descanso a una intensidad lo más ajustada al umbral ventilatorio 2 (VET₂).
- El anaeróbico (AN): 5 x 1 min con tres min de descanso a una velocidad superior en 2 a 3 km/h a la correspondiente al VO_{2max}.

Durante la recuperación en cada uno de los tres El se registró la FC en papel de ECG a una velocidad de 5 mm/s de forma continua durante 3 min. Los parámetros ergoespirométricos se analizaron durante 10 min en cada uno de los El. La recuperación se realizó de forma activa durante 5 min a una velocidad de 4 km/h en las tres formas de El y pasivamente los otros 5 min.

Material de laboratorio

Para la realización, tanto de las pruebas máximas como de los El, se empleó un *tapiz rodante* "Power Jog", que permite la variación de la velocidad y pendiente de forma automática o manual.

La composición de aire se analizó mediante un *analizador* CPX Medical Graphics, de célula de zirconio para el oxígeno y de ra-

	MEDIA	DESV.	RANGO
Peso (kg)	72,5	6,8	67-82
Talla (cm)	185	13	171-183
Sup. corp. (m²)	1,90	0,12	1,78-2,04
Edad (años)	22	2,1	20-24

Tabla 1. Datos antropométricos de los sujetos estudiados, expresados como media, desviación estándar y rango.

	MEDIA	DESV.	RANGO
VO _{2max} : (I/min)	4.914	446	4.120-5.200
(ml/kg/min)	67,8	5,6	60-78,7
U.A.: (%)			
(km/h)	14,5	1,04	13-16
I. El: AE (km/h)	12,6	0,51	12-13
UM (km/h)	14,6	1,03	13-16
AN (km/H)	19,3	0,6	19-20,5

Tabla 2. Valores correspondientes a consumo máximo de oxígeno, umbral anaeróbico y esfuerzos intermitentes realizados.

TIPO	DE EI	RECTAS DE REGRESIÓN PARA FC y Vo
AE	FC	Y ₁ = 159 – 0,38 X (R = 0,94)
	VO ₂	Y ₁ = 3.285,8 - 868,2 X (R = 0,97)
UM	FC	$Y_2 = 177.8 - 0.47 \times (R = 0.96)$
	VO ₂	$Y_2 = 3.644,6 - 1.350,7 \text{ X (R} = 0.95)$
AN	FC	Y ₃ = 182,6 – 0,51 X (R = 0,99)
	VO ₂	$Y_3 = 3.220,1 - 1.256,6 \text{ X } (R = 0.91)$

Tabla 3. Rectas y coeficientes de regresión para la frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno durante los primeros 120 segundos de la recuperación.

		RESULTADOS PARA 120 s
Prueba de	Tiempo/FCR	$F_{(4,21)} = 16,01 > 2,84 = F_{(4,21)}(0,95)$
homogeneidad	Tiempo/EPOC	$F_{(4,21)} = 5,21 > 2,84 = F_{(4,21)}(0,95)$
Prueba de	Tiempo/FCR	$F_{(2,12)} = 3,00 < 3,47 = F_{(2,21)}(0,95)$
pendientes	Tiempo/EPOC	$F_{(2,21)} = 1,20 < 3,47 = F_{(2,21)} (0,95)$
Prueba de	Tiempo/FCR	$F_{(2,23)} = 24,72 > 3,42 = F_{(2,23)} (0,95)$
término indep.	Tiempo/EPOC	$F_{(2,23)} = 5,20 > 3,42 = F_{(2,23)}(0,95)$

Tabla 4. Estudio de paralelismo para las rectas de regresión de la frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno, en relación al tiempo de recuperación. Valores de F y nivel de significación.

yos infrarrojos para el anhídrido carbónico. La ventilación se midió mediante un neumotacógrafo que integra las diferencias de presión en señales eléctricas.

La FC se registró mediante un aparato de electrocardiografía Hellige Cardiotest EK 53 de 3 canales, colocando todos los electrodos correspondientes para la obtención de las derivaciones en los planos frontal y horizontal. La señal electrónica del aparato de electrocardiografía entra en el módulo de análisis de gases, para su posterior procesamiento. El tratamiento de las cuatro variables básicas ergoespirométricas, Fracción espirada de oxígeno (F_EO₂), Fracción espirada de anhídrido carbónico (F_FCO₂), Ventilación (VE) y Frecuencia cardíaca (FC), se analiza mediante un programa específico desarrollado por la Medical Graphics Corporation, incorporado a un ordenador PC Inves 640 A. El programa suministra los datos de intercambio respiratorio en cada respiración, los cuales pueden promediarse en el intervalo de tiempo deseado. El análisis durante la recuperación se realizó respiración a respiración, promediando los datos cada 15 s.

Análisis estadístico

Se calcularon las medias y desviaciones estándar para los valores máximos y submáximos. Al objeto de poder comparar las respuestas medias, las ecuaciones exponenciales se transformaron en dos rectas de regresión, considerando el punto de corte a los 120 segundos, tanto para la FC como para el $\dot{V}O_2$. Se efectuó prueba de paralelismo (Peña Sánchez de Rivera, 1987, y Kleinbaum-Kupper-Mulier, 1988), planteando tres modelos:

 el tipo de esfuerzo no influye y todas las observaciones se generan con el mismo modelo

$$Y = X\beta_1 + U_1$$
 (a)

2. los grupos únicamente difieren en la respuesta media

$$Y = X\beta_2 + Z\partial + U_2$$
 (b)

3. los grupos difieren en la respuesta media y en el efecto de la variable independiente

$$Y = X_i b_i + \mu_i \tag{c}$$

donde i = 1,...,p

Estos modelos implican que en el primer caso (a) tanto la pendiente como el término independiente son iguales para los tres esfuerzos. El modelo (b) significa que las pendientes son iguales, aunque no los términos independientes. Finalmente el modelo (c) conlleva que tanto las pendientes como los términos independientes son distintos para cada El y estamos, por tanto, ante tres ecuaciones de regresión distintas en las tres formas de El. El nivel de significación para los tres modelos se estableció en un 0.05.

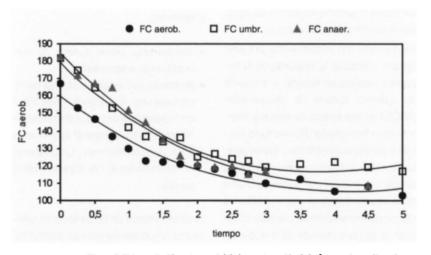


Figura 1. Representación exponencial de la recuperación de la frecuencia cardíaca durante los primeros 5 minutos, en las tres formas de esfuerzo intermitente.



Resultados

Los datos antropométricos de los 9 sujetos que finalizaron el estudio figuran en la tabla 1. Los valores máximos y el valor correspondiente al umbral anaeróbico por el procedimiento ventilatorio (VT₂) figuran en la tabla 2, expresando la intensidad en km/h en cada uno de los El: el aeróbico (AE) a una intensidad correspondiente al 65-70% del \dot{V} O₂ máximo. El umbral (UM) a una intensidad correspondiente al valor umbral. El anaeróbico (AN) a una intensidad por encima del \dot{V} O₂ máximo.

La forma de recuperación de la FC se caracteriza por una rápida declinación, seguida de un descenso progresivamente más lento, comportamiento similar al obtenido para el consumo de oxígeno postesfuerzo (EPOC). En las figuras 2 y 3 aparecen las curvas de recuperación para la FC y el EPOC en los tres tipos de El, para los 5 y 10 minutos, respectivamente.

El modelo matemático de la curva de recuperación de la FC se corresponde al exponencial o logarítmico. De acuerdo a López, Casajus, Terreros y Aragonés (1988), se adoptó este último, transformando la ecuación en dos rectas, de 0 a 120 s y 120 s a 300 s, al objeto de comparar las curvas de la FC de recuperación (FCR) y EPOC en las tres formas de El.

Las ecuaciones de regresión para el punto de corte a los 120 s en cada uno de los tres tipos de El figuran en la tabla 3. La prueba de homogeneidad (ecuación a), tanto para la FCR como para el EPOC, en los tres tipos de El a los 120 s se rechaza al alcanzar un valor de significación mayor de 0,05. Se acepta que las pendientes son iguales en los tres tipos de El (ecuación b), con un nivel de significación del 0,05. Por último, se rechaza que el término independiente sea igual (ecuación c). Los valores de F representativos del análisis para cada uno de los El en el punto de corte considerado (120 s), figuran en la tabla 4.

Discusión

La recuperación en dos fases distintas se aprecia en cualquiera de los tres tipos de

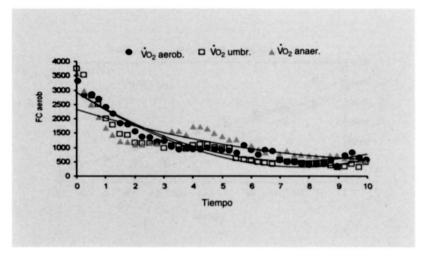


Figura 2. Representación exponencial de la recuperación de consumo de oxígeno durante los primeros 10 minutos, en las tres formas de esfuerzo intermitente.

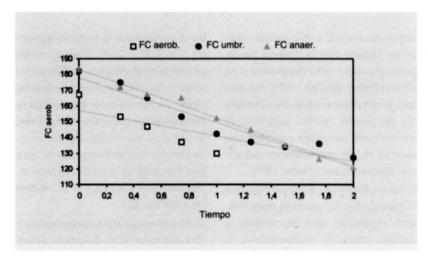


Figura 3. Rectas de regresión de la frecuencia cardíaca durante los primeros 120 segundos de la recuperación.

esfuerzo, independientemente de la diferente intensidad, demostrada por los distintos términos independientes. La prueba de paralelismo entre las tres rectas de regresión para el punto de corte a los 120 s, indica que, en efecto, no son iguales $(F_{(4.12)} = 16,010 > 2,84)$, siendo las pendientes iguales $(F_{(2.21)} = 3,00 < 3,47)$. Los términos independientes son diferentes $(F_{(2.23)} = 24,72 > 3,42)$, como corresponde a las diferentes intensidades del El (AN > UM > AE). La explicación de estos resultados atiende a la comprensión de los mecanismos fisiológicos que intervienen en el incremento de la FC durante el ejercicio,

permitiendo razonar sobre el regreso de la misma a sus niveles de reposo.

Durante el ejercicio se produce un incremento de la FC, para un valor de presión arterial dado, motivado por la interacción refleja a nivel del Sistema Nervioso Central sobre el sistema cardiovascular (Korner, 1979). Dicho incremento se relaciona con la sensibilidad de los barorreceptores, demostrada por el descenso del intervalo de tiempo en milisegundos para un incremento de presión provocado por la inyección de noradrenalina (Cunningham, Howson, Peterson, Pickering y Sleight, 1970). El mecanismo exacto que explicaría estos cam-

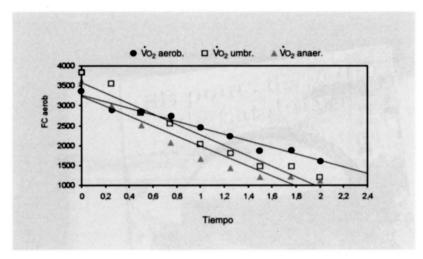


Figura 4. Rectas de regresión del consumo máximo de oxígeno durante los primeros 120 segundos de la recuperación.

bios es desconocido en la actualidad si bien se han barajado diversas hipótesis que sugieren una acción refleja dependiente o no del barorreflejo (Korner, 1979). Por otro lado, la interacción entre las dos subdivisiones del sistema nervioso autónomo es enormemente complicada y las influencias opuestas no son necesariamente una adición algebraica (Levy y Martín, 1979).

En razón a lo señalado, el regreso inicial de la FC (fase rápida) a sus valores de reposo finalizado el ejercicio, pone de manifiesto la exquisita interacción neurovegetativa. El cese abrupto del ejercicio determina un "cambio" de la actividad del sistema nervioso central (SNC) sobre el sistema cardiocirculatorio, a consecuencia de la integración de las señales centrales (marcapasos nerviosos localizados a diferentes niveles del neuroeje) y periféricas (barorreceptores, quimiorreceptores, receptores pulmonares y mecanorreceptores musculares). Probablemente, la sensibilidad del barorreflejo determina en gran medida el descenso de la FC durante la fase rápida de la recuperación.

Contrariamente a Darr, Basset, Morgan y Thomas (1988), los resultados de este estudio indican que la forma de la FC regresa a sus valores normales en los sujetos estudiados, durante la fase rápida, no depende del tipo de esfuerzo realizado, como lo corrobora la no diferencia estadística en-

tre las pendientes de las rectas de regresión $(F_{(2,21)}=3,00<3,47)$. Si bien el modelo general de la recuperación cardíaca es muy similar en los tres tipos de El durante la fase rápida, a la hora de prescribir las cargas de entrenamiento es necesario tener presente las diferentes intensidades, expresadas por los términos independientes distintos. La figura 4 muestra las rectas de regresión correspondientes a la FCR y EPOC durante los primeros 120 s.

Todo lo mencionado anteriormente implica que tomar la FC durante la recuperación como único parámetro para prescribir las pautas de entrenamiento, puede implicar errores que transciendan a los efectos prentendidos al aplicar un tipo concreto de entrenamiento. En efecto, algunos autores no han encontrado relación entre la FC y la concentración de lactato, en un rango amplio de intensidades (Fry, Morton y Keast, 1992, y Oliver, Sexmith, y Johnson, 1989). Este error se puede ver aumentado cuando el control de la FC de recuperación se efectúa mediante la palpación (Yamají y Shephard, 1985, y Boone, Frentz y Boyd, 1985). Asimismo, se comprueba que considerar la FC de recuperación puede llevar a errores considerables a la hora de determinar la proporción de oxígeno consumido en la fase rápida.

Conclusiones

- La respuesta rápida de la FC durante la recuperación es independiente del tipo de El realizado.
- La sensibilidad del barorreflejo a la información central y periférica determina en gran medida la recuperación de la FC durante la fase rápida, independientemente de la intensidad y duración del esfuerzo.
- En razón a ello, la FCR durante la fase rápida se debe estimar como parámetro indicativo del tipo de El realizado, ya que existen diferencias significativas respecto de las intensidades absolutas (términos independientes).

Bibliografía

ASTRAND, P. O. (1992), Endurance sports. Oxford, Blackwell Scientific Publications. En Shephard, R. J. y Astrand, P. O. (eds.).

BAHR, R. y MAEHLUM, S. (1986), "Excess post-exercise oxygen consumption". A short review. Acta Physiol. Scand. (supplement) (Stockolm), 128, pp. 556.

BEAVER, W. L., WASSERMAN, K., y WHIPP, B. J. (1986), "A new method for detecting anaerobic thershold by gas exchange". J. Appl. Physiol, 60, pp. 2020-2027.

BESTIT, C., VILLALOBOS, D. J. (1972), "Estudio estadístico de la frecuencia cardíaca en los tests clínicos de ergometría". Apuntes de Medicina Deportiva, IX, pp. 33-43.

BOONE, T., FRENTZ, K. L. BOYD, N. R. (1985), "Carotid palpation at two exercise intensities". Medicines and science in sports and exercise, 17 (6), pp. 705-709.

CERRETELLI, P. (1980), "Oxygen Debt: Its Role and Significance". En: Lactate, Physiologic, Methodologic and Phatologic Approach, P. R. Berlin, Heidelberg, Spinger-Verlag, P. R. Moret, J. Webwe, J. Cl. Haisly y H. Denolin (eds.), 1980, pp. 73-86.

CUNNINGHAM, D. J. C., M. G. HOWSON, E. S. PETERSON, T. G. PICKERING y P. SLEIGHT (1970), "Changes in the sensitivity of the baroflex in muscular exercise (Abstract)". Acta Physiol. Scand, 79, pp. 16A-17A.

DARR, K. C., BASSET, D. R., MORGAN, B. J., y THOMAS, D. P. (1988), "Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise". American Journal of Physiology, 254.



- DAVIS, J. A. (1985), "Anaerobic Threshold: a review of the concept and directions for future research". *Medi. Sci. Sports. Exerc.*, 17, pp. 6-18.
- FOX, E. L. y MATHEWS, D. K. (1974), Interval Training. Conditioning for sports and General fitness. Philadelphia, London, Toronto W. B. Saunder Company, 1974.
- FRY, R. W., MORTON, A. R., KEAST, D. (1992), "Cautions with the use of data from incremental work-rate test for the prescription of work rates for interval training". Sports-medicine, Training and Rehabilitation, 3 (2).
- GAITANOS, G. C.; WILLLIANS, C.; BOOBIS, L. H; BROOKS, S. (1993), "Human muscle metabolism during intermiten maximal exercise". *J. Appl. Physiol*, 75 (2), pp. 712-719.
- GESSER, G. A., BROOKS, G. A. (1984), "Metabolic bases of escess post-exercise oxygen consumption: a review". Med. and Sci in Sports and Exercise, 16, 1, pp. 29-43.
- HARRIS, P. (1969), "Lactic acid and the phlogiston debt". Cardiovascular Research, 3, pp. 381-390.
- (1980), "Oxygen Debt Does not exist". En: Lactate, Physiologic, Methodologic and Pathologic Approach. Berlin, Heidelberg, Spinger-Verlag. P. R. Moret, J. Webwe, J. Cl. Haisly y H. Denolin (eds.), pp. 67-72.
- HERMANSEN, L.; GRANDMONTAGNE, M., MOEHLUM, S.; INGNES, I. (1984), "Postexercise elevation of resting oxygen uptake: possible

- mechanisms and physiological significance". Nueva York, Kargeer, en Marconet, P. (ed.), et al., Physiological chemistry of training and detraining, pp. 119-129.
- HILL, A. V. (1913), "The energy degraded in the recovery process of stimulate muscles". *Journal Physiology*, 46, pp. 28-80.
- (1914), "The oxidate removal of lactica acid".
 Journal Pshysiology, 48, Proc. Physiol. Soc.,
 X-XI
- HILL, A. V., C. N. H. LONG y H. LUPTON. (1924), "Muscular exercise, lactic acid ant the supply and utilization of oxygen". Pt. I-III. Proc. Roy. Soc. B, 96, pp. 438-475.
- (1924), "Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxigen". Pt. IV-VI. Proc. Roy. Soc. B, 97, pp. 84-138.
- (1924), "Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxigen". Pt. VII-VIII. Proc. Roy. Soc. B, 97, pp. 155-176.
- KLEINBAUM-KUPPER-MULLER. (1988), Applied Regresion analysys and other multivariable methods. Ed. Duxbury Press.
- KNUTTGEN, H. (1971), "Lactate and Oxygen debt: an introduction". En: Muscle Metabolism During Exercise, B. Nueva York: Plenum Press. Pernow y B. Saltin (eds.), pp. 361-369.
- KORNER, P. I. (1979), "Central nervous control of autonomic cardiovascular function". The Cardiovascular System. Section 2: Circulation, vol 2: The heart. American Physiological

- Society, Bethesda, Maryland. Editado por Berne, R. M., Sperclakis, N. y Geiger, S. R., pp. 715-716.
- LEVY, M. N. y P. J. MARTÍN. (1979), "Neural control of the heart". The Cardiovascular System. Section 2: Circulation, vol 2: The heart. American Physiological Society, Bethesda, Maryland. Editado por Berne, R. M., Sperclakis, N. y Geiger, S. R., pp. 594-595.
- LÓPEZ, C., CASAJUS, J. A.; TERREROS, J. L. y AARGONÉS, M. T. (1988), "Análisis de la curva de recuperación rápida". Apunts, Medicino de l'esport, 25, pp. 29.36.
- OLIVER, M. L., SEXMITH, J. R., JHONSON, J. M. (1989), "Relationships between work, cardiorespiratory, and metabolic variables during a Biokinetic swim bench interval exercise protocol". Journal os Swiming Research, 5 (3), pp. 11-16.
- PEÑA SÁNCHEZ DE RIVERA, D. (1987), Estadística. Modelos y Métodos: tomo 2: modelos lineales y series temporales. Alianza Universitaria Textos.
- SALTIN, B.; ESSEN, B., y PEDERSEN, P. K. (1976), "Intermitent Exercise: its Physiology and some Practical Applications". *Medicine Sport*, 9, Advances in Exercise Physiology. Karge, Basel, pp. 23-51.
- YAMAJI, K., SHEPHARD, R. J. (1985), "Factors influencing the use of postexercise heart rates as indices of cardio-respiratory condition". *International Journal of Sports Cardiology*, 2, pp. 38-42.

Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de diferentes edades

Mikel Izquierdo

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte Centro de Investigación y Medicina del Deporte de Navarra Gobierno de Navarra

Xavier Aguado

Doctor en Ciencias de la Educación Profesor de Biomecánica INEF de Castilla-León

Palabras clave

envejecimiento, adaptaciones neuromusculares, entrenamiento de fuerza, músculos agonistas y antagonistas.

Abstract

It has been shown that systematic strength training not only in middle-aged but also in elderly people can lead to substantial increases in their strength performance. This might primarily result from considerable neural adaptations observed especially during the earlier weeks of training. Thereafter, strength development also in older people may take place due to an increasing contribution of muscle hypertrophy.

Heavy resistance training combined with explosive exercises can lead to great gains in both maximal and explosive strength characteristics of the leg extensors not only in middle-aged but also in elderly subjects accompanied by considerable increases in the voluntary neural activation of the agonist muscles with significant reductions in the antagonist coactivation in the elderly.

Resumen

El entrenamiento progresivo de fuerza máxima combinada con ejercicios de tipo explosivo induce incremento en la fuerza máxima (isométrica/dinámica) y se acompañan también con aumentos considerables en la fuerza explosiva de los músculos entrenados, no sólo en los sujetos de 40 años, sino también en los de 70. El incremento de la fuerza máxima se explica sólo en parte por el aumento en el área de la sección transversal (AST), ya que la activación voluntaria de los músculos agonistas aumenta en mayor grado en las personas de mediana y avanzada edad. El entrenamiento también puede inducir una reducción en la coactivación de los músculos antagonistas en las personas de avanzada edad hasta el mismo nivel de partida registrado para los de mediana edad.

Los trabajos que se presentan también sugieren que no sólo en personas de mediana edad, sino también en las de edad avanzada se pueden obtener incrementos significativos en la capacidad del sistema neuromuscular para producir fuerza máxima y explosiva. Esto será debido en parte a las adaptaciones de tipo estructural de los músculos entrenados pero en mayor medida a adaptaciones funcionales específicas en el sistema nervioso.

Entrenamiento, producción de fuerza y el sistema neuromuscular

En las últimas décadas algunos investigadores hicieron la hipótesis que el entrenamiento de fuerza en personas mayores podría prevenir o enlentecer la pérdida de fuerza. Los resultados muestran que el entrenamiento sistemático de la fuerza máxima produce incrementos significativos en su expresión no sólo en personas de mediana edad sino también en las de edad avanzada (Frontera et al., 1988; Häkkinen y Pakarinen 1994; Treuth et al., 1994; Häkkinen y Häkkinen 1995; Sipila y Suominen 1995; Häkkinen et al., 1997c). La mejora de la fuerza en personas de avanzada edad después de realizar un programa de entrenamiento se debe principalmente al incremento de la activación de las unidades motoras (UMs) de los músculos entrenados, acompañado gradualmente por el aumento de la masa muscular (Moritani y deVries 1980; Häkkinen 1994).



En los siguientes apartados se hace una revisión de los principales trabajos de investigación que examinan el efecto del entrenamiento sobre la producción de fuerza y el sistema neuromuscular en hombres de mediana y avanzada edad.

Efectos del entrenamiento sobre la producción de fuerza

En 1945 Thomas L. Delorme publicó un artículo en el "Journal of Bone and Joint Surgery" sobre la mejora de la potencia muscular con el uso de ejercicios con cargas pesadas (Delorme, 1945). Este fue uno de lo primeros trabajos en donde se expresaron los principios del entrenamiento de fuerza que hoy en día se siguen utilizando. Asimismo se sustituyó la idea de "poca resistencia y muchas repeticiones" por entrenamientos más efectivos con "cargas elevadas y pocas repeticiones" y el "entrenamiento progresivo de fuerza". Desde entonces se han realizado numerosos trabajos que han estudiado los efectos del entrenamiento sobre la fuerza muscular. En personas ancianas se ha visto un aumento significativo en su producción después de sólo 2 ó 3 meses de entrenamiento.

Diferentes trabajos de investigación muestran que para lograr mejoras en la producción de fuerza se necesita que el entrenamiento tenga una intensidad y duración suficiente (Frontera et al., 1988; Häkkinen y Pakarinen, 1994; Treuth et al., 1994; Häkkinen y Häkkinen, 1995; Sipila y Suominen, 1995; Häkkinen et al., 1997c).

Un problema importante es que, debido a la gran variabilidad provocada por las diversas metodologías empleadas en el entrenamiento, resulta difícil comparar los resultados obtenidos en las diferentes experiencias. Esto se debe principalmente a que se utilizan diferentes cargas de trabajo en el diseño de cada programa, se eligen distinto número de series, de repeticiones, de frecuencia y de duración del entrenamiento. También influyen en menor medida los grupos musculares entrenados y el tipo de

metodología de medición (Vandervoort, 1992).

En la figura 1 (Häkkinen y Komi, 1985) se muestra cómo en función del conocido principio de la especificidad del entrenamiento, un programa que utilice cargas elevadas con movimiento de ejecución lento, inducirá mejoras en la fuerza máxima (parte alta de la figura 9). Mientras que, tanto en jóvenes (Komi, 1986) como en personas ancianas (Frontera et al., 1988), permanecerán constantes los cambios en los primeros milisegundos de la curva fuerza-tiempo isométrica y en las partes iniciales de la curva fuerza-velocidad. Por su parte, el entrenamiento de la fuerza explosiva (al realizar ejercicios con cargas ligeras lo mas rápido posible), ocasionará una mejora en las partes iniciales de las curvas fuerza-tiempo y fuerza-velocidad (Viitasalo, 1985c; Komi, 1986).

En las experiencias desarrolladas con personas de avanzada edad se han utilizado principalmente actividades físicas aeróbicas. Sin embargo, con el objetivo de minimizar los efectos que el envejecimiento tiene sobre el sistema neuromuscular, se cree que el entrenamiento de la fuerza debería ser recomendable como una parte del programa total de actividad física que se diseñe, de modo que las personas mantengan su capacidad funcional en buenas condiciones. Según esta hipótesis, los beneficios del mantenimiento o incluso de la mejora de la fuerza máxima y explosiva en las personas mayores, debería servir para corregir problemas en la marcha, prevenir caídas y mejorar la movilidad articular. Esto permitiría que las personas mayores pudieran desarrollar mejor y mantener durante más años su independencia funcional.

Aumento de la fuerza máxima

Diversos estudios han mostrado que la realización de un entrenamiento sistemático de la fuerza máxima se acompaña de incrementos significativos en la producción de fuerza, no sólo en personas jóvenes, sino también en las mayores. Así, después de sólo unos pocos meses de entrenamiento de fuerza máxima dinámica tanto en perso-

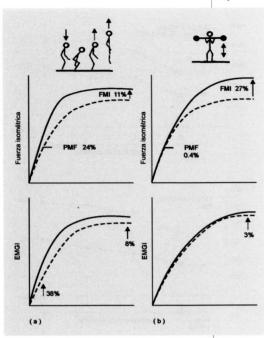


Figura 1.

nas de 70-75 años (Frontera et al., 1988; Hagberg et al., 1988), como en personas de 85-96 años (Fiatarone et al., 1994) se observaron incrementos medios en la fuerza máxima del 100%, medida dinámicamente con la IRM. Sin embargo, otros estudios han mostrado que los efectos del mismo entrenamiento en la fuerza isométrica máxima se incrementaron una media del 30% (Moritani y DeVries, 1980; Frontera et al., 1988; Häkkinen y Häkkinen, 1995; Häkkinen y Pakarinen, 1993). En la figura 2 se muestran los incrementos obtenidos en la fuerza máxima isométrica y dinámica (IRM), después de someter a sujetos de 40 y 70 (n = 11) años a un programa combinado de fuerza máxima y explosiva durante 6 meses de entrenamiento (Izquierdo, 1997).

En general, los estudios que investigan los efectos del entrenamiento de fuerza dinámica sobre diferentes tipos de acciones musculares en personas ancianas, muestran aumentos mayores en una repetición máxima (IRM) que en mediciones isométricas o isocinéticas (Frontera et al., 1988). Estos resultados se atribuyen a la especificidad de las adaptaciones neurales (Sale, 1988) o al posible efecto del aprendizaje.

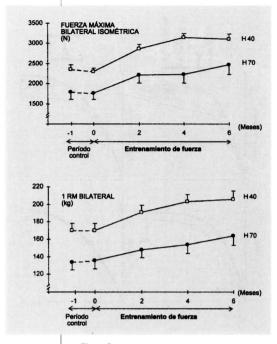


Figura 2.

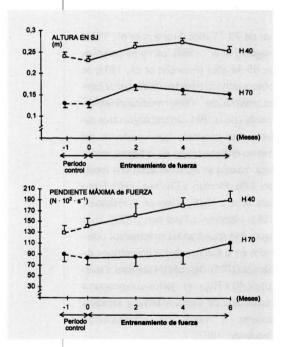


Figura 3.

La mejora de la fuerza que se observa en personas de avanzada edad después de realizar un programa de entrenamiento se debe principalmente al incremento de la activación de las UMs de los músculos entrenados y de un aumento más gradual de la masa muscular (Moritani y deVries, 1980; Häkkinen, 1994). Estas adaptaciones neu-

romusculares al entrenamiento se tratarán con más profundidad en los siguientes puntos de este trabajo de revisión.

Aumento de la fuerza explosiva

Las investigaciones sobre los efectos del entrenamiento de la fuerza explosiva en personas ancianas son aún escasas y con resultados contradictorios.

En una experiencia realizada por Rice et al. (1993), durante 24 semanas de entrenamiento de la fuerza explosiva se redujo el tiempo hasta el pico de máxima tensión muscular provocada por estimulación eléctrica y se incrementó la pendiente máxima de fuerza (PMF) en el test isométrico de extensión de rodillas. Por su parte, Häkkinen y Häkkinen (1997) después de realizar un programa de entrenamiento combinado de fuerza máxima y fuerza explosiva de 6 meses de duración observaron en personas de mediana edad y avanzada edad incrementos considerables en la producción de fuerza explosiva en acciones isométricas y dinámicas (fig. 3). Sin embargo, es posible que con el propósito de inducir incrementos en la fuerza explosiva, las personas mayores sean más sensibles a la duración, volumen y tipo de entrenamiento específico que los jóvenes (fig. 3) (Häkkinen y Häkkinen, 1995; Newton et al., 1996).

Estos estudios sugieren que es recomendable que las personas mayores realizen un entrenamiento de la fuerza máxima combinado con ejercicios de naturaleza explosiva, para minimizar los efectos del envejecimiento sobre el sistema neuromuscular. Esto podría formar parte de toda la actividad física programada para mantener la capacidad funcional de las personas mayores en un buen nivel durante el mayor tiempo posible (Häkkinen y Häkkinen, 1991).

El incremento de fuerza máxima y explosiva después de un programa de entrenamiento podrá estar limitado a determinados patrones de movimiento, velocidades de contracción y diferentes tipos de carga. También invita a pensar en el error que supone considerar todas las metodologías de cuantificación de la fuerza explosiva y máxima igualmente sensibles a las adaptaciones

asociadas con los diferentes sistemas de entrenamiento de la fuerza.

Área de la sección transversal muscular

Diferentes estudios señalan que cuando la intensidad y la duración del entrenamiento sean adecuadas, el músculo esquelético de personas de edad avanzada conserva la capacidad de hipertrofiarse (Frontera et al., 1988; Treuth et al., 1994; Häkkinen y Häkkinen, 1995; Sipila y Suominen, 1995), debido a que se ha observado un aumento en el área de las fibras de contracción rápida y lenta.

Algunos estudios experimentales han mostrado en grupos de personas de edad avanzada diferencias significativas en el área de la sección transversal muscular (AST) del grupo muscular cuádriceps femoral (CF) medida antes y después de sólo 2-3 meses de un entrenamiento de fuerza (Frontera et al., 1988; Häkkinen y Häkkinen, 1995; Häkkinen et al., 1995). Durante un entrenamiento de fuerza máxima el aumento total en el AST del CF fue del 10%-12% en personas de mediana y avanzada edad (Häkkinen y Häkkinen, 1991; Frontera et al., 1988).

Sin embargo, la magnitud de la hipertrofia provocada por el entrenamiento no se correlaciona necesariamente con los incrementos en la fuerza máxima observados durante períodos de pocas semanas (Moritani y deVries, 1980; Frontera et al., 1988; Häkkinen y Häkkinen, 1995). Estos resultados sugieren que además de la hipertrofia muscular, la adaptación del sistema nervioso será un factor importante para el desarrollo de la fuerza en sujetos no entrenados, independientemente del sexo y la edad.

En los siguientes apartados se mostrarán los resultados de algunas experiencias que han estudiado las adaptaciones neurales inducidas por el entrenamiento. Se dividirán para su estudio en: 1) los mecanismos adaptativos dirigidos al aumento de la activación muscular de los músculos agonistas y 2) los que producen una reducción de la coactivación de los músculos antagonistas.



Adaptaciones neurales al entrenamiento

La mejora de la producción de fuerza en el hombre está determinada no sólo por el aumento del AST y la distribución de las fibras de los grupos musculares participantes, sino también por la magnitud de la activación de la masa muscular (factores neurales).

Se ha visto que al someter a un grupo de personas a 12 semanas de entrenamiento intensivo se produjo un incremento significativo en la fuerza máxima sin cambios en la masa muscular (deVries, 1968; Komi et al., 1978). Resultados del mismo tipo se han obtenido cuando sólo se entrena una pierna y en mediciones posteriores se han registrado también mejoras en la pierna no entrenada sin evidencias de hipertrofia (Moritani y deVries, 1980). Asimismo, después de 6 semanas de entrenamiento se observaron incrementos mayores en la producción de fuerza, cuando ésta se analizaba con una metodología de medición familiar.

Estos estudios sugieren que los incrementos de fuerza inducidos por el entrenamiento se asocian a un proceso de adaptación en el sistema nervioso, ya sea por un aumento en la activación de la musculatura agonista o bien por cambios en los patrones de activación de la musculatura antagonista (Häkkinen et al., 1985, 1987; Komi, 1986). Las adaptaciones del sistema nervioso al entrenamiento de fuerza se producen tanto en la transmisión desde el sistema nervioso central, como en las respuestas de tipo reflejo a nivel de la médula espinal. Además, se origina una retroalimentación de ambos centros nerviosos desde los receptores sensoriales periféricos. En este esquema se observa que el entrenamiento de la fuerza máxima y explosiva producirá adaptaciones específicas en todas las estructuras del sistema nervioso, así como en el propio teiido muscular (Enoka, 1988: Häkkinen, 1989).

Se considera que durante las primeras etapas del entrenamiento, el aumento de la activación nerviosa es uno de los factores determinantes del desarrollo de la fuerza. En cambio, una vez pasadas las 3-5 primeras semanas los factores hipertróficos prevalecen sobre los de tipo neural. (Davies et al., 1985, Häkkinen et al., 1985, 1987; Houston et al., 1983; Komi, 1986; Narici et al., 1989).

Una de las principales adaptaciones inducidas por el entrenamiento es el aumento de la activación de los músculos agonistas. Aspecto que será tratado en el punto siguiente.

Aumento de la activación agonista

La actividad electromiográfica integrada (EMGI) registrada por electrodos de superficie en los grupos musculares sometidos a un programa de entrenamiento ha sido utilizada en diferentes estudios para medir las adaptaciones en el sistema neuromuscular. La EMGI no revela con detalle los mecanismos de la adaptación neural, pero sugiere que el incremento en la excitación neta de las motoneuronas puede ser debido a un aumento en su activación e inhibición (Komi, 1986; Sale, 1986)

Los aumentos en la fuerza máxima durante las primeras semanas de entrenamiento se deben en gran medida al aumento de la activación en los músculos agonistas entrenados, siempre y cuando los sujetos no hayan estado sometidos a un entrenamiento previo (Moritani y deVries 1980; Häkkinen y Komi, 1983; Komi, 1986; Sale, 1988; Häkkinen, 1994; Häkkinen y Häkkinen, 1995; Häkkinen et al., 1996).

Los trabajos que han estudiado los efectos del entrenamiento sobre los factores neurales muestran que se producen cambios diferentes en los patrones de activación de las UMs en función del diseño del programa (p.e. con cargas máximas y velocidades de ejecución lentas o con cargas ligeras y velocidades máximas). Por dicho motivo, los cambios en la EMGI inducidos por el entrenamiento de fuerza son aparentemente contradictorios. Desde estudios donde no se encuentra ningún efecto (Cannon y Cafarelli, 1987; Thorstensson et al., 1976b) hasta trabajos que reportan incrementos de un 38% en la EMGI (Komi et al., 1978). Por ejemplo, en el trabajo desarrollado por Häkkinen et al. (1985) se examinó la influencia del entrenamiento de tipo explosivo sobre el tiempo de producción y relajación de fuerza isométrica y la actividad eléctrica de los músculos extensores de los miembros inferiores. Los sujetos estuvieron realizando saltos explosivos con cargas ligeras y sin carga adicional durante 24 semanas.

Los resultados mostraron un aumento mayor en la producción de fuerza rápida respecto a la máxima. Las ganancias en fuerza rápida fueron concomitantes con un incremento en la activación de las UMs (a partir de la EMGI) y con el aumento de la proporción (en el ratio) entre el área de las fibras musculares de tipo II y tipo I. Se concluyó que el entrenamiento por medio de saltos explosivos puede causar adaptaciones neurales y musculares significativas, facilitando así la mejora del resultado.

El incremento de la fuerza explosiva también se acompaña de cambios significativos en la curva EMGI-tiempo. En trabajos de entrenamiento con grupos de personas jóvenes (Häkkinen et al., 1985; Häkkinen et al., 1990), así como con personas de edad avanzada (Häkkinen y Häkkinen, 1995) se observaron incrementos en la máxima pendiente de activación nerviosa de las UMs y una hipertrofia selectiva de las fibras musculares de tipo II. Estos estudios muestran la importancia de las adaptaciones neurales inducidas por el entrenamiento de tipo explosivo.

Moritani et al. (1987) investigaron las adaptaciones producidas por un programa de entrenamiento de fuerza explosiva consistente en realizar a la máxima velocidad, con cargas del 30% de la IRM, 30 repeticiones al día, 3 días por semana durante 2 semanas. Los resultados mostraron que los cambios inducidos por el entrenamiento eran debidos sobre todo a adaptaciones de tipo neural. En este estudio se vio un gran incremento en la activación muscular acompañado de un aumento en la sincronización de la activación de las UMs tras del entrenamiento.

Por su parte, en otro estudio realizado por Häkkinen y Häkkinen (1995), durante 12 semanas de entrenamiento, también se obtuvieron incrementos significativos en la máxima EMGI entre las 4 a 8 primeras se-

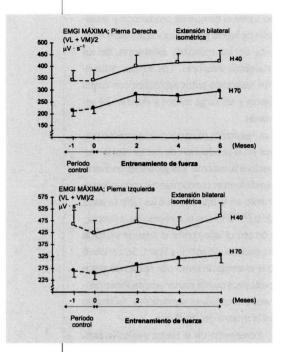


Figura 4.

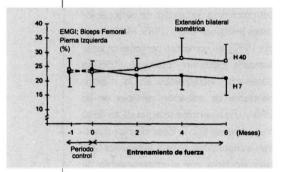


Figura 5.

manas con sujetos de mediana y avanzada edad.

En diferentes experiencias donde se han registrado incrementos tanto en la fuerza máxima como en la de tipo explosivo (Häkkinen et al., 1997, Izquierdo, 1997), después de un período de entrenamiento de seis meses, se observó un aumento en la máxima activación voluntaria de los músculos agonistas durante la acción isométrica de extensión de los miembros inferiores (fig 4). También se incrementó en todos los sujetos la máxima EMGIs del músculo biceps femoral (BF) durante la acción isométrica máxima de flexión de rodillas. Estos resultados concuerdan con el concepto de que en sujetos no entrenados, independientemente de la

edad, los incrementos en la fuerza máxima durante las primeras semanas de entrenamiento se atribuyen en gran parte al incremento de la activación de las UMs de los músculos agonistas (Moritani y DeVries, 1980; Häkkinen y Komi, 1983; Komi, 1986; Sale, 1988; Häkkinen, 1994; Häkkinen y Häkkinen, 1995). Los incrementos inducidos por el entrenamiento en la magnitud de la EMG (EMGI) podrían ser debidos al aumento en el número de la UMs activas y al incremento en su frecuencia de estimulación (Enoka, 1988, Sale 1991), Por su parte, los incrementos en la excitación neta de las motoneuronas podrían ser debidos al aumento en el estímulo de excitación, reducción en el estímulo de inhibición o ambos (Sale, 1991).

Reducción de la coactivación antagonista

Se ha podido comprobar que los mecanismos de adaptación neural inducidos por el entrenamiento de fuerza en sujetos jóvenes, sin entrenamiento previo, tienen lugar además de por el aumento de la activación de los músculos agonistas, por una disminución de la coactivación de los músculos antagonistas (Sale, 1986; Carolan y Cafarelli, 1992; Garfinkel y Cafarelli, 1992).

La coactivación antagonista es normalmente excesiva en sujetos principiantes, pero puede ser reducida con el entrenamiento. En algún caso la coactivación antagonista se asocia con la familiaridad con el movimiento (Solomonow et al., 1988). En un estudio realizado por Carolan y Cafarelli (1992) se observó cómo la coactivación de los flexores de la rodilla, cuando actuaban como antagonistas en movimientos de extensión, disminuyó su activación en la contracción máxima isométrica voluntaria tras 8 semanas de entrenamiento. Curiosamente, la mayor reducción observada por Carolan y Cafarelli en la coactivación ocurrió en la primera semana de entrenamiento. La coactivación parece ser un mecanismo del sistema nervioso central que entra en funcionamiento según la incertidumbre de la acción que se tenga que realizar (Enoka, 1994,1997). Por ejemplo, las personas mayores tienen dificultades para controlar la pendiente de reducción de la fuerza y utilizan habitualmente como solución la coactivación de la musculatura antagonista.

La reducción en la activación antagonista es regulada por mecanismos que no se controlan voluntariamente y dependen del sistema nervioso central. Diferentes estudios han sugerido que la coactivación es facilitada por la activación de las células Renshaw, las cuales inhiben la actividad de las interneuronas la, mediante la excitación de las interneuronas lb de los órganos de Golgi. También podría ser debido a una acción directa del sistema nervioso central. La atenuación de cualquiera de estas vías producirá reducción en la coactivación (Henatsch y Langer, 1985; Solomonow, 1988).

Sin embargo, de la misma manera que este mecanismo de adaptación neural ha sido poco examinado en personas jóvenes (Carolan y Cafarelli, 1992), en personas ancianas se desconoce hasta qué punto la mejora de fuerza con el entrenamiento se debe a un aumento en la activación de los músculos agonistas o a cambios en los patrones de activación agonista/antagonista. En un estudio realizado por Häkkinen y colaboradores (1997) se observó una reducción significativa en la coactivación de los músculos antagonistas durante la acción isométrica máxima y la IRM de extensión de los miembros inferiores en el subgrupo de 70 años en comparación con el de 40 años tras un período de seis meses de entrenamiento. La coactivación antagonista en los sujetos de más edad estuvo aproximadamente en los mismos niveles que la registrada para los de mediana edad, los cuales no demostraron cambios en su coactivación (Izquierdo, 1997) (fig 5).

El entrenamiento de la fuerza máxima induce no sólo aumentos en la activación de los músculos agonistas, sino también una reducción en la coactivación de los músculos antagonistas. Estos factores, unidos a la óptima activación de los músculos sinergistas son los que favorecerán la producción neta de fuerza de los músculos agonistas (Rhuterford y Jones, 1986; Sale, 1988; Eloranta y Komi, 1981; Narice et al., 1989; Carolan y Cafarelli, 1992; Keen et al., 1994).



En resumen, el entrenamiento progresivo de fuerza máxima combinada con ejercicios de tipo explosivo inducen incrementos en la fuerza máxima (isométrica/dinámica) y se acompañan también con aumentos considerables en la fuerza explosiva de los músculos entrenados, no sólo en los sujetos de 40 años, sino también en los de 70.

El incremento de la fuerza máxima se explica sólo en parte por el aumento en el AST, ya que la activación voluntaria de los músculos agonistas aumenta en mayor grado en las personas de mediana y avanzada edad. El entrenamiento también puede inducir una reducción en la coactivación de los músculos antagonistas en las personas de avanzada edad hasta el mismo nivel de partida registrado para los de mediana edad.

Los presentes trabajos también sugieren que no sólo en personas de mediana edad, sino también en las de edad avanzada se pueden obtener incrementos significativos en la capacidad del sistema neuromuscular para producir fuerza máxima y explosiva. Esto será debido en parte a las adaptaciones de tipo estructural de los músculos entrenados pero en mayor medida a adaptaciones funcionales específicas en el sistema nervioso.

El entrenamiento de la fuerza cada vez tiene una mayor utilidad cuando se utiliza con fines de rehabilitación, y preventivos para minimizar cambios ligados a la edad en atrofia muscular y reducción de la capacidad funcional. Sin embargo, con el fin de optimizar su efectos se necesitan conocer con mayor profundidad las adaptaciones específicas debidas a programas combinados de entrenamiento de fuerza. Asimismo quedan por definir en futuros trabajos la influencia de las modificaciones en el volumen, intensidad y duración de cada período de entrenamiento sobre las variables estudiadas.

Por último, se podía sugerir que, con el propósito de minimizar la reducción asociada a la edad en actividades neuromusculares, un adecuado entrenamiento de fuerza en personas mayores podría incluir no sólo ejercicios de fuerza máxima con cargas relativamente altas, sino también varios ejercicios de naturaleza explosiva.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en parte gracias a una beca concedida por el Instituto Navarro de Deporte y Juventud. Centro de Investigación y Medicina del Deporte. Gobierno de Navarra, España.

Bibliografía

- CANNON, R. J. y CAFARELLI, E. (1987), "Neuro-muscular adaptations to training". J. Appl. Physiol. 63, pp. 2396-2402.
- CAROLAN, B. y CAFARELLI, E. (1992), "Adaptations in coactivacion after isometric training". J. Appl. Physiol. 73, pp. 911-917.
- DAVIES, C. T.; DOOLEY, P.; MCDONAGH, M. J. N. y WHITE, M. (1985). "Adaptation to mechanical properties of muscle to high force training in man". *J. Physiol.* 365, pp. 277-284.
- DELORME, T. L. (1945), "Restoration of muscle power by heavy resistance exercises". *J. Bone Joint Surg. American.* 27, pp. 645-667.
- DE VRIES, H. A. (1968), "Efficiency of electrical activity as a measure of the functional state of muscle tissue". Am. J. Phys. Med. 47, pp. 10-22.
- ENOKA, R. M. (1988), "Muscle strength and its development: New perspectives". *Sports. Med. 6*, pp. 146-168.
- (1994), Neuromechanical basis of kinesiology. 2.^a ed. Champaign (IL): Human Kinetics.
- (1997), "Neural adaptations with chronic physical activity". J. Biomechanics, 30 (5), pp. 447-455.
- ELORANTA, V. y KOMI, P. V. (1981), "Postural effects on the function of the cuadriceps femoris muscle under concentric contraction". *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.*, 21, pp. 555-567.
- FIATARONE, M. A., O'NEILL, E. F., RYAN, N. D. et al. (1994), "Exercise Training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people". The New England Journal of Medicine. 330, pp. 1769-1775.
- FRONTERA, W. R., MEREDITH, C. N., O'REILLY, K. P., KNUTTGEN, H. G. y EVANS, W. J. (1988), "Strength conditioning in older men; skeletal muscle hypertrophy and improved function". *J. Appl. Physiol.* 71, pp. 644-650.
- GARFINKEL, S. y CAFARELLI, E. (1992), "Relative changes in maximal force, EMG and muscle cross-sectional area after isometric training". Med. Sci. Sports. 24, pp. 1220-1227.
- HÄKKINEN, K. (1989), Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power

- training. J. Sports Med. Phys. Fitness. 29, pp. 9-26.
- (1990), Scientific facts used as a base to determine strength. En: Seminario Internacional Test de Campo, C.O.I. 2-23.
- (1994), Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining, and immobilization. Crit. Rev. Phys. Rehabil. Med. 6, pp. 161-198.
- HÄKKINEN, K. y HÄKKINEN, A. (1991), Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. Eur. J. Appl. Physiol. 62, pp. 410-414.
- (1995), Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. Electromyograph. Clin. Neurophysiol. 35, pp. 137-147.
- HÄKKINEN, K. y KOMI, P. V. (1983) "Alterations of Mechanical Characteristics of human Skeletal Muscle During Strength Training". Eur. J. Appl. Physiol. 50, pp. 161-172.
- (1985), "Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various strech-shortening cycle exercise". Scand. J. Sports Sci. 7 (2), pp. 65-76.
- HÄKKINEN, K.; KOMI, P. V. y KAUHANEN (1987b). Scientific Evaluation of Specific loading of the knee extensor muscles with Variable Resistance, Isokinetic and Barbell Exercises. David fitness equipment ltd.
- HÄKKINEN, K.; KOMI, P. V. y TESCH, P. A. (1981), "Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles". Scand. J. Sports Sci. 3 (2), pp. 50-58.
- HÄKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; HYRÖLAINEN, H.; CHENG, S.; KIM, D. H. y KOMI, P. V. (1990), "Neuromuscular adaptations and Serum hormones in Females during Pronlonged power training". Int. J. Sports Med. 11 (2), pp. 91-98.
- HÄKKINEN, K. y PAKARINEN, A. (1993), Muscle strength and serum hormones in middle-aged and elderly men and women. Acta Physiol. Scand. 148, pp. 199-207.
- (1994), Serum hormones and strength development during strength training in middle-aged and elderly men and women. Acta Physiol. Scand. 150; pp. 211-219.
- HÄKKINEN, K.; PASTIENEN, U-M.; KARSIKAS, R. y LINNAMO, V. (1995), "Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contractions and during electrical stimulation in men at different ages". Eur. J. Appl. Physiol. 70, pp. 518-527.

- HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W. J.; KALLINEN, M., LINNAMO, V.; PASTINEN, U-M. y NEWTON, R.U. (1996), "Bilateral and Unilateral Neuromuscular Function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women". J. Gerentol. Biol. Sci. 51A, I, B21-B29.
- HÄKKINEN, K.; KALLINEN, M.; IZQUIERDO, M.; JOKELAINEN, K.; LASSILA, H.; MÄLKIA, H.; KRAEMER, W. J.; NEWTON, R. U. y ALE, M. (1997c), Neuromuscular adaptations during strength training in middle-aged and elderly men and women. Acta physiol. Scand. Submitted for publication.
- HENATSCH, H. D. y LANGER, H. H. (1985), "Basic neurophysiology of motor skill in sport". Int. J.Sports Med. 6, pp. 2-14.
- HOUSTON, M. E.; FROESE, E. A.; VALERIOTE, St. P. y GREEN, H. J. (1983), "Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: A one leg model". Eur. J. Appl. Physiol. 51, pp. 25-35.
- IZQUIERDO, M. (1997), Producción de fuerza, área de la sección transversal muscular y activación neural de los músculos extensores de los miembros inferiores durante acciones isométricas y dinámicas. Adaptaciones neuromusculares durante el entrenamiento de fuerza en hombres de 40 y 70 años. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- KEEN, D. A.; YUE, G. H. y ENOKA, R. M. (1994), "Training-related enhancement in the control of motor output in elderly humans". *J. Appl. Physiol.* 77 (6), pp. 2648-2658.
- KOMI, P. V.; VIITASALO, J. T.; RAURAMAA, R. y VIRKKO, V. (1978), "Effect of isometric strength training on mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function". Eur. J. Appl. Physiol. 40, pp. 45-55.
- KOMI, P. V. (1986), "Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric,

- Hypertrophic and mechanical factors". Int. J. Sports Med. (Suppl) 7, pp. 10-15.
- MORITANI, T. y DEVRIES, H. A. (1979), "Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain". *Am. J. Phys. Med.* 58, pp. 115-130.
- (1980), "Potential for gross muscle hypertrophy in older men". J. Gerontology. 35, pp. 672-682.
- MORITANI, T. y MURO, M. (1987), "Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction". Eur. J. Appl. Physiol. 56, pp. 265-266
- NARICI, M. V.; ROI, G. S.; LANDONI, L.; MINETTI, A. E. y CERRETELLI, P. (1989), "Changes in force, cross-ectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps". Eur. J. Appl. Physiol. 59, pp. 310-319.
- NEWTON, R. U.; HÄKKINEN, K.; HUMPHRIES, B. J.; MCCORMIK, M. R.; VOLEK, J. y KRAEMER, W. J. (1996). "Adaptations in muscle power and force-time characteristics accompanying resistance training of young versus older men". En: The proceedings of the First Australiasian Biomechanics Conference (ed. Lee et al.). University of Sidney, pp. 132-133.
- RHUTERFORD, O. M. y JONES, D. A. (1986), "The role of learning and coordination in strength training". *Eur. J. Appl. physiol.* 55, pp. 100-105.
- RICE, C., CUNNINGHAM, D., PATERSON, D. H. y DICKINSON, J. R. (1993), "Strength training alters contractile properties of the triceps brachii in men afed 65-78 years". Eur. J. Appl. Physiol. 66, pp. 275-280.
- SALE, D. G. (1986), "Neural adaptation in strength and power training", en: Jones, N., McCartney, N., McComas, A. (eds.). Human Muscle Power, Champaign, IL. Human Kinetics Publishers.

- (1988), "Neural adaptation to resitance training". Med. Sci. Sports. Exec. 20, pp. S135-S145.
- (1991), Testing strength and power. En: J. D. MacDougall, H. A. Wenger y H. J. Green (eds). Physiological testing of the high performance athlete. Champaign. IL: Human Kinetics, pp. 21-103.
- SIPILÄ, S. y SUOMINEN, H. (1995), "Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women". J. Appl. Physiol. 78, pp. 334-340
- SOLOMONOW, M.; BARATTA, R.; ZHOU, B. H. y D'AMBROSIA, R. (1988), "Electromyogram coactivation patterns of the elbow antagonist muscles during slow isokinetic movement". Exp. Neurol. 100, pp. 470-477 s.
- SPIEGEL, K.; STRATTON, J.; BURKE, J. R., GLENDINNING, E. S. y ENOKA, R. M. (1996), "Influence of age on the assessment of motor unit activation in a human hand muscle". *Exp. Physiol.* 81, pp. 805-809.
- THORTENSSON, A.; GRIMBY, G. y KARLSSON, J. (1976b) "Force velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles". J. Appl Physiol. 40, pp. 12-6.
- TREUTH, M.; RYAN, A.; PRATLEY, R.; RUBIN, M.; MILLER, J. et al. (1994), "Effect of strength training on toal and regional body composition in older men". *J. Appl. Physiol.* 77 (2), pp. 614-620.
- VANDERVOORT, A. A. (1992), "Effects of aging on human neuromuscular function: Implications for exercise". Can. J. Sport Sci. 17, pp. 178-184.
- VIITASALO, J. T. (1985c), "Effects of training on force-velocity characteristics". En Winter D.A. Norman, R.W. Wells, R.P. et al., editors. Biomechanics IX-A. Champaign. IL: Human Kinetics, pp. 96-101.

Puntos críticos del tirón de arrancada en halterofilia

Philippe Campillo

Doctor en Educación Física y Deportes Université de Montpellier I. Faculté des Sports

Claude Hertogh

Subdirector de la Facultad de Deportes Université Antilles-Guyane

Jean Paul Micallef

Director de investigación en Biomecánica Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale Montpellier

Palabras clave

halterofilia, biomecánica, fuerza-velocidad, puntos críticos

Abstract

The aim of this study is to analyse technique in weight-lifters at international level, following the curves of vertical forces. This work, with the help of a strength platform, and a system of analysis of two-dimensional video, tracks down the different critical points that contribute to these curves throughout the lift and jerk in weight-lifting. Six international weight-lifters have each taken three lift and jerk tests, using weights at 70%, 80% and 90% of their best lifts. In the course of the lift we noticed three critical points: two maximum (T,1, F,1) and (T,3, F,3) separated by a minimum (T,2, F,2). These points express from a cinematic and dynamic plane, the transitions of the technical phases. In the calculated data, as a whole, two variables of the weight-lifting bar system (T, 3-T,1 and F, 1/F,0) and four variables studied on the cinematic video of the bar (maximum height, maximum height/stature, maximum height/leg length and average speed) show significant differences in the tests throughout the Wicolson tests. The use of a matrix of correlations (Spearman test), together with a matrix of probabilities, shows a high correlation between the different points. It is necessary to underline the importance of the critical point $((T_z1, F_z1))$ with respect to the other points and their repercussions on the cinematic variables of the bar (r=0.83,P<0.01) for F,1 and DV maximum at 90% of maximum weight. The first summit of F₂1 force is reached more quickly and the force relations lessen (to be exact $F_z 1/F_z 0$) respectively the same, to 1.65 \pm 0.10, then 1.54 \pm 0.08 at 70% and 80% of the maximum. The decrease in the force relation F,1/F,2 and the increase of F,3/ F,1, with respect to the cinematic variables of the bar, are significative of weight-lifting possibilities.

Resumen

La finalidad de este estudio es analizar la técnica en halterófilos de nivel internacional, siguiendo las curvas de las fuerzas verticales. Este trabajo, con la ayuda de una plataforma de fuerzas y de un sistema de análisis de vídeo en dos dimensiones. localiza los diferentes puntos críticos que intervienen en estas curvas a lo largo del tirón de arrancada en halterofilia. Seis halterófilos de nivel internacional han realizado tres pruebas de arrancada cada uno, utilizando cargas al 70%, 80% y 90% de sus marcas máximas. En el transcurso del tirón se notan tres puntos críticos: dos máximas $(T_z I, F_z I)$ y $(T_z 3, F_z 3)$ separadas por un mínimo (T_z2, F_z2). Dichos puntos traducen, desde un plano cinemático y dinámico las transiciones de las fases técnicas. En el conjunto de los datos calculados, dos variables del sistema halterófilo-barra (T₂3-T₂1 y F₂1/F₂0) y cuatro variables estudiadas sobre la cinemática de la barra (altura max., altura max./talla, altura max./longitud piernas y velocidad med.), presentan diferencias significativas entre las pruebas a lo largo del test de rango de Wilcoxon. La utilización de una matriz de correlaciones (test de Spearman), asociada a una matriz de probabilidades, demuestra correlaciones elevadas entre los diferentes puntos. Es necesario subrayar la importancia del punto crítico $(T_z |, F_z |)$ con respecto a los otros puntos y sus repercusiones sobre las variables cinemáticas de la barra (r = 0,83, P < 0.01) para $F_z I y D V max. a 90% de$ la carga máxima). El primer pico de fuerza Fz l es alcanzado más rápidamente y las relaciones de fuerza disminuyen (en con-



creto $F_z I/F_z 0$), respectivamente igual, a $I,65\pm0,10$; luego $I,54\pm0,08$ a 70% y 90% máximo. La disminución de la relación de fuerza $F_z I/F_z 2$ y el aumento de $F_z 3/F_z I$, con respecto a las variables cinemáticas de la barra, son significativos de las posibilidades del halterófilo.

Introducción

Para llegar a conseguir marcas en la arrancada y en el dos tiempos, el halterófilo debe ejercer sobre la barra una potencia mecánica instantánea muy importante. El interés que han demostrado los biomecánicos en optimizar dicha potencia puede verse reflejado en los numerosos estudios que éstos han llevado a cabo. Efectivamente, la fuerza y la velocidad son fundamentales para la elevación de las cargas en un plano vertical (Garhammer, 1982; González Badillo, 1991; Campillo et al., 1996).

Con la utilización de instrumentos sofisticados, es posible cuantificar esta potencia para analizar las variaciones de las velocidades de la barra y también las fuerzas del sistema, compuesto por el halterófilo y la barra (Brown et al., 1985; Garhammer, 1980 y 1991; Campillo et al., 1997a). El uso de plataformas de fuerza y/o de materiales de vídeo gráficos, facilita la observación y la comparación de las diferentes técnicas en esta disciplina olímpica (Enoka, 1979; Burdett, 1982; Baumann et al., 1988; Garhammer et al., 1989).

Pero las relaciones entre la marca y los parámetros antropométricos y fisiológicos, específicos a cada atleta, son poco conocidas, y por esto, la técnica individual es todavía difícil de optimizar y modelizar (posiciones segmentarias y angulares antes de despegar las cargas del suelo, coordinaciones musculares y articulares durante la flexión y la extensión de las rodillas en el momento del paso de la barra, velocidades de ejecución y trayectoria del peso, y para terminar, recepción equilibrada bajo la carga, mantenida con los brazos extendidos).

En la práctica, los halterófilos y los entrenadores reajustan con frecuencia la técnica

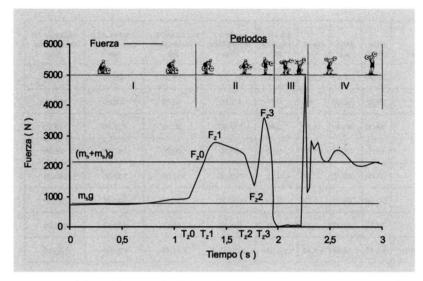


Figura 1. Curva de fuerza del sistema halterófilo-barra durante una arrancada para un solo atleta. Las diferentes fases de la arrancada: (1) Periodo inicial, (II) Tirón, (III) Paso debajo de la barra, (IV) estabilización y enderezamiento. $(m_b$: masa del haterófilo; m_b : masa de la barra, $g=9.81m \cdot s \cdot 2$; (T_x0, F_x0) despegue de la barra del suelo, V igual a 0 (T_x1, F_x1) primer pico del tirón anterior a la extensión de las rodillas (T_x3, F_x3) máximo de fuerza durante el tirón de la barra a nivel de las cretas illaças

mediante el conocimiento y la manipulación de indicadores mecánicos o biomecánicos empíricos y generales (apoyos, posiciones, percepción de las trayectorias de la barra, velocidades de ejecución). Pero la rapidez del movimiento hace difíciles la apreciación, la comparación y el análisis. Las comparaciones objetivas de las variaciones de los factores cinemáticos y dinámicos entre los halterófilos, son inciertas sin la ayuda de instrumentos de medida adaptados (Campillo et al., 1997).

El estudio define varias fases (figura 1) en el primer movimiento olímpico: la arrancada. Los valores dinámicos medidos con la plataforma de fuerzas, así como los valores cinemáticos calculados mediante los instrumentos de vídeo, determinan estas fases y particularmente en el tirón. Los diferentes momentos del tirón en la arrancada son descritos y analizados con el fin de localizar factores biomecánicos que faciliten la comprensión de la técnica y mejoren las marcas. Puntos críticos (un punto crítico es un máximo o un mínimo local; el punto (a) de una función diferenciada f(x) es crítico si la derivada de f(a) es nula) sobre las curvas de tiempo, de fuerza y de velocidad, estructuran las observaciones y la elaboración de factores técnicos, para optimizar el movimiento.

Para analizar la técnica de la fase del tirón en la arrancada, se han examinado las variaciones de la componente de las fuerzas verticales del sistema halterófilo-barra y la velocidad ascensional de la barra. El análisis de las curvas de fuerza (figura 1), asociado a la descripción del movimiento, define las técnicas específicas de los halterófilos. Estos gráficos deberían facilitar la elaboración de modelos teóricos y prácticos según las diferencias morfológicas y fisiológicas, como ya lo han hecho algunos para estudiar el movimiento: correr, andar, saltar, etc. (Jaworek, 1992 y 1993).

Materiales y métodos

Sujetos

Seis halterófilos de nivel internacional han participado en el estudio. Estos halterófilos pertenecen a las categorías de peso: 59, 64, 76, 83, 99 y 108 kg. Dichos atletas se entrenan cuatro horas al día, seis o siete veces a la semana, desde hace más de cinco años. Las características antropométricas,

SUJETOS (ÍNDICE MARCA)	EDAD (AÑOS)	MASA (kg)	TALLA (m)	LONGITUD PIERNAS (m)	MARCA ARRANCADA (kg)	PRUEBA NÚM. 1 70% DEL MAX. (kg)	PRUEBA N.º 2 80% DEL MAX. (kg)	PRUEBA N.º 3 90% DEL MAX. (kg)
Aub (1,65)	29,00	72,60	1,71	0,80	120,00	85,00	95,00	107,50
Bal (1,90)	23,00	63,00	1,66	0,77	120,00	85,00	95,00	107,50
Del (1,36)	29,00	101,40	1,81	0,87	137,50	95,00	110,00	122,50
Ped (1,47)	17,00	58,00	1,68	0,82	85,00	60,00	67,50	75,00
Rac (1,98)	25,00	83,20	1,76	0,83	165,00	115,00	132,50	150,00
Wad (1,62)	23,00	109,20	1,78	0,87	150,00	105,00	120,00	135,00
Media	24,33	81,23	1,73	0,83	129,58	90,83	103,33	116,25
Desviación estándar	± 4,11	± 18,88	± 0,05	± 0,04	± 25,51	± 17,42	± 20,80	± 23,75

Cuadro 1. Características de los halterófilos. (Índice de marca correspondiente a la marca máxima en la arrancada, dividida por el peso).

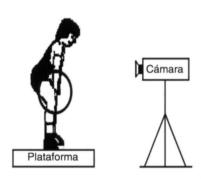


Figura 2. Dispositivo experimental.

las marcas en la arrancada así como las cargas utilizadas en las tres pruebas, están recogidas en el cuadro I. Los sujetos de edades comprendidas entre 24 ± 4.5 años, masa corporal 81.2 ± 20.6 kg, realizan marcas conforme a sus categorías de peso (índice marca máxima = marca máxima en la arrancada/masa del sujeto). Todos los halterófilos han aceptado participar voluntariamente en la experimentación.

Procedimiento

Los seis halterófilos realizan tres pruebas en la arrancada, al 70%, 80% y 90% respecti-

vamente de su marca máxima en este movimiento. Cada atleta dispone de 45 segundos de preparación (concentración y posición) antes de grabar su marca. Durante las pruebas, la grabación comienza cuando el sujeto está aún fuera de la plataforma. Se sube, se coloca y después agarra la barra que despega del suelo, ejecutando el movimiento específico (figura 2). La plataforma recoge la evolución de las fuerzas del sistema indisociable halterófilo-barra. Una cámara de vídeo (S.VHS 625 Panasonic) situada de frente y en perpendicular, graba las arrancadas para analizar las características cinemáticas de la barra.

Material

Hemos utilizado una plataforma con una dimensión de 0,55 x 0,55 m que resiste esfuerzos verticales de 8.000 N. La plataforma está conectada a un sistema informático portátil (P. C Toshiba T3200) provisto de una ficha de conversión analógico/numérica. Un programa, propiedad del INSERM, recoge y trata las fuerzas que actúan sobre la plataforma, según el eje vertical (F_z). La frecuencia de las muestras es de 50 herzios. Una mesa de mezclas (mezclador audio/vídeo numérico Wj-AVE Panasonic) vela por el sincronismo entre las imágenes de vídeo de la cámara (50 imágenes por segundo) y

los datos convertidos de la plataforma (Coconut 1076). Las imágenes han sido tomadas con un aparato de vídeo (NV-FS100H Panasonic).

Las imágenes de vídeo han sido estudiadas con ayuda de un vídeo-timer (VTG-33), un sistema de adquisición (Screen Machine) y de análisis de vídeo (Programa Videotrack) que permite recortar cronológicamente las diferentes fases de la arrancada. La asociación de los datos de la plataforma de fuerzas y de las imágenes de vídeo, determina el análisis espacio-temporal y dinámico del movimiento.

Cálculos y expresión de los resultados

Curvas de fuerza

La cantidad del movimiento de un sistema es el producto de su masa m por la velocidad de su centro de inercia V_g ($p=m\cdot V_g$) y la variación de p sobre el tiempo es igual, en cada momento, a la suma de las fuerzas F aplicadas a este último, siendo esta misma proporcional a la aceleración σ_g .

$$\sum F = \frac{dp}{dt} = m \cdot a_g \tag{1}$$

El sistema halterófilo-barra está compuesto por un halterófilo con un peso $(m_h \cdot g)$ y por una barra con un peso $(m_b \cdot g)$, de donde:

$$\overrightarrow{F} = m_h \cdot \overrightarrow{a_h} + m_h \cdot \overrightarrow{a_h} + (m_h + m_h) \cdot \overrightarrow{g}$$
 (2)

De lo que hemos deducido:

$$\vec{F} - (m_h + m_b) \cdot \vec{g} = m_h \cdot \vec{a}_h + m_b \cdot \vec{a}_b$$
 (3)

En una primera aproximación al eje vertical (componente vertical), sólo dos fuerzas exteriores se aplican: el peso ($m_h + m_b$)·g del sistema halterófilo-barra y la reacción F_z del suelo, orientada hacia arriba. Tenemos pues:

$$F_z - (m_h + m_b) \cdot g = m_h \cdot a_{zh} + m_b \cdot a_{zb}$$
 (4)

La plataforma de fuerzas nos proporciona

$$F_z = (m_h + m_b) \cdot a_{zhb} + (m_h + m_b) \cdot g$$
 (5)



Para cada una de las pruebas de los seis halterófilos, se obtienen los trazados de las tres curvas (Pruebas al 70%, 80% y 90%) sobre un mismo gráfico, con el fin de facilitar las comparaciones entre estas pruebas. Sobre las curvas aparecen puntos característicos que permiten organizar nuestras observaciones y analizar los diferentes momentos del tirón (figura 1). En efecto; los puntos de tiempo (T_z0, T_z1, T_z2, T_z3) y de fuerza (F, I, F,2, F,3), determinados sobre el sistema halterófilo-barra por la plataforma de fuerzas, han permitido establecer variables en términos de diferencias y de relación (cuadro 2). Sus evoluciones han sido estudiadas a lo largo de las tres pruebas con carga creciente para cada uno de los sujetos y según las características cinemáticas de la barra (V max., V med., A max., D V max.) facilitadas por los aparatos de vídeo (cuadro 3).

Análisis estadísticos

Se han calculado las medias y las desviaciones estándar (\pm) de todas las variables. En este plano experimental (tipo S6*T3) en el que un grupo apareado y limitado de 6 sujetos (S6) han realizado una misma tarea, con porcentajes de cargas crecientes (T3), hemos utilizado tests no paramétricos. Se ha planteado la hipótesis H0 (sin diferencias sig-

nificativas entre los diferentes porcentajes 70%, 80% y 90%) para el conjunto de las variables, utilizando el test de rango de Wilcoxon (z, p) para series apareadas. Una matriz de correlación de Spearman asociada a una matriz de probabilidad, es llevada a cabo con el fin de averiguar los grados de conexión entre las variables con diferencias significativas (r, p) en cada prueba.

Resultados

Las transformaciones de la técnica del tirón de arrancada, según el aumento del porcentaje de carga, son analizadas por medio de los diferentes puntos críticos.

En efecto, para el conjunto de las curvas de fuerza (figura 3) aparecen tres puntos críticos (Zonas respectivas F_z I, F_z 2, F_z 3) localizados en el tiempo (cuadro 2).

Cinemática del sistema halterófilo-barra

Sobre las variables de tiempo, el test de Wilcoxon pone de manifiesto diferencias significativas entre el 70% y el 90% de la marca máxima, para los tres puntos: T_z (z=-2,23, P<0,05), T_z2 (z=-2,03, P<0,05). Efectivamente, con respecto al punto T_z0 y en función del aumento de la carga, estos

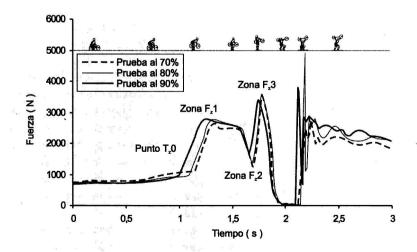


Figura 3. Las curvas de fuerza del halterófilo Aub (1,65) para las tres pruebas. (Zona F_21 , Zona F_23). Las curvas tienen como punto común y de contraste, el momento de despegue T_20 que permite apreciar las transformaciones de la resultante de la fuerza vertical F_2

20,440,000			
VARIABLES	PRUEBA 70% MAX.	PRUEBA 80% MAX	PRUEBA 90% MAX
F _z 1/F _z 0	1,65 ± 0,10	1,60 ± 0,06	1,54 ± 0,08
F _z 2/F _z 0	0,92 ± 0,09	0,86 ± 0,14	0,91 ± 0,08
F _z 3/F _z 0	1,91 ± 0,20	1,92 ± 0,23	1,85 ± 0,12
F _z 1/F _z 2	1,81 ± 0,22	1,88 ± 0,23	1,72 ± 0,18
F _z 3/F _z 2	2,10 ± 0,31	2,27 ± 0,39	2,06 ± 0,25
F _z 3/F _z 1	1,16 ± 0,16	1,20 ± 0,13	1,20 ± 0,06
T _z 1-T _z 0 (s)	0,30 ± 0,13	0,29 ± 0,14	0,24 ± 0,11
T _z 2-T _z 0 (s)	0,65 ± 0,18	0,64 ± 0,15	0,64 ± 0,12
T _z 3-T _z 0 (s)	0,76 ± 0,18	0,77 ± 0,16	0,75 ± 0,14
T _z 2-T _z 1 (s)	0,34 ± 0,07	0,35 ± 0,04	0,39 ± 0,02
T _z 3-T _z 2 (s)	0,12 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,12 ± 0,03
T _z 3-T _z 1 (s)	0,46 ± 0,07	0,48 ± 0,04	0,51 ± 0,04

Cuadro 2. Características cinemáticas y dinámicas del sistema halterófilo-barra para las tres pruebas. Media ± desviación estándar (de los seis halterófilos) relaciones de fuerza y diferencias de tiempo (por segundo) para los puntos de fuerza y (en Newton) F₂0, F₂1, F₂2 y F₂3.

VARIABLES	PRUEBA 70% MAX.	PRUEBA 80% MAX.	PRUEBA 90% MAX.
A max. (m)	1,45 ± 0,04	1,39 ± 0,09	1,32 ± 0,12
A max./Talla	0,83 ± 0,07	0,80 ± 0,09	0,76 ± 0,05
A max./LP	1,75 ± 0,09	1,68 ± 0,05	1,59 ± 0,11
V med. (m·s ⁻¹)	1,08 ± 0,06	1,04 ± 0,08	0,98 ± 0,11
V max. (m·s ⁻¹)	2,52 ± 0,21	2,27 ± 0,24	2,17 ± 0,24
Duración del tirón (s)	0,91 ± 0,09	0,93 ± 0,08	0,93 ± 0,08
D V max. (s)	0,66 ± 0,08	0,69 ± 0,10	0,67 ± 0,09

Cuadro 3. Características cinemáticas de la barra. Duración (duración total del tirón, en segundos), D V max. (período de tiempo necesario para que la barra alcance la velocidad máxima, en segundos), A max. (altura máxima de la barra, en m), LP (longitud de las piernas del halterófilo, en m), talla (en m), V med. (velocidad media de la barra, en m·s-1), V max. (velocidad máxima, en m·s-1)

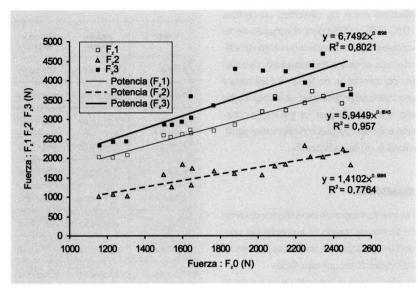


Figura 4. Curvas de tendencia entre los puntos F_z1, F_z2, F_z3, según los valores crecientes de F_z0.

puntos están más bien presentes en el transcurso del movimiento, sin que la duración total del tirón sea significativamente diferente (cuadro 3). Para el conjunto de las pruebas, la duración total del tirón es igual, por término medio, a 0,91s y desde el despegue (Tz0) los diferentes puntos críticos (F, I, F, 2, F, 3) se localizan respectivamente en $T_z I = 0.35 \text{ s}, T_z 2 = 0.73 \text{ sy } T_z 3 = 0.84 \text{ s}.$ La matriz de Spearman muestra, salvo relaciones (r > 0.7; P < 0.0001) evidentes entre estos puntos (Fz | , Fz2, Fz3), correlaciones entre la aparición del primer pico de fuerza F, I del sistema halterófilo-barra y la cinemática de la barra. En particular, la correlación entre FzI y D V max., donde r = 0.81 (P < 0.05 al 70% del max., r = 0.83 (P < 0.05) al 80% y r = 0.83(P < 0.01) al 90% del max.

En lo concerniente a las duraciones, la única diferencia significativa se ha localizado en $T_z 3-T_z I$ (z=2,02,P<0,05). Esta variable está en correlación positiva con las variables D V max. (r>0,71,P<0,01 al 70% y 80%) y negativa con $F_z 0$ (r>-0,84,P<0,01). Con el aumento de la carga, el primer pico del tirón es alcanzado más rápidamente, las medias de las duraciones revelan una regresión de $T_z I-T_z 0$ así como los aumentos de $T_z 3-T_z I$ y de $T_z 2-T_z I$. Además, las desviaciones estándar de las variables de los diferentes períodos de

tiempo se reducen y la técnica del tirón tiende a uniformarse entre los atletas.

Dinámica del sistema halterófilo-barra

Con un aumento del 20% de la carga, los diferentes puntos críticos de las fuerzas estudiadas (F_z I, F_z 2, F_z 3) aumentan en intensidad según las curvas del tipo (ax^b) (figura 4). Asimismo, las correlaciones son importantes entre F_z I y F_z 2 (r>0.88, P<0.01), F_z I y F_z 3 (r>0.93 con P<0.01 al 70% y 90%). Entre las primeras (70%) y las terceras (90%) pruebas, el máximo F_z I presenta una diferencia significativa (z=1.99 con P<0.05).

Para las relaciones de fuerza, $F_z I/F_z O$ presenta una diferencia significativa (z=1,99; P<0,05) y su aumento está en relación con la duración $T_z 3-T_z I$ (r=0,77; P<0,000 I). Para el conjunto de las pruebas:

$$F_z 3 = 1, |2 \times F_z| = 1,73 \times F_z 0 = 1,98 \times F_z 2$$

 $F_z 1 = 1,55 \times F_z 0 = 1,78 \times F_z 2$

con correlaciones elevadas entre $F_z | /F_z 2 y$ $F_z 3/F_z 2$ (r=0.94, P<0.05) y entre $F_z 3/F_z 1$ y $F_z 3/F_z 0$ (r=0.94, P<0.05) principalmente para las pruebas al 90%.

Cinemática de la barra

Las diferencias son significativas entre las pruebas al 70%-90% y al 70%-80% pero no al 80%-90% para las variables de la altura (A max., A/T y A/LP) y de la velocidad (V max. y V med.). El índice de rango de Wilcoxon entre 70-90% disminuye para el conjunto de las variables, principalmente A max. (z = -2.02, P < 0.05) y V max. (z = -1.78, P < 0.05). Las medias de las variables (A max., A/T, A/LP, V max. y V med.) disminuyen con el aumento del peso de la barra, mientras que la duración total del tirón y el factor DV max. son constantes. Las correlaciones entre estos datos cinemáticos son elevadas, tanto entre A/T y V max. (r > 0.98, P < 0.001) para las tres pruebas) como entre A/LP y V med. (r > 0.66 con probabilidades de P < 0.05al 70% hasta P < 0.001 al 90%).

Discusión

El halterófilo está expuesto a una alternancia de pérdida y de recuperación de equilibrio a lo largo del despegue y de la elevación de la barra del suelo, pero también a variaciones de gasto y de acumulación de energía. Sobre las curvas de fuerza en función del tiempo, puntos característicos (F, I hasta F,3) son definidos cronológicamente (cuadro 2) y puestos en relación con las diferentes posiciones del halterófilo en el momento del tirón (figuras I y 3). Sobre las curvas del trazado gráfico de las fuerzas (figura I), se distingue la presencia de dos picos de fuerza (FzI, Fz3) que corresponden al primer pico del tirón de la barra cerca de las rodillas y al máximo de fuerza durante el tirón de la barra hasta el nivel de las cretas iliacas. El primer pico de (Fz I) es inferior al segundo (F_z3) en una relación de 1,19. Estos dos vértices están separados por un punto de fuerza mínimo F_z2, inferior a la fuerza necesaria para despegar la barra del suelo (F_70) .

Las diferencias significativas, en función del aumento de las cargas, son estudiadas para las variables establecidas sobre estos puntos críticos. Las correlaciones asociadas a estas variables organizan el análisis de las



modificaciones de la técnica. El mínimo F₂2 revela una disminución de fuerza con respecto al pico F_z I, y F_z3 está en relación con la eficacia técnica del halterófilo (Campillo et al., 1997c). Este punto F_z2 es sinónimo de una pérdida energética debida a la transferencia de apoyos de fuerza entre grupos musculares diferentes y a las coordinaciones motrices, sobre todo en el paso de las rodillas (Enoka, 1983; Lee et al., 1995). Para ser eficaz en el tirón, el halterófilo debe asociar a las sinergias musculares y articulares, principios ergonómicos de base. En particular, para perder un mínimo de energía mecánica, el desplazamiento del centro de inercia de la barra debe seguir lo más cerca posible el centro de gravedad del atleta, permitiéndole a éste reducir las palancas. Lo que quiere decir que para una misma masa, teniendo en cuenta el nivel técnico y la distancia de la carga con respecto al cuerpo del halterófilo, la barra puede presentar palancas diferentes. Efectivamente, las diferencias de intensidad de fuerza entre los picos F₇ 1 y F₇2, así como las existentes entre F_z2 y F_z3, muestran las cualidades del ajuste técnico de los halterófilos en el momento del paso de la barra a nivel de las rodillas (movimiento de flexión, extensión). Los resultados presentan diferencias significativas para los valores de fuerza F_z I, y de tiempo TzI, Tz2, Tz3. Para el conjunto de los datos, la tendencia en función de T₇ l es lineal entre los valores de tiempo mientras que el perfil de las fuerzas, según los valores de F₂0, tiene una tendencia de tipo potencia (figura 4).

El análisis de las diferencias entre las pruebas al 70% max. y 90% max., demuestra principalmente una diferencia significativa para las variables $T_z 3-T_z 1$ y $F_z 1/F_z 0$. Con el aumento de la carga, la duración entre los dos picos de fuerza aumenta progresivamente. Mientras la duración $T_z 1-T_z 0$ disminuye, las otras duraciones y en concreto $T_z 2-T_z 0$, $T_z 3-T_z 0$ y $T_z 3-T_z 2$, son constantes (cuadro 2). El pico $F_z 1$ es alcanzado más rápidamente con una relación $F_z 1/F_z 0$ menor. Al 90% hay una mejor gestión del esfuerzo, dado que la tendencia de las diferentes relaciones de fuerza está en descenso. Podernos decir que la puesta en acción

para alcanzar el primer pico es más rápida. El aumento de la carga traduce una tendencia a la disminución de las relaciones $F_z I/F_z 2$ y $F_z 3/F_z 2$ con un aumento de $F_z 3/F_z 1$. La optimización del tirón está en función de la reducción de la distancia entre $F_z I$ y $F_z 2$ que corresponde a una pérdida de energía debida a los ajustes técnicos. Para un halterófilo determinado, las oscilaciones entre $F_z I$ y $F_z 2$ ponen de manifiesto encadenamientos técnicos (coordinación motriz) mal realizados, que es necesario optimizar (Campillo et σI ., 1997b).

La eficacia del tirón puede estudiarse con la ayuda de los datos cinemáticos de la barra, las trayectorias y las velocidades máximas, principalmente (Garhammer, 1985; Baumann et al., 1988, Isaka et al., 1996). Las regresiones de las alturas y de las velocidades máximas de las barras durante el tirón, revelan el aumento de la masa de las cargas. Desde un plano individual, los porcentajes de disminución de estas variables, constituyen puntos de referencia para apreciar el dominio de la técnica en función de cargas cada vez más pesadas. Así pues, es posible localizar puntos de ruptura técnica con el fin de organizar más rigurosamente el entrenamiento. Estos puntos de ruptura pueden situarse sobre las variables de altura (A. max., A/T y A/LP) o de velocidad (V máx. y V. med). Estas variables están en estrecha relación entre ellas y los datos obtenidos del sistema halterófilo-barra (F_z I/F_z0, T_z3-T_z I y T₂2-T₂1); sería conveniente ajustar estos resultados para optimizar la marca.

Estas informaciones representan parámetros de comparación originales para ajustar la técnica. La calidad técnica de los tirones de cada halterófilo puede apreciarse mediante la comparación de las curvas dinámicas y de las trayectorias de la barra. Para enriquecer este estudio y en concreto los modelos biomecánicos de los levantamientos (Burdett, 1982; Grieve, 1977), sería interesante asociar a los análisis, a menudo mecánicos, interpretaciones fisiológicas con la ayuda de electromiografías (Enoka, 1988; Lee et al., 1995). Parece oportuno utilizarlos para describir y analizar los tirones de los mejores halterófilos mundiales, con el fin de obtener invariantes técnicas. Además, este tipo de medida, realizada a partir de una población más numerosa y repertoriada por categorías de peso (con cargas cercanas al máximo), debería perfeccionar esta aproximación.

Para terminar, podríamos decir que el análisis del tirón a partir del registro de fuerzas verticales sobre plataforma de fuerzas, es un indicador técnico privilegiado. La recogida de las variables y de las constantes técnicas, a partir de programas de análisis de imágenes de vídeo, debería desembocar en otras perspectivas y más concretamente en el campo de la optimización de la coordinación motriz.

Conclusión

Este estudio biomecánico de halterófilos de nivel internacional permite, mediante la sincronización de imágenes de vídeo y de valores dinámicos y cinemáticos, comparar las marcas. La comprobación de la existencia de tres puntos críticos sobre las curvas de fuerza en la ejecución del tirón, revela la tendencia sobre las variables calculadas y la posibilidad de modelización (Brenière et al., 1981; Brenière, 1992). Cuando la finalidad de cada halterófilo es idéntica, es decir, aplicar a la barra una fuerza con el fin de comunicarle una mayor velocidad vertical, para así colocarse debajo de ella, se ha observado que numerosas variables evolucionan. Hay que apuntar principalmente, la influencia del punto crítico $(T_7 I, F_7 I)$ sobre los otros puntos y por lo tanto sobre el resultado del tirón. Cuando los halterófilos se acercan a sus máximas, conservando los mismos patrones cinemáticos y dinámicos, la relación de fuerza F₇1/F₇0, la medida T₇3-T₇1 y las variables de altura y velocidad, evolucionan. Los numerosos parámetros que intervienen en el tirón de arrancada muestran la complejidad de este movimiento y la dificultad de modelizarlo, teniendo en cuenta las sinergias biomecánicas así como los factores antropométricos y fisiológicos.

Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento al presidente Bernad Soto, al entrenador Bernard García y a los atletas del club de halterofilia de Clermont l'Hérault (Campeón de Francia en 1995 y 1997) que nos ha permitido realizar esta experimentación.

Bibliografía

- BAUMANN, W.; GROSS, V.; QUADE, K, GALBIERZ, P; SCHWIRTZ, A. (1988), "The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 World Championships", International Journal of Sport Biomechanics, 4. pp. 68-69.
- Brenière, Y. (1992), "La biomécanique du geste sportif", Recherche, 254, pp. 888-981.
- Brenière, Y.; Do, M.; Gatti, L.; Bouisset, S (1981), "A dynamic analysis of the squat snatch". In Morecki A, Fidelus K, Kedzior K, Wit A, eds. Biomechanics Vol. VII-B University Park Press, Baltimore. pp. 293-299.
- Brown, E.; Abani, K. (1985), "Kinematics and kinetics of the dead lift in adolescent power lifters", Medicine and Science in Sports and Exercice, 17, pp. 554-562
- BURDETT, R. (1982), "Biomechanics of the snatch technique of highly skilled and skilled weightlifters", Research Quarterly for Exercise and Sport, 53, pp. 193-197.
- CAMPILLO, P.; CHOLLET, D.; MICALLEF, J.P. (1997b), "Evolutions des variables cinématiques et dynamiques lors du tirage à l'arraché en haltérophilie", Cinésiologie, 176, pp. 197-202.

- (1996), "Force-Velocity Relationships in weightlifting during the snatch pull". First Annual Congress Frontiers in Sport Science. The European Perspective, Niza, 28-3 I Mayo.
- (1997c), "Evolution of the kinematic and dynamic variables during the snatch pull in weightlifting". IVe International Olympic Committee world Congress on Sport Sciences, Mónaco, 22-25 octubre.
- (1997a), "Las diferentes fases del tirón de arranque en halterofilia" (RED) Revista de Entrenamiento Deportivo, 2, pp. 5-10.
- ENOKA, R. M. (1979), "The pull in olympic weightlifting", Medicine and Science in Sports, 11, pp. 131-137.
- (1983), "Muscular control of learned movement: the speed control system hypothesis", Experimental Brain Research, 51, pp. 135-145.
- (1988), "Load and skill-related changes in segmental contributions to a weightlifting movement", Medicine and Science in Sports and Exercise, 20, pp. 178-187.
- GARHAMMER, J. (1980), "Power production by olympic weightlifters", Medicine and Science in Sports and Exercise, 12, pp. 54-60.
- (1982), "Energy flow during Olympic weight lifting", Medicine and Science in Sports and Exercise, 14, pp. 353-360.
- (1985), "Biomechanical profiles of olympic weightlifters", International Journal of Sport Biomechanics, 1, pp. 122-130.

- (1991), "A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition", *International Journal* of Sport Biomechanics, 7, pp. 3-11.
- GARHAMMER, J.; WHITING, W. C. (1989), "Comparison of three data smoothing techniques for determining weightlifting kinematics", Scandinavian Journal of sports sciences, 11, pp. 97-104.
- GONZÁLEZ BADILLO, J. J. (1991), Halterofilia. Comité Olímpico Español y Federación Española de Halterofilia, España.
- GRIEVE, D. W. (1977) "The dynamics of lifting", Exercise and Sport Sciences Reviews, 5, pp. 157-179.
- ISAKA, T.; OKADA, J.; FUNATO, K. (1996), "Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement of elite asian weight lifters", Journal of Applied Biomechanics, 12, pp. 508-516.
- JAWOREK, K. (1992), "Methods of evaluation of the power developed in a man's leg during normal walking". En Proceedings of 9th CISM-IFTO MM Symp. on Theory and Practice of Robots and Manipulators. Warsaw University of Technology, Warsaw, Polonia.
- JAWOREK, K. (1993), "A simplified assessment's method of human gait". En Proceedings of 2rd Polish—Italian seminar. Warsaw University of Technology, Warsaw, Polonia.
- LEE, Y. H.; HUWANG, C. Y.; TSUANG, Y. H. (1995), "Biomechanical charasteristics of preactivation and pulling phases of snatch lift", *Journal of Applied Biomechanics*, 11, pp. 288-298.



Consumo de oxígeno estimado y gasto energético en competiciones de esgrima*

Xavier Iglesias Ferran A. Rodríguez

INEFC Barcelona Departamento de Ciencias Biomédicas

Palabras clave

esgrima, consumo de oxígeno, gasto energético, fisiología, valoración funcional, competición

Abstract

Here we present an estimation of the oxygen uptake and the energy demands during fencing competitions. It was found that during different competitive assaults, the mean estimated oxygen uptake was lower for female ($\bar{x}=39.6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) than for male fencers ($\bar{x}=53.9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). The average intensity was found to be between 56% and 74% of VO_{2max} with maximal values between 75% and 99% of VO_{2max}. These results confirm the relevance of the aerobic demands in fencing. The energy requirements during an international competition were found to be larger as compared to those measured during a regional tournament, as well as in several training situations. The estimated energy power rat along international and regional fencing competitions averaged 15.4 kcal·min-1 (64.5 kJ·min-1), and 12.3 kcal·min-1 (51.6 kJ·min-1), respectively. No significant differences were observed among fencers of the same gender taking into account the weapon used. From the analysis during competition, we emphasise the individual variability of the physiological response, influenced by different factors such as the individual cardiovascular adaptation, relevance of the competition, round studied, opponent's level, competitive dynamics, weapons, and competitor's gender.

Resumen

Se realiza una estimación del consumo de oxígeno y un análisis de las demandas energéticas de la esgrima de competición. En asaltos de competición, el consumo de oxígeno estimado en mujeres $(\bar{x} = 39.6 \text{ mL·kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1})$ es inferior al de los hombres $(\bar{x} = 53.9)$ mL·kg-1·min-1). La intensidad individual media se encuentra entre el 56% y el 74% del Vo_{2max}, con máximos entre el 75% y el 99% del VO_{2max}, lo que confirma la relevancia de los requerimientos aeróbicos en el esgrima. Las demandas energéticas en la competición internacional son superiores a las registradas en una competición autonómica y al de diferentes situaciones de entrenamiento. La potencia energética media estimada a lo largo de competiciones de nivel internacional y autonómico es, respectivamente, de 15,4 kcal·min⁻¹ (64,5 k]·min⁻¹) y 12,3 kcal·min⁻¹ (51,6 k]·min⁻¹). Entre tiradores del mismo género no se aprecian diferencias significativas en función del arma. Del análisis en competición destaca la variabilidad de la respuesta funcional de los esgrimistas dada la influencia de factores como la adaptación cardiocirculatoria individual, importancia de la competición, eliminatoria registrada, nivel del rival, dinámica competitiva arma y género.

Introducción

El entrenamiento deportivo se basa en la aplicación de sistemas de trabajo que inciden positivamente en la mejora de los diferentes factores de rendimiento. Cada deporte presenta características diferenciales en su estructura competitiva así como en las características determinantes para conseguir el alto nivel. Por eso las tendencias actuales basan en la especificidad del trabajo gran parte del volumen de entrenamiento. La identificación de los principales factores que inciden en el rendimiento de los deportistas en cada modalidad es el primer paso para diseñar una estrategia de entrenamiento específico que mejore la efectividad del trabajo desarrollado por un deportista. Uno de los principales elementos que condicionará la programación de los entrenamientos es el conocimiento de la respuesta funcional del esgrimista en competición, es decir, la determinación cuantitativa de la carga interna a que el deportista es sometido por la realización de la

^{*} Trabajo realizado con ayudas a la investigación concedidas por la Secretaria General de l'Esport, Generalitat de Catalunya (1991) y el INEFC de Barcelona (1994, 1997).

actividad concreta del esgrima. En un trabajo anterior (Iglesias y Rodríguez 1995) se valoraron las modificaciones de la frecuencia cardíaca (FC) en competición y se cuantificaron los niveles de lactatemia en las diferentes fases de las pruebas. Analizar el consumo de oxígeno en situaciones competitivas y de entrenamiento y realizar una estimación del gasto energético producido por la esgrima, son los principales elementos de este estudio.

Objetivos

Los objetivos del trabajo han sido los siguientes:

- Estimar el consumo de oxígeno de esgrimistas de ambos géneros y diferentes modalidades en situaciones reales de competición.
- 2. Analizar el gasto energético estimado de los esgrimistas durante los asaltos.
- 3. Mejorar el conocimiento de la respuesta funcional de los tiradores en competición.

Material y método

Frecuencia cardíaca

Se registró de forma continua la FC en dos competiciones oficiales mediante el uso de cardiotacómetros Sport-Tester Polar 4000. Los detalles del diseño de la búsqueda y la metodología utilizada pueden ser consultados en diferentes trabajos previos de los autores (Iglesias y Rodríguez 1991a, 1991b, 1995).

Lactatemia

Se valoró la lactatemia en una competición internacional de un total de 13 sujetos, 6 mujeres y 7 hombres. Para el análisis fotoenzimático de lactato en sangre capilar se utilizó un fotómetro 4020 Hitachi con un filtro de longitud de onda 340 nm (Boehringer Mannheim, RFA) y el kit reactivo Test Combination Lactato para Medicina Deportiva (Boehringer Mannheim, RFA), ácido perclórico 0,33 N (Boehringer Mannheim, RFA), con tampón NAD, GPT y LDH con control Precinorm 2,80 (2,35-3,25) (Boehringer Mannheim, RFA). Las muestras de 20 µl de sangre capilar del lóbulo de la oreja fueron desproteinizadas con 200 µl de ácido perclórico 0,33 N (Boehringer Mannheim, RFA). El método utilizado, así como su validez, fiabilidad, precisión y exactitud han sido previamente definidos y establecidos por Rodríguez y col. (1992). Se valoraron un total de 66 asaltos -el último de cada eliminatoria de cada uno de los sujetos -obteniendo entre 1 y 8 registros por sujeto, según el momento en que fueron eliminados. Cuando un deportista finalizaba el asalto se le acompañaba en la mesa de trabajo y se realizaban las dos extracciones, al minuto y a los tres minutos, del fin del asalto. Unas hojas de control se utilizaban para identificar los códigos de las lactatemias con el sujeto, eliminatoria y minuto analizados (Iglesias y Rodríguez 1995).

Consumo de oxígeno

Competición internacional

Un total de trece sujetos (n = 13) participaron en la estimación del consumo de oxígeno en competición internacional. El promedio de edad en las mujeres era de 27 (de = 5) años, mientras que en los hombres era de 26 (de = 5) años. En primer lugar realizaron una prueba de esfuerzo máximo y progresivo sobre cinta rodante (Woodway, RFA) con un analizador de gases CPX II (Medical Graphics, USA) con el objetivo de medir sus parámetros ventilatorios y la relación individual entre FC y Vo₂. Se aparejaron los registros FC y de consumo de oxígeno, según los valores en los puntos de velocidad de 6,8,10,12,14,16 y 18 km·h-1 (más o menos puntos según la duración de la prueba de cada sujeto) y se realizó el cálculo de la regresión lineal, obteniendo la ecuación individual de cada sujeto: $\dot{V}_{0_2} = a+b$ (FC). En un espacio de tiempo máximo de siete días los sujetos participaron en el torneo internacional. Se registraron las FC de los 13 sujetos y se procedió a la gestión informatizada de los valores, diferenciándose en el proceso final tiempos de competición reales y los registros en cada uno de los asaltos.

Para la estimación se consideraron dos valoraciones: la de los asaltos ($\dot{V}O_2^{as}$), es decir, la del tiempo real en combate, y la global de la competición ($\dot{V}O_2^{comp}$), incluidas las fases de calentamiento, asaltos y reposo.

El cálculo de \dot{V}_{02} en los asaltos y en competición se realizó de acuerdo a las siguientes funciones:

$$\dot{V}O_2^{as} = a + b(FC)$$

$$\dot{V}O_2^{comp} = a + b(FC)$$

donde:

 $\dot{V}O_2^{as}$ = consumo de oxígeno estimado durante los asaltos.

VO₂^{comp} = consumo de oxígeno estimado durante la globalidad de la competición.

a = constante de la regresión lineal.

b = pendiente de la regresión lineal.

(FC) = FC sobre el que se realitza la estimación del consumo de oxígeno.

Considerando que se menospreciaba la deuda del oxígeno en los asaltos, calculamos el consumo de oxígeno neto (VO_{2 neto}) producido por el esfuerzo específico de la competición de esgrima. Este consumo resulta de restar del valor conseguido anteriormente (VO₂^{as}) el consumo de oxígeno basal individual (VO₂^{basal}) y de añadir el gasto en VO₂ correspondiente al componente lactácido (VO₂^{bact}), según el equivalente energético del lactato propuesto por di Prampero (1981). También se determinó el consumo de oxígeno neto del global de la competición. Para conseguirlo restamos de VO₂^{comp} el consumo del oxígeno en situación de reposo (VO₂^{basal}):



$$\dot{V}O_{2\,\text{net}}^{\text{as}} = \dot{V}O_{2}^{\text{as}} + \dot{V}O_{2}^{\text{lact}} - \dot{V}O_{2}^{\text{basal}}$$

$$\text{mL }O_{2} = \text{mL }O_{2} + \text{mL }O_{2} - \text{mL }O_{2}$$

$$\dot{\dot{V}}O_{2\,\text{neto}}^{\text{comp}} = \dot{\dot{V}}O_{2}^{\text{comp}} - \dot{\dot{V}}O_{2}^{\text{basal}}$$

$$\text{mL } O_{2} = \text{mL } O_{2} - \text{mL } O_{2}$$

$$\dot{V}O_2^{\text{basal}} = \dot{V}O_2^{\text{reposo}} \cdot PC \cdot t$$
 $\text{mL } O_3 = (\text{mL } O_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) \cdot \text{kg} \cdot \text{min}$

$$\begin{split} \dot{V}O_2^{lact} &= \left(\Delta[La^-]_s \cdot 3,0 \cdot Pc\right) \\ \\ \text{ml } O_2 &= \{\text{mmol-L}^{-1} \cdot \{(\text{mL } O_2 \cdot kg^{-1}) \cdot (\text{mmol-L}^{-1})^{-1}\} \cdot kg\} \end{split}$$

donde:

 $\dot{V}O_{2\text{ pero}}^{as}$ = consumo de oxígeno neto en los asaltos.

Vo^{bat} = consumo de oxígeno correspondiente a la parte lactácida.

VO₂ = consumo de oxígeno individual correspondiente a cada sujeto en situación de reposo.

 $\dot{V}O_2^{\text{reposo}}$ = 3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (equivalente a 1 MET) (1).

VO^{comp}_{2 neto} = consumo de oxígeno neto en el global de la competición.

P_c = peso corporal de cada sujeto (kg).

t = duración de la valoración (min).

 $\begin{array}{ll} \Delta \text{[La^-]}_s & = \text{ incremento de la lactatemia durante la competición, resultante de restar el valor máximo de lactatemia de los valores de reposo: } \Delta \text{[La^-]}_s = \end{array}$

 $[La^{-\text{max}}_{s} - [La^{-\text{person}}_{s} (\text{mmol} \cdot L^{-1})] \\ \text{I mmol} \cdot L^{-1}[La] \cong 2,7-3,3 \ (\overline{x}=3,0) \ \text{mL O}_{2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{mmol} \cdot L^{-1} \ (2)$

 \cong 3,0 mL $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot mmol \cdot L^{-1}$

Gasto energético

La estimación del gasto energético se realizó en base al cálculo del equivalente calórico del oxígeno, estableciéndose la mencionada equivalencia en 4,838 kcal por cada litro de O_2 consumido. Este valor corresponde al equivalente calórico del oxígeno asumiendo una relación de intercambio respiratorio (R = RER "respiratory exchange ratio") de 0,83. Esta relación entre $\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$ es también conocida com RQ ("respiratory quocient"), pero sólo cuando se mide en una situación de estado estable (3), no siendo el caso durante los combates, en que esta relación es variable según las vías metabólicas alternantes utilizadas. Weir (1949) demostró que el gasto energético puede ser calculado con la precisión suficiente (4) sólo midiendo la ventilación en condiciones STPD y la fracción espiratoria del oxígeno según la ecuación:

$$E = c \cdot \dot{V}_E \cdot [(20.93 - F_E O_2)/100]$$

donde:

E = gasto energético (kcal).

c = equivalente calórico de oxígeno.

 \dot{V}_E = volumen de aire espirado (L, STPD).

 F_{rO_2} = fracción espiratoria de oxígeno.

Tal y como se realiza en la valoración indirecta del consumo de oxígeno, se analiza el gasto energético en dos situaciones: la primera en los asaltos y la segunda en la globalidad de las competiciones según las ecuaciones:

$$\mathsf{E}^{\mathsf{as}} \cong \dot{\mathsf{V}}\mathsf{O}_2^{\mathsf{as}} \cdot 4.838$$

kcal≅LO2 · (kcal·LO2)

$$E^{comp} \cong \dot{V}o_2^{comp} \cdot 4,838$$

kcal ≅ L O₂ · (kcal · L O₂ ·)

Competición autonómica

En esta segunda valoración participaron I 0 sujetos. La metodología fue similar a la utilizada en la prueba internacional, con la única diferencia de que la prueba de esfuerzo en laboratorio fue realizada mediante un analizador telemétrico de gases (K2-Cosmed), que nos permitió realizar un estudio de validación del método (Rodríguez, Iglesias y Tapiolas 1994; Iglesias 1997). donde:

E^{as} = gasto energético durante los asaltos (kcal).

E^{comp} = gasto energético durante la competición (kcal).

 $\dot{V}O_2^{as}$ = consumo de oxígeno durante los asaltos (L O_2).

 \dot{V}_{0}^{comp} = consumo de oxígeno durante la competición (L O_2).

 $4,838 = 4,838 \text{ kcal} \cdot \text{L O}_2^{-1} = \text{equivalente calórico de O}_2 \text{ para una}$

relación de intercambio respiratorio R=0.83 (Fox i col. 1989; Zuntz 1901) (1 kcal = 4.1855 kJ).

⁽¹⁾ Consideramos como valor basal de consumo de oxígeno el equivalente a 1 MET, es decir, 3,5 mL·min⁻¹·kg⁻¹.

⁽²⁾ La búsqueda de un equivalente energético del lactato sanguíneo llevó a los autores como Margaria (1963), Cerretellli (1964) y di Prampero y col. (1978) a proponer un valor entre 2,7 y 3,3 mL O₂·kg⁻¹·mmol⁻¹ en deportistas con diferentes niveles de consumo máximo de oxígeno y en base a los datos experimentales hemos considerado el valor medio (3,0 mL O₂·kg⁻¹·mmol⁻¹) como el equivalente energético del lactato acumulado en sangre. A pesar de que el estudio de di Prampero fue realizado en pruebas de carácter continuo –carrera, natación y ciclismo– asumimos el error ya existente ya que el autor la considera lo suficientemente válida también para esfuerzos submáximos.

⁽³⁾ O de reposo (Fox, Bowers y Foss 1989).

⁽⁴⁾ Según Weir (1949), el error en no medir el CO_2 es, como mucho, de \pm 0,5%.

Realizados los cálculos de la estimación del gasto energético, y gracias al control temporal llevado a cabo durante toda la recogida de datos, procedimos a valorar la potencia energética (É) de los esgrimistas en las mismas condiciones que las descritas en el apartado anterior y aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\label{eq:calmin-decomposition} \begin{split} \dot{E}^{as} &\cong \dot{V} \bigcirc_2^{as} \cdot 4,838 \cdot t^{-1} \\ \text{kcal-min}^{-1} &\cong Lo_2 \cdot (\text{kcal-L} \ o_2^{-1}) \cdot \text{min}^{-1} \end{split}$$

$$\dot{\mathsf{E}}^{\mathsf{comp}} \cong \dot{\mathsf{V}}_{\mathsf{O}_{2}}^{\mathsf{comp}} \cdot \mathsf{4,838} \cdot \mathsf{t}^{-\mathsf{I}}$$

$$\mathsf{kcal\cdot min^{-\mathsf{I}}} \cong \mathsf{Lo}_{2} \cdot (\mathsf{kcal\cdot Lo}_{2}^{-\mathsf{I}}) \cdot \mathsf{min}^{-\mathsf{I}}$$

donde

É^{as} = potencia energética en los asaltos (kcal·min⁻¹) (5).
 É^{comp} = potencia energética durante la competición (kcal·min⁻¹).
 Vo^{as} = consumo de oxígeno durante los asaltos (L O₂).
 Vo^{comp} = consumo de oxígeno durante la competición (L O₂).
 4,838 = 4,838 kcal · L O₂⁻¹ = equivalente calórico de O₂ para una relación de intercambio respiratorio R = 0,83 (Fox i col. 1989; Zuntz 1901)
 t = tiempo de esfuerzo (min⁻¹)

Supuestos y limitaciones

En la determinación del consumo de oxígeno se presenta un método indirecto en el que el consumo de oxígeno es estimado en cada uno de los tiradores mediante la ecuación de regresión lineal $\dot{V}O_2$ = a+b (FC), obtenida en una prueba de esfuerzo progresiva en cinta rodante. Esta metodología indirecta ha sido utilizada en estudios sobre el gasto energético de actividades laborales (Åstrand y Rodahl 1986; pp. 332-334) y, como ha sido descrito en diferentes estudios, puede ser aplicada también como método de medida indirecta del gasto energético en actividades deportivas intermitentes (di Prampero 1981; Fox y col. 1989; Pinnington y col. 1990). Previamente a la descripción de la metodología y resultados hay que considerar las siguientes limitaciones en el estudio presentado:

- La competición comporta un aumento del componente emocional con un incremento del tono simpaticoadrenérgico y de la secreción de catecolaminas y, por lo tanto, la respuesta funcional ante los requerimientos físicos en competición puede verse alterada (Hoch y col. 1988; Markowska y col. 1988).
- El incremento de la FC por el factor competitivo, añadido a la deuda de oxígeno que se puede acumular en las diferentes fases de la competición, puede introducir un factor de

- error que limita la fiabilidad de la estimación del consumo de oxígeno. Considerando que los períodos de tensión emocional son proporcionalmente cortos en relación a los períodos de descanso entre asaltos, pensamos que el efecto sobre el componente energético, en una valoración global de la competición de esgrima, debe ser reducido.
- En la valoración indirecta del VO₂ se ha evaluado el consumo de oxígeno en base a los registros de FC de los asaltos y de la globalidad de la competición. En el diseño del estudio se pretendía incorporar en la determinación del consumo de oxígeno de los asaltos (VO₂ comp) la cuantificación de la deuda de oxígeno, pero la variabilidad existente en las pausas entre asaltos hacía que, en muchos combates, la deuda de oxígeno de un asalto no fuese completo al sobreponerse la deuda de un asalto con el inicio del siguiente. La decisión fue establecer dos medidas de consumo de oxígeno: la de los asaltos (VO₂ n, valorando el gasto real producido en los mismos, y la de competición (VO₂ n), en la que se incluye todo el consumo de oxígeno producido en competición, incluida la deuda, a pesar de que no se llegue a precisar el volumen de esta deuda en cada asalto.
- La relación VO₂-FC individual durante el esfuerzo se establece mediante una prueba continua y progresiva sobre la cinta rodante, mientras que la competición presenta una demanda funcional variable e intermitente. Se asume que la variabilidad de esta relación no es significativa a efectos de cálculo energético. No obstante, Åstrand y Rodahl (1986) consideran que la fiabilidad de esta estimación es adecuada para todos los propósitos prácticos de la investigación de campo en la mayoría de los casos. Para verificar esta afirmación diseñamos un experimento de medida directo del VO₂ en entrenamientos para eventualmente validar esta metodología (Rodríguez y col. 1994). Los resultados (Iglesias 1997) serán publicados en futuros trabajos.
- En la estimación del VO₂ hemos considerado como nivel basal de consumo de oxígeno individual el valor de 1 MET (3,5 mL·kg⁻¹·min⁻¹).
- La prueba de esfuerzo realizada para conseguir la ecuación de regresión lineal se realizaba en un margen de ± 3 a 7 días. En este período el esgrimidor se comprometía a no modificar significativamente, con el entrenamiento, la condición física y por lo tanto la relación VO₂-FC podía aplicarse a los registros de la FC en competición con un reducido margen de error.

Resultados

La primera fase del estudio fue realizada en el transcurso de una prueba internacional. Los valores medios de lactatemia obtenidos

⁽⁵⁾ Se presentan los resultados en kcal·min⁻¹. Para otras valoraciones de potencia energética se realizan las transformaciones según la equivalencia de 1 watt = 0,014335 kcal·min⁻¹, o al revés, 1 kcal·min⁻¹ = 69,759 watt (Fox y col. 1989, p.64).



en competición fueron de 3,7 mmol·L⁻¹(de = 1,1), con valores extremos de 1,8 y 6,4 mmol·L⁻¹. Los promedios de las diferentes eliminatorias presentaron valores similares. no observándose, contrariamente en los registros de FC, un incremento progresivo a medida que la competición avanzaba, ni siendo significativa la comparación de los promedios obtenidos en las diferentes fases de la competición.

La valoración en laboratorio del consumo máximo de oxígeno manifestó valores elevados de $\dot{V}O_{2max}$ en la muestra masculina ($\bar{x}=64.8~\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; de = 7,1) y resultados inferiores en las floretistas ($\bar{x}=49.2~\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$; de = 7,3). En la interpretación de los resultados expuestos se deberá tener presente que de los 7 espadistas de la muestra 3 eran pentatletas del equipo olímpico español. De los resultados de la prueba de esfuerzo hay que destacar la relación FC- $\dot{V}O_2$ individual de cada uno de los sujetos de la muestra, que determinó la ecuación y la recta de regresión individual que permitía estimar el consumo de oxígeno en situación de competición (Figura 1). En los trece sujetos se dieron elevados niveles de correlación entre los valores de FC y $\dot{V}O_2$ (0,964 $\leq r \leq$ 0,998).

El cálculo de las trece rectas de regresión (Figura 2) posibilitó, siguiendo el método descrito, valorar de forma indirecta el consumo de oxígeno de los esgrimistas en competición internacional. Este fue, en valores medios, de 47,3 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (de = 9,3), presentando los hombres (n = 7) valores superiores (\bar{x} = 53,9 mL·kg⁻¹·min⁻¹; de = 4,4) a los estimados en las mujeres (n = 6) (\bar{x} = 39,6 mL·kg⁻¹·min⁻¹; de = 7,2).

En la estimación del consumo de oxígeno valoramos la demanda específica en los asaltos (Tabla I), así como en la globalidad de la competición (Tabla 2). En términos absolutos y relativos, como es comprensible, los valores de la globalidad de la competición del consumo de oxígeno por unidad de tiempo fueron inferiores a los de la valoración exclusiva de los asaltos con un alto nivel de significación (p<0,001), siendo, con una confianza del 95%, la diferencia entre 1202 y 1960 mL·min⁻¹.

Al analizar la duración de los asaltos en el conjunto de la competición consideramos de interés cuantificar la parte total del consumo de oxígeno estimado en competición correspondiente a la realización de los asaltos ($\dot{V}o_2^{as}$). Tanto en la estimación del $\dot{V}o_2^{as}$ (Tabla 3) como en el $\dot{V}o_2^{comp}$ (Tabla 4) se detectaron valores superiores en la muestra masculina en relación a la femenina, calculándose un promedio global de consumo de oxígeno en la competición de 438 L de O_2 (de = 265), de los cuales I 61 L de O_2 (de = 102) correspondían a la disputa de los asaltos.

La segunda competición que estudiamos fueron los Campeonatos de Catalunya absolutos de esgrima de 1993. El promedio del consumo máximo de oxígeno registrado en la prueba de esfuerzo de los 10 sujetos de la muestra (8 hombres y 2 mujeres) fue de 53,7 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (de = 9), valores sensiblemente inferiores a los determinados en la prueba del esfuerzo de la estimación del $\dot{V}O_2$ en la prueba internacional ($\bar{x}=57,6$ mL·kg⁻¹·min⁻¹; de = 10,7). En la programación del estudio consideramos interesante que tres de los

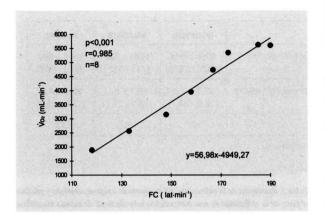


Figura 1. Recta de regresión del consumo de oxígeno en función de la FC obtenida en una prueba de esfuerzo sobre cinta ergométrica en uno de los esgrimistas.

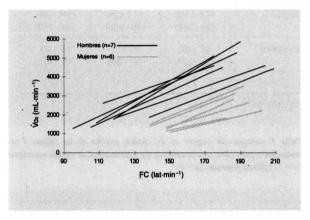


Figura 2. Rectas de regresión individuales de los trece sujetos de la muestra, correspondientes a la relación consumo de oxígeno-FC.

	HOMBRES	MUJERES	GLOBAL
	4021 ± 423	2210 ± 545	3185 ± 1047
Vo₂ ^{as} estimado (mL·min ⁻¹)	(3356 - 4528)	(1538 - 2908)	(1538 - 4528)
Vo₂as estimado (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	53,9 ± 4,4	39,6 ± 7,2	47,3 ± 9,3
	(47,9 - 62,0)	(30,2 - 51,0)	(30,2 - 62,0)
Sujetos (n)		B 4 5 6	13

Tabla 1. Resultados de la estimación del consumo de oxígeno, absoluto y relativo al peso, en los asaltos, exentos de las pausas y calentamiento entre ellos, en una competición internacional de espada masculina (n = 7) y florete femenino(n = 6).

	HOMBRES	MUJERES	GLOBAL
	2066 ± 544	1064 ± 326	1603 ± 680
Vo₂ ^{comp} estimado (mL·min ⁻¹)	(1226 - 2879)	(711 - 1581)	(711 - 287)
Vo2 ^{comp} estimado (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	27,8 ± 7,0	19,1 ± 5,1	23,8 ± 7,4
	(15,8 - 34,7)	(13,9 - 27,7)	(13,9 - 34,7)
Sujetos (n)	7	6	13

Los datos son: $\bar{x} \pm de$ (min-max).

Tabla 2. Resultados de la estimación del consumo de oxígeno, absoluto y relativo al peso, de la globalidad de una competición internacional de espada masculina (n = 7) y florete femenino (n = 6).

	HOMBRES	MUJERES	GLOBAL
Vo2 estimado (L)	191 ± 107	125 ± 93	161 ± 102
	(41 - 341)	(49 - 289)	(41 - 341)
Vo _{2 neto} estimado (L)	179 ± 100	115 ± 86	149 ± 96
	(39 - 318)	(46 - 266)	(39 - 318)
Tiempo en asaltos (min)	46 ± 23	53 ± 27	49 ± 25
	(22 - 107)	(11 - 86)	(11 - 107)
Sujetos (n)	7	6	13

Los datos son: $\bar{x} \pm de$ (min-max).

Tabla 3. Consumo de oxígeno en los asaltos, exentos de las pausas y calentamiento entre ellos, en una competición internacional de espada masculina (n = 7) y florete femenino (n = 6).

	HOMBRES	MUJERES	GLOBAL
Vo ₂ ^{comp} estimado (L)	588 ± 271	263 ± 105	438 ± 265
	(254 - 951)	(188 - 470)	(188 - 951)
Vo ^{comp} _{2 neto} estimado (L)	511 ± 246	206 ± 94	370 ± 243
	(227 - 855)	(146 - 390)	(146 - 855)
Tiempo competición (min)	294 ± 113	292 ± 64	292 ± 94
	(169 - 369)	(111 - 421)	(111 - 421)
Sujetos (n)	7	6	13

Los datos son: $\bar{x} \pm de$ (min-max).

Tabla 4. Consumo de oxígeno, total y neto, en la globalidad de una competición internacional de espada masculina (n = 7) y florete femenino (n = 6).

tiradores compitiesen en dos modalidades diferentes (la espada y el florete), realizándose posteriormente el análisis comparativo de sus resultados en las diferentes fases eliminatorias (Figura 3). No se detectaron diferencias significativas en el apareamiento de los promedios del consumo de oxígeno en las diferentes fases eliminatorias. Se detectó un alto nivel de correlación entre los valores de cada sujeto en las dos modalidades (r = 0.90; p<0.05).

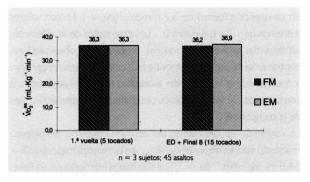


Figura 3. Medias de la estimación del consumo de oxígeno durante los asaltos de tres tiradores en competición de florete (FM) y espada (EM). Las diferencias no son significativas (p > 0,05).

La estimación del consumo de oxígeno en los Campeonatos de Catalunya absolutos presentaron un pròmedio global de 36,0 mL·kg¹·min¹ (de = 6,3) con valores muy similares en las diferentes fases eliminatorias (Tabla 5). Los promedios globales y por género son inferiores a los de la prueba internacional. En la valoración individual realizada sujeto a sujeto determinamos la intensidad del trabajo en los asaltos en base al $\dot{V}O_{2max}$ estimado en cada sujeto observándose valores medios en el transcurso de todos los asaltos de entre el 55,6 y el 77,4% del $\dot{V}O_{2max}$, mientras que si se determinábamos los valores máximos del consumo de oxígeno que cada esgrimista conseguía en la disputa de los asaltos encontrábamos valores muy elevados que iban del extremo inferior del 75,3% del $\dot{V}O_{2max}$ al superior, muy próximo al máximo, del 99,6% del $\dot{V}O_{2max}$.

Se presentan los valores de gasto energético y potencia energética estimadas en base a los valores de consumo de oxígeno estimados en el transcurso de la competición internacional (Tabla 6). Al valorar el consumo energético medio producido en un asalto de esgrima a cinco tocados, a un máximo de 5 minutos -en esta competición presentó una duración de 3,6 min (de = 0,9) reales de promedio-, el gasto estimado fue de 56,6 kcal (de =23,8) en asaltos. Esta demanda se produce por los 11,6 L de O_2 (de = 4,9) de promedio de consumo por asalto que se estimaron en esta prueba internacional en que cada sujeto disputó un promedio de 13 asaltos (de = 6). La potencia energética en competición, durante la realización de los differentes asaltos, fue de 15.4 kcal·min⁻¹ (de = 5.1) (Tabla 6). Finalmente introdujimos el cálculo de la potencia energética en las diferentes actividades incluidas en el estudio de consumo de oxígeno como fueron la prueba internacional, los Campeonatos de Catalunya y unos asaltos de entreno con el analizador telemétrico

Discusión

Para Fox y col. (1989) el registro telemétrico de la FC permite evaluar el $\dot{V}O_2$ de muchas actividades físicas y deportivas que, sin su ayuda, serían difícilmente medibles. La relación individual de la FC con

(Iglesias 1997). Los resultados se presentan en la tabla 7.



el VO2 ha sido utilizada por diferentes autores en la mejora del conocimiento de la respuesta funcional en algunos deportes y actividades físicas (Acheson y col. 1980 (6); Ekblom 1986; Washburn y Montoye 1986 (6); Kalwarf y col. 1989 (6); Cucullo y col. 1987; Yzaguirre y col. 1989; Pinnington 1988, 1990; Livingston y col. 1990; Bangsbo 1994; Rodríguez, Iglesias y Tapiolas 1995; Rodríguez e Iglesias 1995; Rodríguez, Iglesias y Artero, 1995; Rodríguez, Iglesias, Marina y Fadó, 1997; Montoye y col. 1996). Considerado como uno de los principales índices de demanda fisiológica y dada la dificultad de su valoración, el consumo de oxígeno ha sido analizado mediante diferentes métodos de estimación. Cucullo y col. (1987) aplicaron fórmulas para determinar el consumo máximo de oxígeno en pruebas de esfuerzo utilizando la potencia de trabajo y la FCmax individual como principales variables. Los resultados dieron valores subestimados en comparación a los valores reales utilizados en la prueba de control. Pinnington y col. (1988, 1990) aplicaron un modelo de estimación en partidos de waterpolo basado en la relación lineal Vo₂-FC en una prueba de esfuerzo previa en medio acuático. Lavoie, Léger y Marini (1988) estimaron el consumo de oxígeno en asaltos de entrenamiento de esgrima gracias a un método de retroextrapolación en base a los gases espirados al final de los asaltos. Registraron unos valores medios de 44 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (de = 10), que correspondían al 70% del VO_{2max} de los espadistas evaluados. La valoración directa es, hoy en día, inviable en la esgrima de competición. Con la intención de conseguir mayor información sobre las necesidades funcionales de este deporte, y con la finalidad de validar el método expuesto, se llevó a cabo un estudio de validez de la estimación del consumo de oxígeno (Iglesias 1997) que en estos momentos se incluye en una línea de búsqueda del conjunto de actividades físicas de carácter intermitente (Rodríguez y col. 1994, 1995, 1997, 1998). Los datos obtenidos muestran cómo la aplicación del método indirecto comporta una sobreestimación de entre el 19% (CI 95%: 59-103 mL·min⁻¹) y el 33% (CI 95%: 465-527 mL·min-1) de los valores reales en función de la especialidad de la relación Vo₂-FC en que se determina la estimación (Iglesias 1997). Estos valores son superiores a los observados en un estudio previo realizado en futbolistas (Rodríguez e Iglesias, 1998), donde la sobreestimación del consumo de oxígeno era del 15% de media. El consumo máximo de oxígeno de los tiradores en las pruebas de esfuerzo coincide con los valores de la literatura en diferentes poblaciones de esgrimistas (Tabla 8), observándose un consumo máximo superior en la muestra masculina (x = 55,5-70,9 mL· kg^{-1} ·min⁻¹) en relación a la femenina ($\bar{x} = 6.3-49.2 \text{ mL·kg}^{-1}$ ·min⁻¹). Las características diferenciales, determinadas por la desigualdad en la composición corporal y las capacidades funcionales de los dos géneros, condiciona una menor utilización del Vo, en las mujeres en relación a los hombres, y un Vo_{2max} menor (Faina 1990;

	1 VUELTA	ELIMINACIÓN DIRECTA	FINAL 8	GLOBAL
Vo ₂ estimado (mL·min ⁻¹)	2586 ± 240 (794 - 3930)	2597 ± 296 (863 - 3759)	2812 ± 276 (982 - 4316)	2655 ± 251 (794 - 4316)
Vo₂ estimado (mL·kg⁻¹·min⁻¹)		36,2 ± 5,4 (12,5 - 55,3)	39,2 ± 4,8 (14,2 - 66,4)	37,3 ± 4,8 (12,2 - 66,4)
Duración asaltos (min)	3,2 ± 0,7	8,8 ± 4,2	13,0 ± 5,3	5,7 ± 1,1
Total de asaltos (n)	51	6	16	73

Los datos son: $\bar{x} \pm de$ (min-max).

Tabla 5. Estimación del consumo de oxígeno en competición real de esgrima (Campeonatos de Catalunya absolutos masculinos 1993; n = 10)

E ^{ss} total (kcal)	E ^{comp} total (kcal)	E por asalto (kcal)	Ė ^{ss} (kcal·min ⁻¹)	Ė ^{comp} (kcal·min ⁻¹)
	Fic	prete femenino (n =	: 6)	
605 ± 449	1270 ± 509	39,6 ± 18,9	10,7 ± 2,6	4,3 ± 1,7
(239 - 1396)	(911 - 2274)	(17,9 - 73,5)	(7,4 - 14,1)	(3,1 - 7,8)
	Esp	pada masculina (n	= 7)	
924 ± 516	2847 ± 1313	71,2 ± 17,4	19,5 ± 2,0	9,7 ± 4,5
(198 - 1647)	(1228 - 4601)	(49,4 - 93,9)	(16,2 - 21,9)	(4,2 - 15,7)
		Global (n = 13)		
777 ± 495	2119 ± 1280	56,6 ± 23,8	15,4 ± 5,1	7,2 ± 4,4
(198 - 1647)	(911 - 4601)	(17,9 - 93,9)	(7,4 - 21,9)	(3,1 - 15,7)

Los datos son: $\bar{x} \pm de$ (min-max).

Tabla 6: Valores medios del gasto energético (E, kcal) estimado en la totalidad de los asaltos (E^{uv}), en el global de la competición (E^{comp}) y la media por asalto (E). Se exponen también los valores de potencia energética en los asaltos (\dot{E}^{uv}) y en la globalidad de la competición (\dot{E}^{comp}).

	Library Charge	Ė*	
	(kcal·min ⁻¹)	(kJ·min ⁻¹)	(kcal·kg·min ⁻¹)
Competición internacional (Valores estimados, n = 13)	15,4 ± 5,1	64,5 ± 21,2	0,23 ± 0,04
Campeonatos de Catalunya (Valores estimados, n = 12)	12,3 ± 2,0	51,6 ± 8,5	0,17 ± 0,03
Asaltos de entrenamiento (Valores estimados, n = 10)	9,8 ± 2,0	41,1 ± 8,4	0,14 ± 0,03
Asaltos de entrenamiento (Valores reales, n = 10)	7,4 ± 1,0	30,8 ± 4,1	0,10 ± 0,01

Los datos son: $\bar{x} \pm de$ (min-max).

Tabla 7. Comparación de la potencia energética (É, kcal·min⁻¹, kJ·kg⁻¹·min⁻¹) estimada en los asaltos de entrenamiento y en competiciones de diferente nivel. Los valores de los asaltos de entrenamiento se estiman en base a registros reales de consumo de oxígeno.

Platonov 1991).

POBLACIÓN	NIVEL	ARMA	GÉNERO	SUJETOS	VO₂ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	AUTORES
Consumo máximo	o de oxígeno determinado en labo	ratorio (VO _{2max})	- 130 38 70 7	CONTRACTOR AND TO	F-1.0\146
Brasil	Equipo nacional	E,F,S	М	18	53,3	De Rose y Teixeira, 1975
Francia	Heterogéneo	E,F,S	м	7	40,1	Macarez, 1978
Canadá	Equipo nacional	Е	М	10	59,5	Lavoie y col., 1984
Canadá	Heterogéneo	E	м	12	54,5	Lavoie y col., 1984
Cuba	Equipo nacional	E,F,S	м	16	56,6	Díaz, 1984
Italia	Heterogéneo	Е	М	33	47,1	Roi y Mognoni, 1987
Canadá	Equipo nacional	Е	М	8-10	62,7	Lavoie y col., 1990
Catalunya	Heterogéneo	E,F,S	М	17	55,5	Iglesias y Cano, 1990
Suecia	Equipo nacional	Е	М	6	67,3	Nyström y col., 1990
España	Equipo nacional	E,F,S	М	16	56,5	Iglesias y Rodríguez (1)
España	Equipo nacional	F	F	4	46,3	Iglesias y Rodríguez (1)
España	Heterogéneo	Е	м	4	60,2	Iglesias y Rodríguez (1)
España	Equipo olímpico pentatión	Е	М	3	70,9	Iglesias y Rodríguez (1)
España	Heterogéneo	F	F	6 9 8	49,2	Iglesias y Rodríguez (1)
Catalunya	Heterogéneo	E,F,S	М	8	55,5	Iglesias y Rodríguez (1)
Catalunya	Heterogéneo	E	F	2	47,9	Iglesias y Rodríguez (1)
Consumo máximo	o de oxígeno estimado en asaltos	de competició	n (VO _{2max})			
España	Heterogéneo	E.	М	4	60,9	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
España	Equipo olímpico pentatión	E	М	3	75,0	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
España	Espadistas y pentatletas	E	М	7	67,0	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
España	Heterogéneo	F	F	6	51,6	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
Catalunya	Heterogéneo	E,F,S	м	10	50,6	Iglesias y Rodríguez (1) (3)
Catalunya	Heterogéneo	E	F	2	42,9	Iglesias y Rodríguez (1) (3)
Consumo de oxíg	jeno estimado en asaltos de comp	etición (VO ₂)			ex stagehord and	many's region of the
Canadá	Heterogéneo	i E	M	8	44,0	Lavoie y col., 1988
España	Heterogéneo	E	М	4	51,7	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
España	Equipo olímpico pentatión	E	M	3	59,2	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
España	Espadistas y pentatletas	E	М	7	53,9	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
España	Heterogéneo	FFF	F	6	39,6	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
Catalunya	Heterogéneo	E,F,S	М	10	37,3	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
Catalunya	Heterogéneo	E	F	2	29,7	Iglesias y Rodríguez (1) (2)
Consumo de oxíg	jeno estimado en una prueba de e	sfuerzo espec	ífica de esgrim	a (cinta rodante		of the desired the administration
Canadá	Equipo nacional	Pentatión	М	5	50,4	Seyfried, 1989
Consumo máxim	o de oxígeno mesurado en asalto	s de entrenam	iento (Vo _{2mex})		Co. Sept. Dept. of the Co.	TV 1925 3 - 1927 Y 1927 193
Catalunya	Heterogéneo	E,F,S	M	8	40,2	Iglesias y Rodríguez (1) (4)
Catalunya	Heterogéneo	E,F	F	2	36,5	Iglesias y Rodríguez (1) (4)
	mo de oxígeno en asaltos de entre		2)	577.08		
Catalunya	Heterogéneo	E,F,S	M	8	29,4	Iglesias y Rodríguez (1) (4)
Catalunya	Heterogéneo	E,F	F	2	27,6	Iglesias y Rodríguez (1) (4)

⁽¹⁾ Datos extraídos del presente estudio. (2) Datos relativos al consumo de oxígeno estimado en una prueba internacional absoluta de EM y FF. (3) Datos relativos al consumo de oxígeno estimado en los Campeonatos de Catalunya en las 5 armas. (4) Datos relativos al consumo de oxígeno real en asaltos de entrenamiento en les 5 armas (Iglesias 1997).

Taula 8. Resumen de diferentes mediciones del consumo de oxígeno en laboratorio y durante la práctica de la esgrima en asaltos en competición real y simulada.



En la prueba internacional se registraron unos valores medios de $47.3 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (de = 9.3) que en términos absolutos representarían un consumo de 3.185 mL·min-1 (de = 1.047). Los valores medios son próximos a los descritos por Lavoie y col. (1988), pero en el análisis por géneros observamos que mientras el promedio de los floretistas es de 39,6 mL·kg⁻ⁱ·min⁻ⁱ (de = 7,2) (\bar{x} = 2.210 mL·min⁻¹, de = 545), los espadistas presentan registros superiores (p<0,001) en los asaltos, siendo el promedio de 53,9 mL·kg⁻¹·min⁻¹ $(\bar{x} = 4.02 \, \text{l mL·min}^{-1}; \text{ de} = 423)$, valores superiores a los descritos por los mencionados autores en los espadistas canadienses (x = 3.168 mL·min⁻¹; de = 720). La sobreestimación detectada en la aplicación del método (Iglesias 1997), mediante la relación de los parámetros de FC y consumo de oxígeno en una prueba de esfuerzo continua y progresiva, podría ser uno de los factores que condicionase la elevación de los valores estimados en nuestro estudio en relación al trabajo de Lavoie y col. De hecho, la sobreestimación del consumo de oxígeno y del gasto energético en base a los registros de FC en actividades donde puede haber un trabajo estático alternado con ejercicio ha sido reconocido por Saris y col. (en Montoye y col. 1986; pp. 102-103).

La cinética del consumo de oxígeno provoca en la actividad física de elevada intensidad una deuda de oxígeno motivada por la desproporción existente entre el suministro de oxígeno y las demandas en el curso de la actividad realizada. Esta deuda presenta dos fracciones: aláctica y láctica (Margaria y col. 1933). Considerando los bajos niveles de lactatemia registrados en las competiciones y entrenamientos de esgrima, hemos de suponer que la mayor parte de la deuda de oxígeno producida por la actividad esgrimística corresponde a la fracción aláctica del mismo. Esto sin olvidar la influencia del volumen muscular implicado en las acciones propias de la esgrima y las características temporales que permiten amplios tiempos de intensidad baja alternados con picos de elevada intensidad (actividad intermitente). La proximidad entre los valores de consumo máximo de oxígeno en los asaltos y los registrados en el laboratorio, coincide con el trabajo de Ekblom (1986) realizado en fútbol. En este mismo deporte, sin embargo, hay autores (Vogelaere y col. 1985) que no comparten la utilización de la FC como variable para la valoración indirecta del consumo de oxígeno al considerar variables extrañas, como el estrés o la temperatura, que pueden influir en la estimación.

Las características de la esgrima, en donde los esfuerzos intensos alternan con tiempos prolongados de pausas totales o de acciones más aeróbicas, implican una elevada demanda del metabolismo aláctico en la ejecución de las acciones explosivas.

El gasto energético ha sido calculado siguiendo los modelos y conversiones descritos en la literatura por diferentes autores (Fox y col. 1989; Lavoie y col. 1988; Seyfried 1989; Gallozzi y col. 1992; Serra y col. 1995, basando el cálculo energético en los valores de consu-

mo de oxígeno estimados en competición real y multiplicándolos por el equivalente calórico del oxígeno cifrado en 4,838 kcal por litro de O_2 (asumiendo un R = 0.83; Fox y col. 1989; Zuntz 1901). Si contrastamos el promedio global de la muestra de esgrimistas $(\bar{x} = 15.4 \text{ kcal·min}^{-1}; \text{ de} = 5.1)$ observamos que los resultados son casi coincidentes a los descritos por Lavoie y col. (1988), que determinaron un gasto medio de 15,5 kcal·min-1 (de = 3,6) en una muestra masculina de espadistas. En los espadistas de nuestro estudio estimamos valores superiores (19,5 kcal·min⁻¹) a los de Lavoie y col., pero próximos a los descritos por Seyfried (1989) en una muestra de espadistas, pentatletas en una simulación competitiva (17,8 kcal·min⁻¹). Al analizar los asaltos de entrenamiento se han registrado valores muy inferiores -9,8 kcal,min⁻¹ (de = 2) según los valores estimados y de 7,4 kcal·min⁻¹ (de = 1) según los registros telemétricos de consumo de oxígeno- que coinciden con los presentados por Díaz (1981) (7) en entrenamiento (6,9 kcal·min-1). El análisis comparativo de los datos experimentales con los existentes en la literatura permite observar valores más altos en la potencia energética del presente trabajo, concretamente en la muestra masculina, que pueden obedecer a los siguientes factores:

- De los diferentes estudios relacionados, el nuestro es el único realizado en competición real. La competición provoca unos niveles de exigencia física incrementados por la carga emocional, ausente o por lo menos de menor incidencia, en prueba simuladas.
- De los espadistas de la muestra, tres eran pentatletas de alto nivel internacional.
- La estimación del consumo de oxígeno, con la sobreestimación expuesta, es la base sobre la cual se ha calculado el gasto energético, con lo cual, a toda sobrestimación de VO₂ le corresponde una sobrestimación del gasto energético.
- El factor de conversión del equivalente del coste energético de oxígeno utilizado por Lavoie y col. (1 L de O₂ = 4,825 kcal) es ligeramente inferior al utilizado por nosotros (4,838 kcal), hecho que provoca la obtención de valores inferiores de gasto energético a igual consumo de oxígeno.
- Otros factores de influencia, como las condiciones ambientales, que no fueron coincidentes en los diferentes estudios:
 Viru (1994) destaca que la FC está influenciada por factores emocionales y ambientales como la temperatura y la humedad.

Los resultados expuestos corroboran con matizaciones las conclusiones de Díaz (1981) que otorgaba a la esgrima altas demandas energéticas del sistema anaeróbico aláctico y del sistema aeróbico, así como en el trabajo de autores soviéticos (Kaul 1970; Pavlenco 1976; Vitoskin y Westakou 1978, en Díaz 1981) que evi-

⁽⁷⁾ Los datos hacen referencia a un estudio longitudinal realizado por Díaz (1981), en una población de esgrimistas cubanos (no se especifica el sexo ni el arma, tan sólo que 7 de los 12 tiradores eran espadistas masculinos). El autor utiliza como equivalente energético la cifra de 1 L de $O_2 = 2,9$ kcal, considerando que es la cifra media entre los equivalentes láctico y aláctico.



Foto: Xavier Iglesias.

denciaban considerables exigencias del sistema energético, particularmente del consumo de oxígeno en entrenamientos y competición.

En el momento de realizar la valoración comparativa de los resultados en hombres y mujeres hay que considerar las diferencias funcionales que Guyton (1992) cuantifica, a grandes rasgos, en 2/3 a 3/4 en casi todos los parámetros fisiológicos. Ulmer (1993) expone que, ya en condiciones basales, existen diferencias en la potencia energética de hombres y mujeres, siendo en los primeros de 1,2 kcal·min⁻¹ (85 W) y en las mujeres de 1,1 kcal·min⁻¹ (76 W) (8). El conocimiento del gasto energético de los esgrimistas en competición, a pesar de no ser de la relevancia con que puede serlo en deportes de resistencia de larga duración, puede contribuir a la mejora de la organización del entrenamiento, así como de las pautas nutricionales que los tiradores deben practicar en todas las competiciones, dada su duración, que puede oscilar, en función de los sistemas de competición, entre 5 y 8 horas.

Conclusiones

- En relación al VO_{2max} individual registrado en la prueba de esfuerzo, la intensidad individual en los asaltos osciló entre el 56 y el 74% del VO_{2max}, situándose los valores máximos en competición entre el 75 y el 99% del consumo máximo de oxígeno.
- Los valores del consumo de oxígeno en los asaltos de las floretistas ($\bar{x} = 39.6 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) son inferiores (p<0,001) a los de los espadistas ($\bar{x} = 53.9 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$), mostrando

- éstos niveles de $\dot{V}O_2$ en los asaltos superiores a los descritos en la literatura (Lavoie y col. 1988)
- Considerando los bajos niveles de lactatemia de las competiciones y entrenamientos de esgrima, deducimos que la mayor parte de la deuda de oxígeno producido por la actividad esgrimística se corresponde a la fracción aláctica del mismo.
- La potencia energética (É) en asaltos de competición presentó valores superiores (p<0,001) en la muestra de hombres (x̄ = 19,5 kcal·min⁻¹; de = 2) en comparación a las mujeres (x̄ = 10,7 kcal·min⁻¹; de = 2,6).</p>
- En el conjunto de esgrimistas, hombres y mujeres, la potencia energética presenta valores superiores en una competición internacional (15,4 kcal·min⁻¹) en relación a una autonómica (12,3 kcal·min⁻¹), así como superioridad en los registros de competición respecto a los entrenamientos (9,8 kcal·min⁻¹).
- Del análisis en competición destaca la variabilidad de la respuesta funcional de los esgrimistas dada la influencia de factores como la adaptación cardiocirculatoria individual, importancia de la competición, eliminatoria registrada, nivel del rival, dinámica competitiva, arma y género.
- Los resultados expuestos en el trabajo son consistentes con los datos comparables de la literatura, definiendo para la esgrima demandas energéticas medianamente elevadas del sistema anaeróbico aláctico y del sistema aeróbico, con considerables exigencias de los sistemas energéticos en entrenamiento y competición.

Bibliografía

- ÅSTRAND P. E., RODAHL K. (1992), Fisiología del trabajo físico. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- BANGSBO J. (1994), "Physiological demands". En: Ekblom B (ed): Handbook of Sports Medicine and Science. Football (soccer). IOC Medical Comission. London: Blackwell Scientific Publications.
- CHAPANIS A. (1967), "The relevance of laboratory studies to practical situations". *Ergonomics* 10: 557-577.
- CONCU A., MARCELLO C., ROCCHITTA A., CIUTU C., ESPOSITO A. (1992), "Telemetric measurement of heart-rate-matched oxygen consumption during volleyball games". *Medical Science-Research* 20: 243-245.
- CUCULLO J. M., TERREROS J. L., LAYUS F., QUÍLEZ J. (1987), "Prueba ergométrica indirecta. Metodología para el cálculo óptimo de VO_{2max} en ciclistas". Apunts Medicina de l'Esport 93: 157-162.
- (8) El autor presenta los resultados en W y propone para las transformaciones las siguientes equivalencias: 0,28 W = 0,239 kcal·h·1 (Ulmer 1993).



- DÍAZ J. A. (1981), Fundamentos pedagógicos y fisiológicos del entrenamiento de los esgrimistas. La Habana: Científico Técnica.
- DI PRAMPERO P. E. (1981), "Energetics of muscular exercise". Rev. *Physiol. Biochem. Pharmacol.* 89: 143-222.
- DUMAS J. P., D'ATHIS P., KLEPPING J., FOUILLOT J. P. (1980), "Étude sur le terrain des réactions endocriniennes et cardiaques à l'effort". Médicine du Sport 54: 27-32.
- EKBLOM B. (1986), "Applied physiology of soccer". Sports Medicine 3: 50-60.
- FAINA M., GALLOZZI C., MARINI C., COLLI R., FANTON F. (1989), Energy cost of several sport disciplines by miniaturized telemetric O₂ intake measurement. Colorado Springs, IOC World Congres on Sport Sciences 38: 1-2.
- FOX E. L., BOWERS R. W., FOSS M. L. (1989), The physiological basis of physical education and athletics. Dubuque (lowa): Brown Publishers.
- FOX E. (1984), Fisiologia del deporte. Buenos Aires: Ed. Médica Panamericana.
- GALLOZZI C., DE ANGELIS M., FANTON F., DAL MONTE A. (1992), Il costo energetico nella vela. Rivista di Cultura Sportiva 27: 19-21
- GUYTON A. C. (1992), Tratado de fisiología médica. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.
- HOCH F., WERLE E., WEICKER H. (1988), Sympathoadrenergic regulation in elite fencers in training and competition. Int J Sports Med 9: 141-145.
- IGLESIAS X., CANO D. (1990), El perfil de l'esgrimidor a Catalunya. Apunts Educació Física i Esports 19: 45-54.
- IGLESIAS X., RODRÍGUEZ F. A. (1991a), Perfil funcional del esgrimista de alto rendimiento. Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte 18: 37-52.
- IGLESIAS X., RODRÍGUEZ F. A. (1991b), Physiological testing and profiling of elite fencers. Proceedings Second IOC World Congress on Sport Sciences. International Olympic Committee. Barcelona: COOB'92: pp. 142-143.
- IGLESIAS X., RODRÍGUEZ F. A. (1995), Caracterització de la freqüència cardíaca i la lactatèmia en esgrimistes durant la competició. Apunts Medicina de l'Esport 123: 21-32.
- IGLESIAS X. (1997), Valoració funcional específica en l'esgrima. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya. Barcelona.
- LAVOIE J. M., LÉGER L., MARINI J. F. (1988), Escrime de compétition.

 Analyse énergétique. Médicine du Sport 62(6): 310-3.
- MARGARIA R., CERRETELLI P., DI PRAMPERO P. E., MASSARI C., TORRELLI G. (1963), Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. J Appl Physiol 18: 371-377.
- MARKOWSKA L., STUPNICKI R., GOLEC L., NAGIEC E., BEDNARSKI J., GRZEGOREK K. (1988), "Urinary catecholamines in fencers du-

- ring competition and training fights". Biology of Sports 2(5): 93-99.
- MONTOYE H. J., KEMPER H. C. G., SARIS W. H. M., WASHBURN R. A. (1996), Measuring physical activity and energy expenditure. Champaign: Human Kinetics.
- PINNINGTON H., DAWSON B., BLANKSBY B. A. (1990), "The energy requirements of water polo". En: Draper J (ed.): *Third report on the National Sports Research*. Programa Julio 1988-Junio 1990, p. 36.
- PINNINGTON H., DAWSON B., BLANKSBY B. A. (1988), "Heart rate responses and the estimated energy requirements of playing water polo". *Journal of Human Movement Studies* 15: 101-118.
- PLATONOV V. N. (1991), La adaptación en el deporte. Barcelona: Paidotribo.
- REILLY T., THOMAS V. (1979), Estimated energy expenditure of profesional association footballers. Ergonomics 22: 541-548.
- RODRÍGUEZ F.A., BANQUELLS M., PONS V., DROBNIC F., GALILEA P. (1992), A comparative study of blood lactate analytic methods. Int J Sports Med 13(6): 462-466.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X., TAPIOLAS J. (1994), Gasto energético y valoración metabólica en el fútbol. Jornadas Internacionales de Medicina y Fútbol (Premundial 94), San Sebastián/Donostia: pp. 47-64.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X. (1995), Consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca durante el juego en hockey sobre patines. Libro de resúmenes, 8th FIMS European Sports Medicine Congress. Granada: p. 58.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X., ARTERO V. (1995), Consumo de oxígeno durante el juego en futbolistas profesionales y aficionados. Libro de resúmenes, 8th FIMS European Sports Medicine Congress. Granada: p. 119.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X., MARINA M., FADÓ C. (1997), Physiological demands of elite competitive aerobic: aerobic or anaerobic? Book of Abstracts, second Annual Congress of the European College of Sport Science, vol. II, pp. 922-923. Copenhagen, Denmark.
- RODRÍGUEZ F. A., IGLESIAS X. (1998), "The energy cost of soccer: telemetric oxygen uptake measurements versus heart rate-estimations". *Journal of Sports Sciences* (16)5: 484-485.
- SERRA LI., ARANCETA J., MATAIX J. (1995), Nutrición y salud pública. Barcelona: Masson.
- SEYFRIED D. (1989), "Pentathlon moderne: Approche énergétique et nutritionnelle de l'épreuve d'escrime". En: Seminaire de bioenergétique: les limites de la performance humaine. París: pp. 63-68.
- ULMER H. V. (1993), "Metabolismo energético". En: Schmidt RF, Thews G: *Fisiología humana*. Madrid: Interamericana/McGraw-Hill.
- VIRU A. (1984), La valutazione del carico allenante. Rivista di Cultura Sportiva 31: 2-8.

- VOGELAERE P., BALAGUÉ N., MARTÍNEZ M. (1985), "Fútbol: una aproximación fisiológica". Apunts Medicina de l'Esport 86: 103-107.
- WEIR J. B. DE V. (1949), New methods for calculating metabolic rate with specific reference to protein metabolism. J. Physiol 109: 1-9.
- YZAGUIRRE I., BALCELLS M. (1989), "Perfil fisiològic dels practicants d'espeleologia". Apunts Medicina de l'Esport 102: 233-245.
- ZUNTZ N. (1901), Über die Bedeutung der verjchiedenen Närstoffe als Erzeuger der Muskelkraft. Pflügers Arch Gesamt Physiol 83: 557-571.



La biomecánica como herramienta de análisis de la técnica en barra fija

Alberto García-Fojeda

Profesor de Biomecánica del INEFC de Lleida

Michel Marina

Profesor de Gimnasia Artística del INEFC de Lleida

Pere Galán Bertomeu Munar

Alumnos de 5º curso, INEFC-Lleida

Palabras clave

gimnasia artística, barra fija, molino gigante, biomecánica

Abstract

This study is the result of the search for another way to cover collective neeeds in a very specific area: Improvement of technique. Traditionally this has been based on trainer's direct observation and the feelings of the gymnast. Actually, and without wishing to minimise the methods previously mentioned, we have available more precise methods that allows us to offer the trainer more objective results in respect to gymnasium work. One of the most potent methods of studying gymnastic work is biomechanic analysis. This work presents the biomechanic analysis of two gymnastic elements, the giant windmill forwards and backwards, comparing the performance of a highly qualified gymnast and one at the beginner's level. The principal object of this study is to satisfy the technical demands of trainers using a simple model, technological methods accessible and easy to acquire in the domestic market, and a treatment of the data that does not necessarily need someone superspecialized and trained in the biomechanic orbit.

Resumen

El trabajo que aquí presentamos surge como una forma más de satisfacer la necesidad de un colectivo en torno a un tema muy concreto, la mejora de la técnica. Tradicionalmente esta mejora se ha realizado en base a la observación directa del entrenador y a las sensaciones del gimnasta. En la actualidad, a pesar de no despreciar las formas anteriormente citadas, disponemos de unos métodos mucho más precisos que nos permiten ofrecer al entrenador unos resultados más objetivos del gesto gimnástico. Uno de los métodos más potentes para estudiar el gesto gimnástico es el análisis biomecánico. Este trabajo realiza el análisis biomecánico de dos elementos gimnásticos, el molino gigante hacia adelante y hacia atrás, comparando la ejecución de un gimnasta de élite, y la de un gimnasta de nivel de iniciación. El objetivo principal de este estudio es el de satisfacer las demandas técnicas de los entrenadores usando un modelo sencillo, unos medios tecnológicos asequibles y fáciles de adquirir en el mercado doméstico, y un tratamiento de los datos que no requiere forzosamente de personal superespecializado y formado en el ámbito de la biomecánica.

Introducción

El molino gigante, tanto adelante como atrás, es un ejercicio ineludible y esencial en la gimnasia artística actual, que ha sido estudiado biomecánicamente tanto en las paralelas asimétricas femeninas (9,19) como en la barra fija (1,4,8,12,15,17), anillas (11), y paralelas masculinas (10). En las paralelas masculinas el molino es un elemento gimnástico valorado como de dificultad C según el código actual de la FIG, por lo que no se puede considerar como esencial e ineludible a pesar de que la práctica totalidad de las composiciones de gimnastas de élite incluye este elemento u otros derivados de éste en las paralelas masculinas.

Se puede definir como un giro completo de 360° en el plano anteroposterior que empieza y acaba en la vertical invertida. Aunque en la barra fija figura como elemento gimnástico de dificultad A con identidad propia, en gimnastas de competición se considera como soporte a partir del cual se introducen giros alrededor del eje longitunal, cambios de presa, cierres del cuerpo con piernas abiertas y cerradas, etc. De todas formas podemos decir que el molino suele satisfacer dos grandes objetivos genéricos: 1) aumentar la velocidad, con técnica propia de un molino acelerado, y 2) disminuir la velocidad (incluso hasta insinuar una parada), con técnica propia de

apunts

	EDAD (años)	TALLA (cm)	PESC (kg)
М	23	177	75
J	23	167	65

Tabla 1. Datos antropométricos de los sujetos.

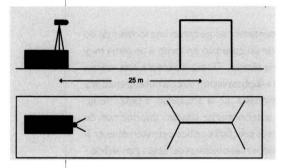


Figura 1. Visión esquemática de la ubicación del equipo de filmación y de la barra fija.

un molino frenado (15). Es muy importante resaltar que existen tantas técnicas y matices en la ejecución del molino como posibilidades de enlace con otras dificultades gimnásticas más complejas. Diversos autores estudiaron las diferencias entre un molino sencillo y un molino de preparación para diferentes variantes de suelta* (2,5). Asimismo Takei y cols. (16) estudiaron, entre otras cosas, aquellos parámetros biomecánicos del molino que condicionan las mejores salidas de barra, y confirman aseveraciones de otros autores (15). Por fin, otros autores analizaron aspectos específicos del molino como la trayectoria del centro de gravedad (4) del momento de fuerza (8,13), energía mecánica (12), inercias (3). Todos estos estudios refuerzan la opinión de que la biomecánica ofrece la posibilidad de analizar las variantes técnicas de molino con un nivel de precisión y sensibilidad inalcanzables para el ojo del entrenador más experto.

Nuestro trabajo se basa en los estudios de Manoni y cols. (9,10) y Witten y cols. (19), que analizan el molino en paralelas femeninas y masculinas. Para ello, al igual que hicimos nosotros, realizan un análisis computerizado de un modelo humano que está

configurado por una serie de segmentos. En el presente estudio se analiza cinemáticamente el molino hacia delante (de espalda o "fover") y hacia atrás (de pecho o "riper") en la barra fija, lo que nos permite comparar resultados del mismo elemento con el de otros autores en paralelas asimétricas, y paralelas y barra fija masculinas.

Objetivos

- Proponer un modelo de análisis biomecánico simplificado que permita identificar de forma sencilla los parámetros cinemáticos más relevantes para la correcta realización técnica del riper y fover.
- Relacionar esos parámetros cinemáticos con las acciones musculares y sensaciones del gimnasta durante la ejecución del riper y fover.
- Proporcionar datos cuantitativos e información al entrenador y al gimnasta sobre los aspectos a mejorar y las posibles causas de los errores cometidos.

Material y método

Sujetos: Se analizaron 2 sujetos de diferente nivel. El primero que ha pertenecido a la élite de la gimnasia nacional y el segundo tiene un nivel de iniciación. Ambos sujetos realizaron varios intentos en la barra fija de los dos tipos de molinos a analizar. Posteriormente se eligió siguiendo criterios técnicos el molino mejor ejecutado de los realizados por ambos, para ser analizado. Los datos antropométricos de los sujetos se presentan en la tabla 1.

El material utilizado en el trabajo fue el siguiente:

- I Cámara Sony Hi8
- | Codificador de tiempo Fora Video
- I Trípode
- I Ordenador PC
- I Magnetoscopio Panasonic AG 7350
- I Tarjeta digitalizadora Video Blaster 100
- I Monitor Panasonic
- Programa de fotogrametría KWON 3D V.2.1
- | Objeto Control

Se usó el método de medición indirecta de las imágenes previamente grabadas en cintas de vídeo, usando técnicas fotogramétricas. A continuación se explica con más detalle el tipo de objeto control, el escenario de la filmación, y las fases del método usado.

Objeto control

Al ser un análisis bidimensional del movimiento, el objeto control que se utilizó fue una barra de 2,43 m de longitud, colocada horizontalmente, que cubría la mayor parte del espacio donde posteriormente se realizó la acción.

Escenario

El escenario de filmación fue el módulo III del pabellón Jeroni Saura del INEFC de Lleida. La ubicación de la cámara se realizó de tal manera que su eje óptico coincidiera con el eje longitudinal de la barra, para que, de esta forma, el plano principal del movimiento quede perpendicular al eje óptico de la cámara. La distancia entre cámara y plano de movimiento fue de 25 m para evitar los errores de perspectiva, que se producen en los análisis 2D (fig. 1).

Fases de la filmación y análisis de las imágenes

Se realizó con una cámara Sony de Hi-8 en el Pabellón del INEFC. La cámara filmaba a una velocidad de 50 Hz. El tiempo de exposición fue de 1/1000 s. Las condiciones de luz fueron estudiadas y corregidas, para que no hubiera ningún problema en el posterior análisis.

- a) Filmación: se filmó en primer lugar el objeto control, situado perpendicular a la barra y a la misma altura. Con posterioridad se filmaron los dos sujetos realizando varios intentos de cada tipo de molino.
- Análisis de la imágenes: se pasó la cinta de Hi8 a una cinta SVHS, durante este mismo proceso, se insertó un código de tiempo para facilitar la localización de cada uno de los fotogramas. Posterior-

^{*} La suelta es un elemento gimnástico en el que el gimnasta suelta la barra (de allí el nombre) para realizar una acrobacia en el aire, y volver a cogerla después.



- mente se procedió a elegir los movimientos a analizar (dos de cada sujeto) y anotar los códigos de tiempo correspondientes al conjunto de campos incluidos desde el inicio hasta el final de cada ejecución. De esta manera la gestión de la digitalización se realizó en base a los códigos de tiempo de cada campo.
- c) Creación de un modelo mecánico: Para simplificar el estudio biomecánico del cuerpo se creó un modelo compuesto por 11 puntos corporales que a su vez definían 8 segmentos. A los segmentos bilaterales, se les asignó, siguiendo los criterios de Chandler y col (3), el doble de la masa que le correspondía, al estar analizados solo en la parte derecha o izquierda del gimnasta. Es importante precisar que en nuestro modelo, al igual que en el que utilizó Manoni (9) el tronco ha sido definido como un segmento rígido, sin posibilidad de movimiento, que unía los hombros y la cadera. Los diferentes segmentos fueron definidos por la unión de dos puntos articulados, que en el caso de nuestro trabajo fueron los de la tabla 2 y la figura 2.
- d) Creación de un máster: El máster gestiona el proceso de digitalización, y de cálculo de los datos obtenidos de las filmaciones. En él se introdujeron las condiciones de filmación, y de cálculo:
 Sistema de filmación: Vídeo

N.º de cámaras: I Velocidad film.: 50 Hz Ratio espacio vert/hor. 1/I Fotogramas analizados 1/I

Nombre del modelo usado: Molino Ángulos segmentarios: Todos los segmentos respecto a la horizontal, ángulos entre segmentos adyacentes, y ángulos de segmentos imaginarios manos-hom-

bros, y caderas-pies.

Tipo de filtro: Butterworth 4.º Orden 6

Hz de Frecuencia de corte.

- Fases del movimiento: División del conjunto en octantes.
- e) Digitalización: Consistió en asignar las coordenadas planas a cada uno de los puntos articulares de cada uno de los campos de los fotogramas que componían el movimiento, y del objeto control.

- Se realizó con el programa KWON3D y una tarjeta Video Blaster 100.
- f) Procesamiento de los datos: Los datos obtenidos de la digitalización fueron procesados en el programa KWON3D, utilizando las correspondientes escalas para la obtención de las medidas reales. Las coordenadas crudas fueron filtradas utilizando los filtros de Butterwoth de 4.º orden y 6 Hz de frecuencia. Con objeto de simplificar el procesamiento de los datos se consideraron los brazos y las piernas como elementos rígidos no deformables en extensión completa de 180°. Esta simplificación refuerza uno de los criterios técnicos más elementales del molino por los que ni los brazos ni las piernas deben flexionarse en ningún momento. Por lo tanto el modelo de cuerpo humano sobre el cual hemos sacado todos los datos constará de tres segmentos: pierna (desde la cadera hasta el tobillo), tronco (desde la cadera hasta el hombro) y brazo (desde el hombro hasta la punta de los dedos de la mano). Respecto a la consideración del tronco como elemento no deformable se debe reconocer que aunque a nivel de iniciación no tiene mucha trascendencia, sí la tiene si tuviéramos que analizar y comparar gimnastas de élite en activo, puesto que ellos sí que movilizan el tronco de forma importante en este movimiento. De la unión de estos tres segmentos resultarán dos ángulos: ángulo troncopiernas y ángulo tronco-brazos. Sobre estos ángulo hemos basado el estudio de la posición angular del gimnasta durante todo el movimiento. Las variables consideradas como más relevantes e informativas acerca de la realización del riper y fover fueron:
 - Velocidad lineal
 - Posición angular
 - Velocidad angular
 - Trayectoria del centro de gravedad Estas variables influyen las unas sobre las otras y no pueden estudiarse de manera separada, porque en la mayoría de ocasiones tienen una relación causa-efecto. Un cierre del ángulo tronco-piernas, provoca un acercamiento del centro de



Figura 2. Presentación esquemática de los segmentos utilizados en el estudio.

SEGMENTO	DISTAL	PROXIMAL	
Mano	3.er metac.	Muñeca	
Antebrazo	Muñeca	Codo	
Brazo	Codo	Hombro	
Tronco	Hombro	Cadera	
Pierna	Rodilla	Cadera	
Pantorrilla	Tobillo	Rodilla	
Pie	Punta pie	Talón	
Cabeza	Vértex	Cuello	

Tabla 2. Definición de los segmentos a partir de la unión de 2 puntos articulados.

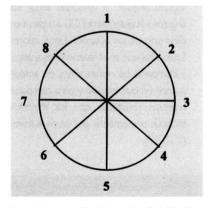


Figura 3. Sectores utilizados para el análisis del molino.

- gravedad a la barra, manifestándose una reducción del radio de giro, lo que redundaría automáticamente en un marcado aumento de la velocidad de las piernas y con ellas la de todo el sistema.
- g) Fases del movimiento: se dividió la circunferencia que dibuja el gimnasta al realizar un molino en ocho octantes (fig. 3).

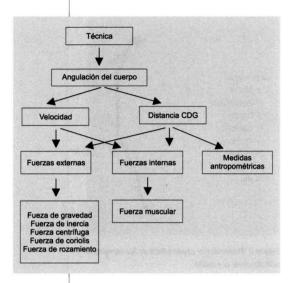


Figura 4. Diagrama de eficacia mecánica (Hay, 1980) adaptado para este trabajo.

De esta manera pudimos comparar todas las variables que afectan al movimiento en cada uno de los octantes y en cada uno de los sujetos. El fotograma representante de cada octante fue aquel que tenía el centro de gravedad más cerca de la línea divisoria imaginaria. Una vez conocidos los fotogramas que representaban a cada octante, se calculó la velocidad angular, la velocidad lineal, los ángulos y la distancia del CG a la barra en cada uno de los octantes. Estos valores fueron los que se utilizaron para analizar y comparar las realizaciones de ambos sujetos en este estudio y para comparar nuestros resultados con los modelos teóricos presentados por otros autores (1, 15, 17).

Para la realización de este estudio era fundamental el conocimiento de las variables de tipo mecánico que afectan a la ejecución del molino gigante, y para ello se adaptó un diagrama de eficacia mecánica de Hay (6) para ese trabajo (fig. 4).

Resultados

Los resultados obtenidos, quedan expresados de forma resumida en las tablas 3 y 4. Estos resultados hacen referencia a las angulaciones de brazos respecto al tronco (fig. 5), del tronco respecto a las piernas (fig. 6), a la velocidad angular (ω) de los segmentos simplificados brazos, piernas y tronco (fig. 7), y a la distancia del centro de gravedad respecto a la barra (fig. 8). Estos valores están expresados en $^{\circ}$ (grados) para los ángulos y rad/s para las velocidades angulares, y cm para la distancia del CG respecto de la barra.

FOVER

Se observa una angulación de brazos-tronco superior en todas las fases del movimiento analizado en el sujeto M respecto a la del sujeto J, excepto en los dos últimos octantes. Las angulación más próxima a 180° (máxima extensión) se observa en los octantes 2 y 6 para el sujeto M y en el octante 3 y 6 para el sujeto J.

El ángulo tronco-piernas tiene un alto grado de estabilidad en el sujeto M en todos los octantes excepto en los dos últimos, consiguiendo su valor máximo (207,5°) en el octante 5 y su valor mínimo (137,4°) en el oc-

tante 7. En el sujeto J el valor máximo y mínimo del ángulo tronco-piemas se registra en los mismos octantes que el sujeto M aunque se aprecia una mayor variabilidad de este valor a lo largo de todo el movimiento.

Se observa que el sujeto M mantiene unos valores estables de ω de piernas hasta el octante 4. A continuación se produce un gran aumento (6,5 rad/s en el octante 5). En el octante 6 y 7 se produce una caída de ω (0,9-1,1 rad/s) para aumentar en el último octante del movimiento (5,6 rad/s). El sujeto I sigue un patrón similar de movimiento que M, si bien el valor máximo lo obtiene en el octante 4 (6,3 rad/s) en vez del 5 como M. Observando las distancia del CG respecto a la barra se tiene que tener en cuenta la mayor talla del sujeto M, lo cual condiciona inicialmente esta longitud. El sujeto M obtiene su máxima distancia en el octante 4 y 5 (107,4 y 103,8 cm), mientras que I los obtiene en el octante 5 y 6 (98,5 y 100,2 cm).

RIPER

La mayor angulación brazos tronco se observa en el octante 3 (174,8°) y 6 (174,5°) para el sujeto M, mientras que el sujeto J obtuvo sus valores máximos en el octante 2 (177,5°) y 1 (174,5°). En cuanto a la angulación de tronco-piernas se observa la mayor abertura en el octante 5 (221,5°) en M y en el octante 4 en J (200,6°). Asimismo los valores mínimos de esta angulación se registran en el octante 2 (171,2°) para M y en el octante 7 para J (126,4°). La angulación tronco-piernas es siempre superior en M en comparación con J, salvo en el octante 4.

	IOCT	ANTE	11 001	ANTE	III OCT	TANTE	IV OC	TANTE	v oct	ANTE	VI OCT	TANTE	VII OC	TANTE	VIII OC	TANTE
SUJETOS M y J	М	J	M	J	м	J	M	J	M	J	M	7	М	J	M	J
< Brazos-tronco (°)	153,6	140,4	175,9	165,1	174,1	170,4	167,7	167,1	171,8	166,5	175,7	175,9	159,6	162,8	110,6	123,1
< Tronco-piernas (°)	184,4	179,4	185,9	178,1	178,0	178,8	179,6	188,9	207,5	207,4	184,4	178,9	137,4	144,9	176,0	167,2
ω brazos (rad/s)	0	1,7	3,3	2,5	4,3	3,7	4,5	4,7	3,9	4,9	5,8	5,3	5,5	5,1	3,7	4,1
ω pierna (rad/s)	2,1	3,2	2,4	3,1	2,9	4,2	6,4	6,3	6,5	5,5	0,9	0,1	1,1	2,7	5,6	4,6
ω tronco (rad/s)	2,4	3,2	3	2,6	3,4	3,9	4,3	3,6	5,2	5,6	5,1	6,0	3,3	4,5	3,0	2,4
Dist. CDG (cm)	90,7	83,2	95,7	90,3	102,7	95,7	107,4	97,1	103,8	98,5	102,5	100,2	97,1	94,8	80,2	83,1

Tabla 3. Molino gigante hacia delante (de espalda o "fover"). Ángulos intersegmentarios, velocidades angulares y distancia del centro de gravedad (CG) a la barra en cada uno de los octantes. Sujetos: Michel (M) y Joël (J).



La variabilidad de ω de brazos es muy superior en el sujeto M en los octantes 4-5 y 6, no observándose alteración tan marcada en el sujeto J. La ω de piernas alcanza su valor máximo en el octante 6 tanto para M (12 rad/s) como para J (9,2 rad/s). No obstante el mayor incremento de ω de las piernas del sujeto M se localiza entre los octantes 5 y 6, lugar donde por contra J obtiene los incrementos mínimos. J consigue el máximo incremento de ω de piernas entre los octantes 4 y 5. La máxima ω de tronco se localiza en el octante 7 para M (7,7 rad/s) y en el octante 2 y 6 para J (5,2 rad/s).

La distancia del CG respecto a la barra es superior en los octantes correspondientes a la primera mitad del movimiento (bajada) para M en comparación con J, e inferiores a partir del octante 6 (subida) en M en comparación con J.

Discusión

FOVER

Si observamos la información numérica que figura en la tabla 3 podemos destacar algunos aspectos. En el 2.º octante el sujeto M tiene una angulación de brazos-tronco y tronco-piernas superior a la de J. Esto es el reflejo de una mayor acción de empuje de la barra por parte de M. Este mayor empuje permite aumentar la distancia CG con respecto a la barra, aumentar el momento de fuerza (7,8,13) y generar una mayor energía y velocidad angular del cuerpo (12), durante los octantes siguientes correspondientes a la bajada como así sucede en la realidad. En el

octante 5 (al pasar por la vertical de la barra), se registra una angulación tronco-piernas, y brazos-tronco sorprendentemente similar, reflejando ambos valores una hiperextensión del cuerpo. Esta apreciación corresponde con el modelo de ejecución considerado como ideal (1,15,18). En los octantes 7 y 8 se observa una angulación de brazos-tronco siempre algo superior en M que en I pero que se ve compensada por una angulación tronco-piernas siempre menor (más extensión) en M que en J. En términos de ejecución esta información nos permite deducir una mayor movilización de intervención de los brazos y hombros por parte de M en comparación con | que se caracteriza por recurrir en mayor medida a la movilización de las caderas y piernas, lo cual es un indicador de error de ejecución. Asimismo respecto a la velocidad angular de cada segmento destaca en la fase de bajada del fover una mayor velocidad angular del tronco de M en el 4.º octante, que no es más que la consecuencia de la acción de empuie que se comentó con anterioridad. Se aprecia una velocidad angular del tronco y de las piemas menores en M en las fases iniciales de la subida (octante 6 y 7) mientras que la situación se invierte cuando ambos se aproximan al apoyo invertido. Estas diferencias se deben a que el sujeto M hace una transición más marcada entre la hiperextensión del cuerpo, característica del octante 5, y la posición de "cuchara" del octante 6, que optimizará a posteriori un mejor lanzamiento de las piernas por detrás y hacia arriba. Todo ello permite una velocidad de paso por el apoyo invertido superior en M acompañada de una extensión del cuerpo más cercana a la ideal.

RIPER

En el octante I y 2 la angulación brazos-tronco es menor en M que en J, lo que refleja un mejor mantenimiento de la posición de cuchara en el inicio de la bajada que preconizan todos los entrenadores -en el argot del entrenamiento diario se utiliza la expresión de "bajar de puntas y no de pecho"-. Mientras que la situación se invierte en la fase final de la bajada (octantes 3-4 y sobre todo 5) e incluso el inicio de la subida (octante 6). La situación inversa se observa en la angulación tronco-piernas, donde ésta es siempre superior (reflejo de una mayor extensión de la cadera) en los octantes I-2 y 3, para ser inferior en el octante 4. La extensión de la cadera más constante y mantenida del sujeto M con respecto a J, es posible gracias a la mayor movilización e intervención de los hombros del primero. La hiperextensión de la cadera más marcada de | en el octante 4 no es más que el reflejo de la anticipación en la relajación abdominal con respecto al momento óptimo (octante 5) propio del modelo ideal de ejecución. En el octante 5 las diferencias entre sujetos en dicha angulación vuelve a ser notoria a favor del sujeto M, lo que permite deducir un nivel de tensión muscular superior en éste que favorecerá la patada/lanzamiento de piernas hacia delante y arriba en los octantes venideros. Durante la fase de subida del riper (octantes 7 y 8) destacan angulaciones tron-

	ГОСТ	ANTE	II OCTANTE		III OCTANTE		IV OCTANTE \		V OCT	V OCTANTE		VIOCTANTE		TANTE	VIII OCTANTE	
SUJETOS M y J	М	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	7	М	J
< Brazos-tronco (°)	142,1	174,4	161,0	177,5	174,8	172,2	170,6	167,5	172,8	170,1	174,5	160,0	132,4	157,9	112,7	153,4
< Tronco-piernas (°)	178,5	151,1	171,2	151,2	176,6	163,6	192,4	200,6	221,5	198,9	182,9	142,1	135,5	126,4	185,7	154,
ω brazos (rad/s)	3,9	2,1	3,9	2,8	4,5	3,3	4,4	4,7	6,1	4,7	2,8	3,2	4,4	4,9	5	3,9
ω pierna (rad/s)	2,5	1,1	2,1	2,7	2,8	1,3	2,1	1,5	4,2	9,1	12	9,2	3,2	4,4	1,9	1,4
ω tronco (rad/s)	0,9	1,7	3	2,3	3,6	5,2	5,1	4,6	4,4	3,8	5,5	5,2	7,7	4,5	3,1	0,9
Dist. CDG (cm)	96,3	87,4	99,5	90,5	100,3	98,5	105,8	100,1	104,2	100,8	106,1	99,7	84,6	84,9	82,2	87,3

Tabla 4. Molino hacia atrás (de pecho o riper). Ángulos intersegmentarios, velocidades angulares y distancia del centro de gravedad (CG) a la barra en cada uno de los octantes. Sujetos: Michel (M) y Joël (J).

co-piernas superiores y por lo tanto siempre más cercanas a la extensión en M que en J, mientras que la situación inversa se aprecia en el ángulo brazos-tronco, siempre mayor en J. Una vez más se refleja cómo J no es capaz de generar las impulsiones necesarias a partir de la acción de brazos y hombros. Asimismo hay que tener en cuenta que una mayor angulación de brazos en M permite acortar con más eficacia la distancia del CG con respecto a la barra, siendo este factor muy importante a la hora de facilitar mayores velocidades angulares durante la fase de subida hacia el apoyo invertido (1,4,6). En cuanto a las velocidades angulares segmentarias hay que destacar los valores superiores de las piernas y el tronco del sujeto M en el octante 4, que no es más que la consecuencia de una mejor colocación del cuerpo y acción de empujar la barra para alejar el CG de la barra y aumentar así el momento de fuerza en los octantes anteriores (1,4,8,13). No

obstante en el octante 5 se registra un aumento muy marcado de la velocidad angular de las piernas de I en comparación con las de M. Situación que sí se verifica en M, incluso en mayor grado, pero en el octante 6. Esto no es más que la consecuencia de una prematura relajación abdominal (también llamado tempo I) de I que le hace anticipar el lanzamiento de las piernas, que como veremos a continuación tendrá sus nefastas consecuencias a la hora de conseguir una ω del cuerpo elevada al pasar por el apoyo invertido. La velocidad angular del tronco muy superior de M en el octante 7, no viene más que a refrendar superiores velocidades de los demás segmentos en el sujeto M cuando éste está muy próximo al paso por el apoyo invertido (octante 8) y que no son más que el resultado de haberse beneficiado de: 1) una abertura de ángulos más tardía, que facilitó 2) un inicio del lanzamiento de las piernas después de pasar por la vertical de la barra y

no antes como así sucede con el sujeto J, y 3) de una retroversión de brazos muy superior en M en comparación con I.

Conclusiones

La ejecución técnica que realiza M se acerca mucho a la que se describe en la bibliografía como técnica correcta, tanto en el molino gigante hacia adelante como en el molino gigante atrás (1,14,15,17). En el caso de J vemos como sus movimientos se alejan mucho más del modelo técnico, aunque estas diferencias son producto del poco tiempo de práctica. Podemos decir que la simplificación del modelo mecánico utilizado en este trabajo, facilita la obtención de la información sobre los parámetros cinemáticos estudiados, y a su vez posee la sensibilidad y precisión suficiente para analizar y observar las ejecuciones de estos movimientos y de esta forma ayudar en la mejora de la técnica de ejecución de los gimnastas.

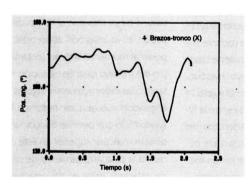


Gráfico A. Riper sujeto principiante (J).

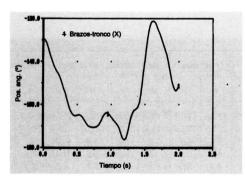


Gráfico C. Fover sujeto principiante (J).

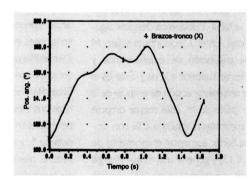


Gráfico B. Riper sujeto experimentado (M).

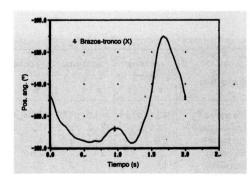


Gráfico D. Fover sujeto experimentado (M).

Figura 5. Angulaciones de los brazos respecto al tronco durante la realización del molino de pecho o riper (gráficos A y B) y del molino de espalda o fover (gráficos C y D). Los gráficos A y C corresponden a las ejecuciones del sujeto principiante (J), mientras que los gráficos B y D corresponden a las del sujeto experimentado (M).



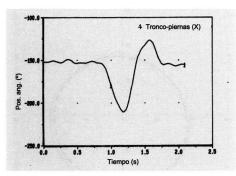


Gráfico A. Riper sujeto principiante (J).

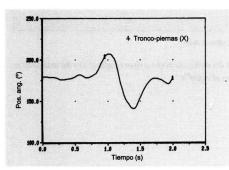


Gráfico C. Fover sujeto principiante (J).

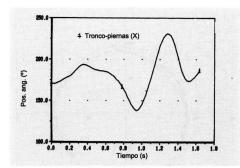


Gráfico B. Riper sujeto experimentado (M).

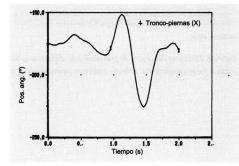


Gráfico D. Fover sujeto experimentado (M).

Figura 6. Angulaciones del tronco respecto a las piernas durante la realización del molino de pecho o riper (gráficos A y B) y del molino de espalda o fover (gráficos C y D). Los gráficos A y C corresponden a las ejecuciones del sujeto principiante (J), mientras que los gráficos B y D corresponden a las del sujeto experimentado (M).

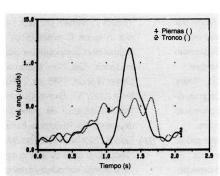


Gráfico A. Riper sujeto principiante (J).

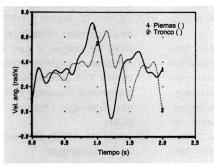


Gráfico C. Fover sujeto principiante (J).

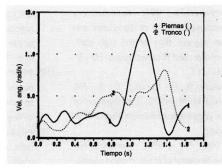


Gráfico B. Riper sujeto experimentado (M).

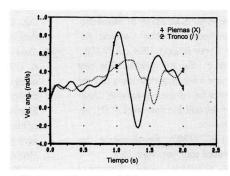
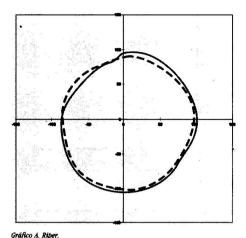


Gráfico D. Fover sujeto experimentado (M).

Figura 7. Velocidades angulares del tronco (trazo de puntos) y de las piernas (trazo continuo) en función del tiempo, durante la realización del molino de pecho o riper (gráficos A y B) y del molino de espalda o fover (gráficos C y D). Los gráficos A y C corresponden a las ejecuciones del sujeto principiante (J), mientras que los gráficos B y D corresponden a las del sujeto experimentado (M).



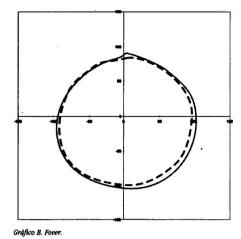


Figura 8. Distancia del centro de gravedad con respecto a la barra durante la realización del molino de pecho o riper (gráficos A) y del molino de espalda o fover (gráficos B). El trazo continuo corresponde al sujeto J y el trazo de puntos al sujeto M.

Bibliografía

- BOLLEN J., HABAY B. (1980), "Notion mécanique appliquées au topur d'appui facial arrière". Revue de l'éducation physique 20 (1), pp. 14-17.
- (2) BEGGEMANN G. P., CHEETHAM P. J., ALP y ARAMPATZIS D. (1994), "Approach to a biomechanical profile of dismounts and release regrasp skills of the high bar". Journal Applied Biomechanics 10 (3), pp. 291-312.
- (3) CHANDLER R. F., CLAUSER C. E., MC CONVILLE H. M. (1975), Investigation of inertial properties of human body. NTSI, Springfield.
- (4) CHEETHAM P. J. (1984), "Horizontal bar giant swing center of gravity motion comparisons". En Terauds J. et al. (ed.). Sports Biomechanics: proceedings of the 2nd International Symposium of Biomechanics in Sports. Del Mar, California. Research Center of Sport, 1984, pp. 99-108.
- (5) GERVAIS P., TALLY F. (1993), "The beat swing and mechanical descriptors of three horizontal bar release-regrasp skills". Journal of Applied Biomechanics 9 (1), pp. 64, 83
- (6) HAY J. G. (1980), Biomécanique des techniques sportives. Vigot. París.
- (7) ISHII K., KOMATSU T. (1987), "Changes of kinematic parameters and force on the horizontal bar backward giant swing". En Hoshizaki T. B., Salmela J. H., Petiot B.: "Diagnotics, treatment and analysis of gymnastic

- talen". Montreal, Sport Psyche Editions, pp. 107-117.
- (8) KOPP P., REID J. G. (1980), "Force and Torque analysis of giant swings on the horizontal bar". Canadian Journal of Applied Sports Science 5 (2), pp. 98-102.
- (9) MANONI A., CARVELLI E., MALLOZZI L., GROSSO F., MILANI M. (1991), "Analisi biomeccanica di sette granvolte frontali eseguite alle parallele asimmetriche". Suplemento a "Il gimnasta" n.º 12. Diciembre.
- (10) MANONI A., LATERZA, E. (1993), "Analisi biomeccanica comparativa fra due granvolte indietro alle parallele pari". Suplemento σ "Il gimnosto" n.º 11. Noviembre.
- (11) NISSINEN M. A. (1983), "Kinematic and kinetic analysis of the giant swing on rings". En Matsui H., Kobayashi K. (eds.), Biomechanics VIII A & B: proceedings of the 8th Congress of Biomechanics. Nagoya, Japan. Champaign Illinois, Human Kinetics Publishers 1981, pp. 781-786
- (12) OKAMTO A., SAKURAI S., IKEGAMI Y., YABE K. (1989), "The changes in mechanical energy during the giant swing backward on the horizontal bar". En Tsarouchas L. (ed.). Biomechanics in sports V: proceedings of the 5 th International Symposium on Biomechanics in Sports. Atenas, Grecia. Hellenic Sports Research Institute, 1987, pp. 338-345.
- (13) OKAMTO A., SAKURAI S., IKEGAMI Y., YABE K. (1990), "Moment of force and mechanical power in giant swing on the horizontal bar". En Kreighbaum E., McNeil A. (eds.),

- Biomechanics in sports VI: proceedings of the 6 th International Symposium on Biomechanics in Sports. Bozeman, Montana. International Society of Biomechanics in Sports, 1988, pp. 99-108.
- (14) PRASSAS S.G., KELLEY D.L. (1985), "Mechanical analysis of the inverted giant swing". En Terauds J., Barham J.N. (eds.), Biomechanics in sports II: proceedings of the 3rd International Symposium of Biomechanics in Sports. Del Mar, California. Research Center of Sport, 1985, pp. 218-226.
- (15) SMOLEUSKIY V., GAVERDOUSKIY I. (1996), Tratado general de gimnasia artística deportiva. Ed. Paidotribo. Barcelona.
- (16) TAKEI Y., NOHARA H., KAMIMURA M. (1992), "Techniques used by elite gymnasts in the 1992 olympic compulsory dismount from the horizontal bar". *International Journal of Sport Biomechanics* 8 (3), pp. 207-232.
- (17) UBUKATA O., KOMOR A. (1977), "Dynamics of gymnast's movement on the horizontal bar: analysis of giant swing". En Asmunssen E., Jorgensen K (eds.), Biomechanics VI-B: proceedings of the 6th International Congress of Biomechanics. Copenague, Dinamarca, 1977, pp. 86-87.
- (18) UKRAN M.L. (1978), Gimnasia Deportiva. Acribia. Zaragoza.
- (19) WITTEN A., BROWN E. (1996), "Kinematic and Kinetic Analysis of the Overgrip Giant Swing on the Uneven Parallel Bars". *Jour*nal of Applied Biomechanics por Human Kinetics Publishers, Inc.



Valoración y entrenamiento de la fuerza-resistencia abdominal: validez comparativa y reproductibilidad de tres pruebas de evaluación en tenistas

Narcís Gusi

Doctor en Ciencias de la Educación

Juan Pedro Fuentes

Licenciado en Educación Física Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura (Cáceres)

Palabras clave

condición física, evaluación, entrenamiento, tenis

Abstract

The reproduction and the application of the tests carried out during 30 seconds at the following maximum intensity was studied: 1) sit-up with knees bent at 90°, 2) bend overs and 3) body rotations. This was done 3 times with 23 tennis players between 14 and 16 years of age (15 women and 8 men) calculating a) methodical error (ME); b) coefficient of variation (V) associated to ME; c) coefficient of intraclass correlation (ICC); and d) r of Pearson. Conclusions: 1) the sex had no significant effect in any of the 3 tests; 2) the bend overs are the best test to evaluate or develop abdominal strength/resistance; 3) the evaluation via sit up or bend over tests need a prior run through; 4) the bend overs (ICC=0.97) and sit-up (ICC=0.95) were highly reproductable and with V lower among the different applications; 5) the evaluation of the body rotations need another alternative test.

Resumen

Se estudió la reproductibilidad y la aplicabilidad de las pruebas efectuadas durante 30 segundos a la máxima intensidad siguientes: I) sit-up con rodillas flexionadas 90°, 2) encorvadas y 3) rotaciones de tronco. Se aplicó cada una 3 veces en 23 tenistas de 14 a 16 años de edad (15 mujeres y 8 hombres) calculándose: σ) Error Metódico (ME); b) Coeficiente de variación (V) asociado al ME; c) Coeficiente de correlación intraclase (ICC), y d) r de Pearson. Conclusiones: I) El sexo no afectó significativamente en ninguna de las tres pruebas; 2) Las encorvadas son la prueba de elección para valorar o desarrollar la fuerza-resistencia abdominal; 3) La valoración mediante las pruebas de sit-up o encorvadas requieren un ensayo previo; 4) Las encorvadas (ICC = 0,97) y sit-up (ICC = 0,95) fueron altamente reproductibles y con V bajos entre las diferentes aplicaciones; 5) La valoración de los rotadores del tronco requiere otra prueba alternativa.

Introducción

El desarrollo y la valoración de la fuerza-resistencia de la musculatura de la región abdominal (abdominales, oblicuos y psoas-ilíaco) es relevante en el ámbito de la educación física y deportiva tanto por su contribución al rendimiento deportivo como, sobre todo, a la promoción de la salud (fundamentalmente por su intervención en el control de la curvatura de la columna baja y su relación con determinados problemas de espalda). Pero, para poder programar y controlar adecuadamente el proceso de su entrenamiento o desarrollo es necesario evaluar el nivel inicial y los cambios producidos por éste. Sin embargo, la medición y posterior evaluación de la fuerza-resistencia abdominal plantea controversias importantes entre los especialistas (Faulkner y cols., 1989, Gusi y cols., 1995). Gran parte de la controversia es debida a la existencia de diferentes flexores de la columna (recto anterior del abdomen, psoas-ilíaco y oblicuos). Por otro lado, la evaluación secuencial del proceso de entrenamiento requiere que los resultados aportados por las pruebas de medición empleadas sean constantes en el tiempo, es decir que no varíen significativamente de un día a otro a menos que se haya aplicado un determinado tratamiento (entrenamiento, medicamento, etc.) cuyos efectos deseamos evaluar. Esta constancia de valores en el tiempo es denominada fiabilidad intra-observador (reproductibilidad) y es uno de los criterios básicos para la elección del protocolo de la prueba de medición puesto que permite comparar los valores obtenidos en diferentes momentos del proceso de entrenamiento.

El objetivo de este estudio es examinar la reproductibilidad y la aplicabilidad en el entrenamiento deportivo y la escuela de tres de las pruebas de evaluación de la fuerza-resistencia abdominal más utilizadas.

Material y métodos

Se estudiaron 23 tenistas (8 hombres y 15 mujeres) de nivel medio cuya edad oscilaba entre los 14 y 16 años (14,7 \pm 0,9 años). Los sujetos, tras ser informados adecuadamente del estudio, se sometieron voluntariamente con el consentimiento de sus tutores legales a efectuar las pruebas incluidas en el estudio. Los voluntarios ejecutaron de forma randomizada tres veces las pruebas siguientes:

a) Sit-up. En la posición inicial el sujeto se halla tendido en decúbito supino, las rodillas en flexión de 90° con la planta de los pies tocando el suelo y las manos entrecruzadas tras la cabeza. Un ayudante mantiene los pies fijos en la colchoneta. En este momento, el examinador indica el comienzo de la prueba consistente en efectuar durante 30 segundos el número máximo de ciclos de flexión-extensión de cadera tocando con los codos la rodilla en la flexión y la espalda el suelo en la extensión. Este protocolo se integra en la batería Eurofit (Prat y cols., 1993).

PRUEBA	n	MEDIA	d.e.	MÍNIMO	MÁXIMO
Rotaciones 1	23	31,1	4,5	25	41
Rotaciones 2	23	34,6	4,0	29	43
Rotaciones 3	23	37,0	4,0	30	47
Sit-up 1 23		22,0	3,8	14	31
Sit-up 2 23		23,4	3,2	18	31
Sit-up 3	23	23,6	3,4	18	30
Encorvadas 1	23	25,1	7,7	13	38
Encorvadas 2	23	27,9	7,1	14	39
Encorvadas 3	23	28,6	6,4	15	38

n: 23 tenistas 14 a 16 años; d.e.: desviación estándar.

Tabla 1. Datos obtenidos en tres aplicaciones de tres pruebas destinadas a medir la fuerza-resistencia abdominal.

- b) Encorvadas. Inicialmente el examinado se acuesta a lo largo de la colchoneta, en posición supina, con las rodillas en flexión de 90°, las plantas de los pies y la cabeza tocando la colchoneta. Los miembros superiores estirados al costado del cuerpo, y las palmas de las manos en contacto con la colchoneta. El examinado debe realizar en 30 segundos el número máximo de ciclos de flexión-extensión de tronco deslizando ambas manos simultáneamente adelante y atrás 12 cm en contacto permanente con la colchoneta y en la extensión el sujeto toca con la cabeza en la colchoneta.
- c) Torsiones de tronco. En primer lugar se disponen dos superficies planas perpendiculares al suelo distanciadas por la envergadura del individuo. El sujeto se sienta entre ambas superficies con las piernas abiertas 90º que son fijadas a la colchoneta por un ayudante. Se le pide al sujeto que toque el número máximo de veces posible en 30 segundos alternativamente cada una de las superficies con las dos manos simultáneamente sin inclinar el tronco.

Las tres pruebas las administró el mismo examinador en la misma instalación y con el mismo material (colchonetas y cronómetro). Las pruebas se efectuaron sin calentamiento previo (para evitar que afectara de forma diferente a cada individuo), con un descanso intermedio de al menos 24 horas entre pruebas, y durante un período máximo de 3 semanas con el propósito de minimizar los posibles cambios debidos al entrenamiento. Asimismo, no se incluyeron en el entrenamiento cargas que pudieran afectar relevantemente al rendimiento en dichas pruebas.

Los datos se analizaron gráfica y estadísticamente con el paquete estadístico SPSSPC (v. 6.1. para Windows). Tras un primer análisis descriptivo (gráfico, prueba de normalidad de Kolgomorov-Smirnov, homosceidad, medias, desviación estándar -d.e.-) se determinó la oportunidad de realizar un estudio paramétrico de los datos de forma general (n = 23 tenistas) y no paramétrico para analizar las diferencias entre sexos debido a las grandes diferencias muestrales entre ambos. La prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes fue usada para analizar la influencia del sexo en las diferentes variables estudiadas. Se examinó la significación estadística de las diferencias entre las medias de las repeticiones de cada una de las pruebas mediante la prueba t de Student para muestras apareadas corregidas según el método de Bonferroni para más de una repetición. No se aplicó la significación de F mediante Análisis Multivariante de la Varianza (MANO-VA) debido al bajo número de grados de libertad al estudiar simultáneamente las tres ejecuciones de cada prueba. Posteriormente se calcularon los siguientes 4 índices de la fiabilidad test-retest intra-observador (reproductibilidad):

- a) Error Metódico (ME) (McDougall y cols., 1991).
- b) El coeficiente de variación (V) asociado al Error Metódico.
- c) El coeficiente de correlación intraclase R mediante el modelo MANOVA de dos vías ("intra-class coeficient", ICC) (Baumgartner, 1989).



d) Finalmente, y a efectos comparativos, se presenta el coeficiente r de correlación de Pearson dado que su uso era común entre los especialistas. Sin embargo, r es afectado relevantemente por el rango de los valores y no considera el número de repeticiones (McDougall y cols., 1991).

Resultados

El sexo no afectó significativamente ($\rho > 0,05$) el resultado obtenido en ningún ensayo de las tres pruebas estudiadas. En consecuencia, el resto de resultados se analizaron con los registros de ambos sexos conjuntamente. Los datos recogidos en las diferentes mediciones realizadas se presentan numéricamente en la tabla. I y, paralelamente, son expresados como cambios porcentuales de forma gráfica en la figura. I. Estas presentaciones muestran que los sujetos aumentaron significativamente su rendimiento respecto a la medición inicial en las tres pruebas. Asimismo, indican que los resultados medios obtenidos se estabilizaron entre la segunda y la tercera administración de la prueba en las "sit-up" y las encorvadas. En cambio, las mediciones de la prueba de rotaciones siguieron aumentando significativamente hasta el 19% respecto a los valores iniciales.

Si bien los cambios porcentuales de los valores medios obtenidos en la "sit-up" (7,3%) fueron menores que los registrados en las encorvadas (13,9%), el ICC de esta última fue ligeramente superior al de la "sit-up" debido a la menor desviación estándar de esta última. En consecuencia, el porcentaje de variación de las medias ponderado por la d.e. en conjunto de las tres aplicaciones fue menor en la prueba de encorvadas y, por tanto, fue la más fiable o reproductible.

El mayor coeficiente de variación del Error del Método (figura 2) se registró en las encorvadas (V > 5%) y el menor en la sit-up a pesar que el coeficiente de regresión de Pearson es mayor en las encorvadas debido al mayor rango de las mediciones obtenidas en estas últimas. Finalmente, los coeficientes de correlación lineal de Pearson entre las tres pruebas indicaron una relación irrelevante entre los resultados obtenidos en ellas ($r_2 < 0.35$; $\rho > 0.05$).

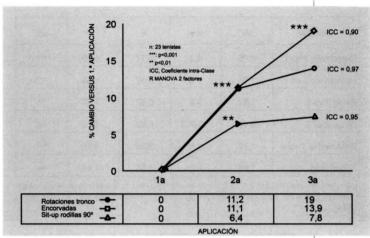


Figura 1. Reproductibilidad y cambios porcentuales de tres pruebas de valoración de la fuerza-resistencia abdominal durante 30 segundos.

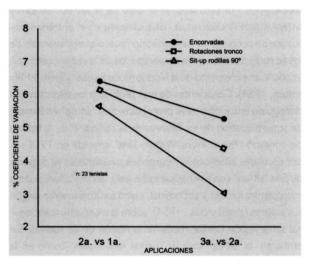


Figura 2. Coeficiente de variación del Error Metódico de tres pruebas de valoración de la fuerza-resistencia abdominal en 30 segundos.

Discusión

Si bien el número de sujetos de la muestra estudiada (n=23) es insuficiente para generalizar los registros numéricos (p.e., no pudiendo presentar valores normativos del número de repeticiones en cada prueba), el análisis efectuado nos indica que es suficiente para obtener conclusiones de aplicaciones metodológicas tanto en el campo de la valoración de la condición física como en la programación de ejercicios para desarrollar la fuerza-resistencia abdominal en diferentes ámbitos (escolar, entrenamiento deportivo, salud en adultos, etc.).

La baja correlación lineal de Pearson entre las diferentes pruebas estudiadas constata la especificidad de cada una de ellas y, por tanto, la bajísima validez comparativa entre ellas. En este mismo sentido, Vincent y Britton (1980) también observaron correlaciones bajas (r=0.39; p>0.05) entre un protocolo de "sit-up" similar al de este estudio y encorvadas estáticas. Desde la perspectiva de un examen biomecánico (p.e., las articulaciones y la musculatura más relevantes) y electromiográfico las pruebas son claramente distintas. Así, en la prueba de la sit-up el músculo psoas-ilíaco interviene de forma importante disminuyendo la participación de la musculatura abdominal como consecuencia de la fijación de los miembros inferiores. La acción de este músculo, como la del resto de flexores de la cadera, tira de las vértebras hacia adelante. De esta manera, la "sit-up" como prueba de valoración abdominal disminuye su

PRUEBA	ME	% v.	r	t	p(t)
Rotaciones 1 vs 2	2,06	6,3	0,77	5,70	***
Rotaciones 2 vs 3	1,75	4,9	0,81	4,54	***
Sit-up 1 vs 2	1,34	5,9	0,87	-3,41	**
Sit-up 2 vs 3	0,90	3,8	0,93	-0,82	ns
Encorvadas 1 vs 2	1,72	6,5	0,95	5,55	***
Encorvadas 2 vs 3	1,58	5,6	0,95	-1,40	ns

n: 23 tenistas; ME: Error metódico; % V: coeficiente de variación según ME; r: coeficiente de correlación de Pearson; t: valor t de Student, p(t): significación corregida por Bonferroni; ***: p<0,001; **: p<0,01; ns: no significativo (p>0.05)

Tabla 2. Índices de reproductibilidad entre dos administraciones de tres pruebas para valorar la fuerza-resistencia abdominal.

especificidad, en términos usuales, o validez, en términos metodológicos. Por otro lado, el empleo de la "sit-up" de forma sistematizada (incluyéndola habitualmente en el entrenamiento) puede propiciar un deseguilibrio muscular desfavorable de los flexores de la columna respecto a los de la cadera contribuyendo a un incremento de la hiperlordosis lumbar (Sinaki y Mikkelsen, 1984). Conscientes de este problema los expertos han distinguido entre diferentes protocolos de la "sit-up" en función de la participación de los flexores de la cadera. P.e., la batería de condición física "Kraus-Weber-Test" aplicada en 1953 sobre escolares americanos y europeos occidentales ya disponía de una "sit-up" con piernas estiradas para valorar la fuerza de la musculatura lumbar y abdominal, y otra exclusivamente, según sus autores (Kraus y cols., 1954), sobre la musculatura abdominal sin la región lumbar mediante la flexión de las rodillas. Sin embargo, la "sit-up" con las rodillas flexionadas (como en la prueba examinada en este estudio o incluida en la batería Eurofit) sigue requiriendo de una importante contribución del psoas-ilíaco a pesar de reducir la amplitud de movimiento o brazo de palanca muscular de este músculo (Ricci y cols., 1981; Robertston y cols., 1987). Por otro lado, los especialistas han determinado que la máxima flexión del tronco en la "sit-up" con rodillas flexionadas se obtiene entre los 66º (Barlow y Neeves, 1978) y los 75° (Ricci y cols., 1981).

Debido a la estrecha relación entre la fuerza-resistencia abdominal y los problemas de espalda en edad adulta, la "Fitness Canada" (asociación dependiente del gobierno canadiense) recomendó la aplicación de protocolos destinados a valorar específicamente la musculatura abdominal mediante la prueba de encorvadas ("curl-up") dado que no fija los pies y flexiona las rodillas en 90° (Faulkner y cols., 1989). Asimismo, para priorizar la flexión de la columna sobre la flexión de la cadera, el protocolo determina que las manos se deslizen sobre la colchoneta y establece la longitud de dicho desplazamiento entre 8 y 15 cm en adultos sanos para que el rango de flexión de la columna sea menor de 45° y, por lo tanto, implique al máximo la musculatura abdominal (De Lacerda, 1978).

Las pruebas de encorvadas y "sit-up" propuestas requieren poco utillaie (material e instalaciones) y éste es de fácil accesibilidad. dado que tan sólo requieren una colchoneta y un cronómetro. Si una persona quisiera ejecutar las "sit-up" sin ayuda podría ejecutarlas adaptándolas, p.e., mediante la fijación de los pies con los barrotes inferiores de las espalderas o de un sofá. Las pruebas pueden controlarse y registrarse mediante un solo examinador o ayudante que no requiere una formación especialmente cualificada. Por lo tanto, es útil para aplicarlo tanto con grandes grupos en poco tiempo (p.e., la mitad de los alumnos controlan y/o sujetan los pies de la otra mitad supervisados por el profesor) como individualmente para autocontrolarse o conocerse el propio examinado. Esta última faceta es importante como factor motivante de autosuperación o de creación de hábitos de actividad física fuera del ámbito formal de la escuela o club deportivo.

Robertson y Magnusdottir (1987) examinaron el índice de reproductibilidad en 20 estudiantes entre los 21 y los 37 años de las pruebas de "sit-up" y de encorvadas durante 60 segundos mediante ICC con ANOVA de I vía. Tras efectuar un ensayo previo de las pruebas el día anterior a los intentos medidos, obtuvieron ICCs similares a los calculados en este estudio. Asimismo, observaron que para un mismo desplazamiento de las manos (7.5 cm) en las encorvadas las mujeres efectuaban una flexión de la columna significativamente mayor (11º más) que los hombres.

Faulkner y cols. (1989) observó que determinadas personas no podían efectuar ninguna encorvada debido probablemente a un déficit de fuerza abdominal. Asimismo, en nuestra experiencia con escolares y deportistas hemos podido detectar casos en los cuales un individuo con un buen resultado en sit-up es incapaz de ejecutar las encorvadas por dicha insuficiencia. Este hecho es ilustrativo de la especificidad de cada prueba, pero también nos indica que es posible que para desarrollar o valorar la fuerza abdominal mediante las encorvadas sea necesario un período de entrenamiento previo. En este sentido, una posible metodolología sería la iniciación de este período mediante "sit-ups" con las rodillas y caderas progresivamente más flexionadas hasta eliminar la sujección de los miembros inferiores.

Conclusiones

- 1. El sexo del sujeto no influyó significativamente en el resultado de las pruebas.
- 2. La validez de cada una de las pruebas de evaluación estudiadas depende relevantemente de las demandas específicas de cada actividad física en particular. Concretamente, las encorvadas son la prueba de elección, entre las estudiadas, para valorar o desarrollar la fuerza-resistencia abdominal.
- 3. En caso de una fuerza-resistencia abdominal insuficiente para ejecutar las encorvadas, se sugiere introducir previamente un período de entrenamiento con sit-up, debido a la contribución

58



- de los flexores de la cadera en la acción de la musculatura abdominal.
- 4. La valoración inicial de la fuerza-resistencia abdominal mediante las pruebas de sit-up o encorvadas requieren de, al menos, un ensayo previo de dicha prueba para minimizar el efecto de aprendizaje de la prueba sobre la medición obtenida.
- 5. Las pruebas de encorvadas (ICC = 0,97) y de "sit-up con rodillas flexionadas" (ICC = 0,95) fueron altamente reproductibles y mostraron coeficientes de variación bajos entre las diferentes aplicaciones. Además requieren utillaje fácilmente accesible y personal poco especializado. Siendo, por tanto, pruebas de valoración fiables, útiles y aplicables.
- La valoración inicial de los rotadores del tronco según la prueba propuesta requiere más de tres ensayos previos. Así, se sugiere la necesidad de estudiar pruebas alternativas más aplicables y reproductibles.

Bibliografía

- BARLOW, D. A., NEEVES, R.E. (1978), "Biomechanical assessment of partial ilipsoas isolation in women and its implications for athletic training". En: Landry F., William A. R. (Éds.) Biomechanics of sports and kinanthropometry, Miami, Florida: Symposia Specialists. pp. 53-59.
- BAUMGARTNER, T. A. (1989), "Norm-referenced measurement: reliability". En: Safrit MJ, Wood TM (Eds.) (1989) Measurement concepts in physical education and exercise science. *Human Kinetics*, Champaign, Illinois. pp. 45-72.

- DE LACERDA, F. (1978), "Anatomical analysis of basic abdominal exercise". Journal of Physical Education, 75 (5), pp. 114-115.
- FAULKNER, R.A.; SPRIGINS, E.J.; MCQUARRIE, A.; BELL, R.D. (1989), "A partial curl-up protocol for adults based on an analysis of two procedures". Can. J. Spt. Sciences, 14 (3): 135-141.
- GUSI, N.; RODRÍGUEZ, F.A.; NÁCHER, S.; VALENZUELA, A. (1995), Valoración de la condición física relacionada con la salud en adultos: antecedentes, criterios y selección de pruebas. VIII Congreso Europeo de Medicina del Deporte. VI Congreso Nacional de la Federación Española de Medicina del Deporte. Granada.
- KRAUS, H., HIRSCHLAND, R. P. (1954), "Minimum muscular fitness test in school children". Research Quarterly 25 (2), pp. 178-188.
- MAC DOUGALL, J. D.; WENGER, H. A.; GREEN, H. J. (1995), Evaluación fisiológica del deportista. Paidotribo, Barcelona.
- PRAT, J. A.; CASAMORT, J.; BALAGUÉ, N.; y cols. (1993), Eurofit. La bateria Eurofit a Catalunya. Generalitat de Catalunya, Rubí, Barcelona.
- RICCI, B.; MARCHETTI, M.; FIGURA, F. (1981), "Biomechanics of sit-up exercises". Medicine and Science in Sports and Exercise, 13(1), pp. 54-59
- ROBERSTON, L. D.; MAGNUSDOTTIR, H. (1987), "Evaluation criteria associated with abdominal fitness testing". Research Quarterly for Exercise and Sport 58 (3), pp. 355-359.
- SINAKI, M.; MIKKELSEN, B. A. (1984), "Post menopausal spinal osteoporosis: flexion versus extension exercises". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 65, pp. 593-595.
- VINCENT, W. J.; BRITTEN, S. D. (1980), "Evaluation of the curl-up a substitute for the bent-knee sit-up". *Journal of Physical Education and Recreation*, *51* (2), pp. 74-75.

Características morfológicas y funcionales del aeróbic deportivo

Jesús López Bedoya

Doctor en Educación Física Profesor Titular de Universidad

Mercedes Vernetta

Doctora en Educación Física Profesora de la Universidad de Granada Juez Nacional de Aeróbic

Juan Carlos de la Cruz

Doctor en Medicina Profesor titular de Universidad Departamento de Educación Física Universidad de Granada

Palabras clave

aeróbic deportivo, morfología, frecuencia cardíaca, lactato, fuerza

Abstract

The aerobic has been expressed in the last years as the most practiced physical activity in the world. That summit impels in the decade of the eighty this activity as spectacle sport and competition, today still done not know in large part of the Spanish geography. We have approached the present study with the objective of analyzing some morfologic and functional characteristics of the subjects practice of aerobic sports and in this way to provide determined parameters of the profile of the specialty that they could facilitate interest elements for a greater knowledge and specific training.

This article does not deal with an analysis of Aerobic as a "gymnastic method with music for the maintenance and development of the general physical form of the individual with and aerobic basis" as defined Porta (1986), but rather of sport-aerobic, as a institutionalised competitive sport, with specific technical code, which seeks to measure the competitor's general skill.

Resumen

El aeróbic se ha manifestado en los últimos años como una actividad física de las más practicadas en el mundo. Ese auge impulsa en la década de los ochenta esta actividad como deporte espectáculo y de competición, hoy todavía desconocido en gran parte de la geografía española. Nosotros hemos abordado el presente estudio con el objetivo de analizar algunas características morfológicas y funcionales de los sujetos practicantes de aeróbic deportivo y de esta forma aportar determinados parámetros del perfil de la especialidad que puedan facilitar elementos de interés para un mayor conocimiento y entrenamiento específico. No se trata del análisis del aeróbic entendido como "Método de gimnasia con acompañamiento musical para el mantenimiento y desarrollo de la forma física general del individuo, con ejercicios fundamentalmente aeróbicos" que define Porta (1986), sino del aeróbic deportivo, como modalidad competitiva institucionalizada, con un reglamento técnico específico que busca medir la habilidad general de todo competidor.

Introducción

El aeróbic es sin duda una de las actividades físicas más practicadas en el mundo; es raro el gimnasio o centro deportivo que no cuente entre sus actividades con clases de aeróbic. Sus orígenes como especialidad de gimnasia y danza aeróbica surgen en la década de los 70 y su principal objetivo se basa en el desarrollo de la actividad para la mejora de la condición física con elementos recreativos. El importante auge hace que en la década de los 80 se constituya como actividad física de competición, y se consolide como una "nueva especialidad deportiva" con sus estamentos oficiales que han evolucionado y desarrollado de forma vertiginosa, Federación Internacional de aeróbic (IAF), Campeonatos Nacionales Americanos de aeróbic (NATCH), Federación Internacional de Deportes Aeróbicos y Fitness (FISAF). En 1994, pasa a formar parte de la Federación Internacional de Gimnasia como modalidad competitiva hecho que motiva la realización de un reglamento técnico, editado en abril de 1995, que regula las competiciones oficiales a nivel mundial en sus actuales categorías existentes: individual femenina, masculina, parejas y tríos.

60



El objetivo de la competición de aeróbic es medir la habilidad general de todo competidor/a mediante la presentación de una rutina o ejercicio de estilo libre donde demuestren al máximo sus cualidades físicas, técnicas y artísticas.

La totalidad del ejercicio deberá ser efectuada con música (pop, rock, disco, etc.) donde se permitirán diferentes efectos especiales y con una duración entre 1,45 minutos ± 5 s.

El contenido del ejercicio se deberá basar en la utilización de una serie de pasos básicos de aeróbic deportivo, junto con unas exigencias obligatorias específicas desde el punto de vista coreográfico y de dificultad, debiendo todo ejercicio tener, al menos, un elemento de cada grupo de dificultad existente.

En la actualidad, existen seis grupos estructurales de dificultad:

- I. Fuerza dinámica.
- 2. Fuerza estática.
- 3. Saltos y piruetas.
- 4. Fouttes (lanzamiento de piernas o patadas).
- 5. Equilibrios (sobre una pierna).
- 6. Flexibilidad (elementos de flexibilidad art. coxo-femoral).

Al mismo tiempo la dificultad se encuentra clasificada en seis niveles (desde la dificultad A a la F), siendo en la actualidad el valor de la dificultad F el más elevado.

El objetivo de este estudio se ha centrado en el análisis de algunos determinantes que caracterizan esta especialidad sobre la base de los rasgos morfológicos más comunes de los competidores de aeróbic, así como la determinación de ciertos parámetros del perfil fisiológico que caracteriza a los deportistas competidores.

Las cualidades físicas y sobre todo las condiciones orgánicas que debe poseer el competidor aeróbico son laboriosas de determinar, aunque esto no debe limitar la posibilidad de buscar y describir un modelo general que realmente pueda representar y ejemplificar la carga de trabajo en dicha especialidad deportiva durante la competición. El esfuerzo tanto si es muscular como orgánico, a que está sometido el gimnasta puede analizarse desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo, estudiando por un lado el comportamiento durante la competición y, por el otro, las cualidades físicas y fisiológicas con valoraciones funcionales de campo y de laboratorio.

Es previsible que una vez descritas las características reales de los movimientos en competición, el grado de presencia de éstos y las cualidades físicas que implican, estaremos en condiciones de describir las cualidades fundamentales del esfuerzo en competición y de esta forma realizar una planificación del entrenamiento más eficaz y por tanto objetivar la distribución de las cargas de forma más coherente.

Material y método

El estudio se realizó con 20 sujetos, de los cuales I I eran mujeres y 9 hombres, todos ellos competidores en aeróbic deportivo participantes en competiciones nacionales.

Pruebas de laboratorio

1. Medidas morfológicas y de composición corporal

Para las medidas morfológicas y de composición corporal se utilizó tallímetro, báscula y el impedanziómetro "Human IN". Los registros que se realizaron fueros los siguientes: edad, talla, peso, peso graso, porcentaje de grasa, peso magro y agua.

2. Test de Bosco

Mediante la plataforma de contacto "Ergojamp" (Sistema Bosco), consistente en una alfombra conductiva conectada a un sistema de cronometraje electrónico con hardware y software específico, accionado por el sujeto que abre el circuito en el momento del despegue y lo cierra en la recepción (Bosco, 1980).

Se realizaron los siguientes tests, Bosco (1981):

- a) Scuat Jump (SJ), esta primera prueba consiste en un salto sobre el tapiz partiendo de parado (salto sin contramovimiento), en posición de semiflexión (ángulo articular de la rodilla a 90°) con manos apoyadas en la cadera. Esta prestación viene efectuada usando principalmente la componente contráctil de los grupos musculares extensores de la articulación inferior, y consiste en una medida indirecta de la fuerza explosiva que se obtiene calculando la altura del C.G durante la ejecución del salto, a través de la medida del tiempo de vuelo. El tipo de trabajo es concéntrico.
- b) Test de salto con contramovimiento (CMJ), esta segunda prueba se realiza mediante un salto en el mismo tapiz precedido de carga (salto con contramovimiento), con flexión de la articulación de la rodilla 90° y con manos en la cadera. En esta prueba está presente el ciclo de estiramiento-acortamiento. La cualidad que investiga es la fuerza explosiva, capacidad de reclutamiento nervioso, expresión del porcentaje de fibras FT, reutilización de la energía elástica y coordinación intra e intermuscular. El tipo de actividad muscular es concéntrica precedida de una actividad excéntrica (contramovimiento).
- c) "Drop Jump" (DJ), el sujeto realiza un salto vertical sobre el tapiz cayendo desde diferentes alturas, 0, 20, 40, 60 cm, etc., con el objetivo de elevarse todo lo posible mediante un salto violento. La cualidad investigada es el "Stiffness" muscular, que representa la capacidad neuromuscular de desarrollar valores altísimos de fuerza durante el ciclo estiramiento-acortamiento, comportamiento viscoelástico de los músculos extensores de las piernas, reflejo miotático o reflejo de estiramiento, comportamiento de los propioceptores inhibidores (corpúsculos tendinosos de Golgi (CTG)).

3. Análisis de lactato y registros de la frecuencia cardíaca

La reglamentación del aeróbic deportivo de competición prohíbe expresamente la utilización de cualquier tipo de accesorios, aparte del propio vestuario de competición sujeto a normas establecidas.

	N	EDAD .	PESO	TALLA	P. GRASO	% DE GRASA	P. MAGRO	AGUA
Hombres	9	25±3	73±5	176±5	10,66±3,05	7,75±1,86	66,75±5,97	43,24±4,07
Mujeres	11	25±4	54±8	159±7	20,09±5,03	10,99±3,43	43,39±6,66	32,57±4,58

Tabla 1. Valores medios de los parámetros morfológicos.

	T					
Collection of the Collection o	SJ	CMJ	DJ0	DJ20	DJ40	DJ60
Media	36,11	38,34	39,91	38,87	38,68	39,6
SD	±6,91	±6,50	±7,32	±5,81	±7,48	±6,09
Rango	41,4–52,4	32,9-53,6	35,2-56,9	30,4-52	30,3-54,7	30,9-53,3

Tabla 2. Valores medios en el Test Bosco Sistem Hombres (N = 9).

	SJ	CMJ	DJ0	DJ20	DJ40	DJ60
Media	26,47	31,16	30,84	31,24	32,75	34,15
SD	±6,20	±6,23	±6,10	±5,69	±7,90	±8,69
Rango	16,4-36,2	21,1-41,8	23,1-41,8	23,7-41,8	23,3-40,7	22,4-42,4

Tabla 3. Valores medios en el Test Bosco Sistem Mujeres (N = 11).

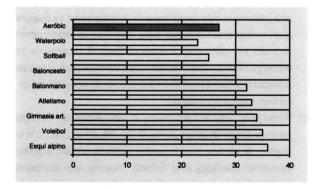


Figura 1. Resultados obtenidos por deportistas del sexo femenino en varias especialidades deportivas en la prueba de SJ en el Test de Bosco (valores de referencia, Lupo y col., 1992, modificado).

Este motivo nos ha llevado a la necesidad de obtener nuestros registros en situaciones simuladas de competición, con el mismo repertorio de ejercicios, tiempo de ejecución, vestuario, etc.). No obstante, en este tipo de deportes, que se caracterizan por la realización de ejercicios de una alta complejidad en sus habilidades pre-acrobáticas, se hace imposible la realización de pruebas de consumo de oxígeno con sistemas telemétricos, tales como el "K2

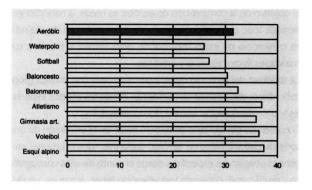


Figura 2. Resultados obtenidos por deportistas del sexo femenino en varias especialidades deportivas en la prueba de CMJ en el Test de Bosco (valores de referencia, Lupo y col., 1992, modificado).

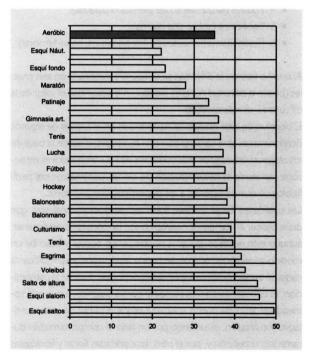


Figura 3. Resultados obtenidos por deportistas del sexo masculino en varias especialidades deportivas en la prueba de SJ en el Test de Bosco (valores de referencia de Bahr y col., 1991; Bosco, 1985; DalMonte y Faina, 1988; Vitasalo, 1989; Gallozzi, 1992, modificado).

Cosmest", realmente funcionales en otras disciplinas deportivas de acciones motrices más naturales. Esto limitó nuestras pruebas al registro de la frecuencia cardíaca y al análisis de ácido láctico:

 a) Registro de la frecuencia cardíaca (FC). Se registró mediante la utilización de pulsómetros marca "Polar Sport Tester", programado para la toma de registros cada 5 segundos.



b) Análisis te lactato. Se utilizó el sistema "Accusport de Boheringer" para química seca, con tiras reactivas. El protocolo se realizó con la extracción de sangre del lóbulo de la oreja antes del comienzo de la prueba, inmediatamente después, al minuto, a los tres minutos y a los cinco minutos.

Resultados y discusión

Para el análisis de los resultados hemos realizado estadística descriptiva, mostrando la media, desviación standard y rango de los parámetros morfológicos y fisiológicos.

- a) Parámetros morfológicos. Observamos valores en la tabla I, en los que se pueden resaltar una estatura media de los hombres, situada en 176 \pm 5 cm, con un peso de 73 \pm 5 kg y un porcentaje de grasa de 7,75 \pm 1,86 y 43,24+/- 4,07 litros de agua mientras que para las mujeres la talla media es de 159 \pm 7 cm, el peso de 54 \pm 8 kg y un porcentaje de grasa superior al de los hombres de 10,09 \pm 3,43 y una disminución de litros de agua con 32,57 \pm 4,58
- b) Test de Bosco. Los resultados obtenidos en las pruebas del Test de Bosco se aprecian en los hombres (tabla 2), valores medios de 36, 1 | para el SJ; 38,34 para el CMJ, mientras que para el DJ a la altura del suelo se obtuvieron 39,91; a 20 cm 38,87; a 40 cm 38,68 y a 60 cm 39,6. En las mujeres (tabla 3), los valores obtenidos fueron 26,47 en SJ; 31,16 en el CMJ y para el DJ a la altura del suelo 30,84; a 20 cm 31,24; a 40 cm 32,75 y a 60 cm 31,15. En la prueba de SJ, se apreciaron valores aceptables en mujeres (fig. 1), ligeramente superiores a deportes como el waterpolo e inferiores a deportes en que la exigencia de salto se plantean decisivas, tales como el baloncesto, el voleibol, esquí alpino, etc. En la prueba de CMJ (fig. 2), sin embargo esas diferencias se minimizan observándose valores en algunos casos ligeramente superiores, como por ejemplo baloncesto.

En hombres estos valores también se observan intermedios en el SJ (fig. 3) y el CMJ (fig. 4), por encima de especialidades de larga duración y muy similares a otros como el baloncesto, tenis, fútbol, etc., pero inferiores a deportes de alta exigencia de salto como el voleibol y los saltos de esquí.

Estos resultados no se dan en el DJ (fig. 5), en el que se observan resultados altos para los competidores de aeróbic, situándose en la franja alta de aquellos deportes de gran exigencia de salto, baloncesto, voleibol, triple salto, etc., apreciándose también los mejores resultados en los hombres en el salto a nivel del suelo y desde 60 cm, y para las mujeres en el salto desde 60 cm, lo que representa una buena capacidad de trabajo en condiciones pliométricas y por tanto un elevado "Stiffnes" o capacidad neuromuscular de desarrollar valores altos de fuerza durante el ciclo estiramiento-acortamiento, comportamiento viscoelástico de los músculos extensores de las piernas, aspecto que requiere un componente de fibra rápida importante.

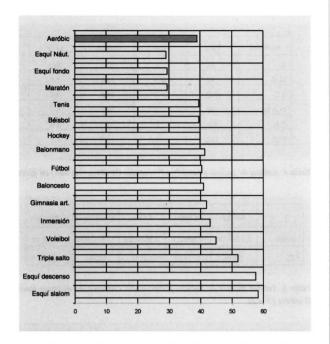


Figura 4. Resultados obtenidos por deportistas del sexo masculino en varias especialidades deportivas en la prueba de CMJ en el Test de Bosco (valores de referencia de Bahr y col., 1991; Bosco, 1980-1992; Hakkinen, 1989; Egger, 1992; Levola, 1992; Gallozzi, 1992, modificado).

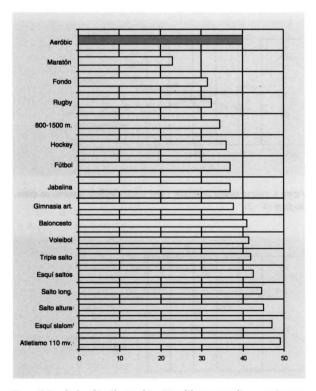


Figura 5. Resultados obtenidos por deportistas del sexo masculino en varias especialidades deportivas en la prueba de DJ en el Test de Bosco (valores de referencia de Bahr y col., 1991; Bosco 1985; DalMonte y Faina, 1988; Vitasalo, 1989, modificado).

SUJETOS	PM 0	LO	PM Fm	LFm	PM 1m	L1 m	PM 3 m	L3m	PM 5 m	L5m
S	90	4	170	6,3	110	5	93	5,4	84	5,4
M.V.	82	0,6	186	7,8	142	7,5	99	6,8	92	7,3
J.C.	100	1	159	3,9	106	8,8	106	7,7	104	3,3
M.A.M.	106	3	185	5	96	2,3	101	6,4	106	6,4
E.N.	99	2	175	3,9	103	3,7	94	5,3	103	5,1
E.P.	100	1	187	4,3	124	3,9	111	5	108	1.7

Tabla 4. Análisis de Lactato (mmol/l) y Frecuencia Cardíaca (lat/min) en distintas fases: Antes del ejercicio, finalizado el ejercicio y después de 1, 3 y 5 minutos.

	ANTES	AL FINAL	A 1 min	A LOS 3 min	A LOS 5 min
Lactato	2,05±1,06	4,45±0,7	5,55±4,59	7,05±0,914	4,85±2,19
F.C.	103±4	172±18	101±7	103±4	105±1

Tabla 5. Valores medios de Lactato y Frecuencia Cardíaca en distintas fases Hombres (N = 2).

OF STREET	ANTES	AL FINAL	A 1 min	A LOS 3 min	A LOS 5 min
Media	2, ±1,61	5,57±1,81	5,02±1,74	5,62±0,80	4,87±2,33
F.C.	92±8	179±8	119±17	99±8	96±10

Tabla 6. Valores medios de Lactato y Frecuencia Cardíaca en distintas fases Mujeres (N = 4).

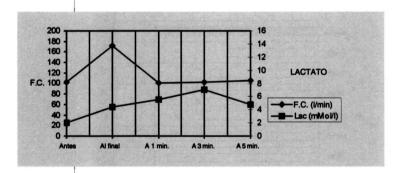


Figura 6. Valores medios de Lactato y Frecuencia Cardíaca Hombres en distintas fases (N = 2).

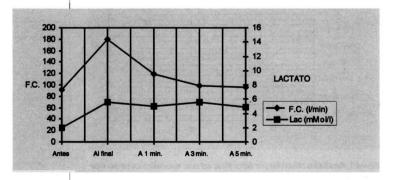


Figura 7. Valores medios de Lactato y Frecuencia Cardíaca Mujeres en distintas fases (N = 4).

c) Análisis de Lactato y Frecuencia Cardíaca

Los resultados obtenidos en las determinaciones de lactato en el sexo masculino (tabla 5), muestran valores de 2.05 +/- 1.06: 4.45 + /-0.7; 5.55 + /-4.59; 7.05 + /-0.914 y <math>4.85 + /-2.19, y en el sexo femenino (tabla 6), se obtuvieron valores de 2 +/-1.61; 5.57 + / - 1.81; 5.02 + / - 1.74; 5.62 + / - 0.8 y 4.87 + / -2,33, antes, al final del ejercicio, al minuto, a los tres minutos y a los cinco minutos respectivamente. Estos valores muestran niveles inferiores a los obtenidos en otros deportes de similar duración pero de esfuerzo mantenido. Esto se debe a las propias características de esta especialidad, porque el esfuerzo que se requiere durante todo el ejercicio no está continuamente a nivel máximo como en el caso del atletismo o la natación. Presentan un nivel máximo intermitente, y por lo tanto, los sistemas energéticos no se encuentran bajo una presión máxima durante el período de ejecución. Se alternan cargas de alto impacto, posiciones de equilibrio, elementos coreográficos, etc., aspectos que confiere a esta especialidad unas características anaeróbicas fraccionadas. El sistema anaeróbico es la fuente energética principal en el aeróbic deportivo. En las fases de recuperación los mayores niveles de lactato se alcanzan a los 5 minutos, debido a la insuficiencia aeróbica para mantener el metabolismo energético durante la recuperación inmediata. La respuesta de la frecuencia cardíaca a un ejercicio completo es más bien alta, 172 lpm, en los hombres, y 179 lpm en las mujeres (figs. 6 y 7). Se pudo observar una subida importante en la frecuencia cardíaca (respuesta anticipatoria) antes del comienzo del ejercicio en todos los deportistas examinados. Esto no es un hecho inusual, puesto que dicho fenómeno ha sido descrito en deportes que requieren un esfuerzo físico de gran potencia pero de corta duración, tal como ocurre en los saltos de esquí, las carreras de velocidad o la halterofilia, Montpetit (1976). Los datos de la fig. 8, muestran los valores medios de lactato en distintas especialidades deportivas.

Conclusiones

Las características morfológicas fundamentales de los practicantes de aeróbic se basan en una alta capacidad muscular necesaria



para la realización de los movimientos, con unas condiciones de peso reducido, lo que exige condiciones importantes de fuerza efectiva. Al ser un deporte de características tecno-motrices importantes, los factores neuromusculares juegan un papel importante y es preciso dar una atención prioritaria a dichos factores durante el entrenamiento. Obtener por tanto, un buen rendimiento en especialidades con grandes exigencias de saltos (fundamentalmente fuerza explosiva, y reactivo-explosivo-balística) como el aeróbic requiere de un componente de fibra rápida importante. El aeróbic deportivo en el ejercicio de competición se desarrolla en un tiempo aproximado de 2 minutos de duración, a través de esfuerzos cortos y repetidos de alta y media intensidad. Las exigencias metabólicas del aeróbic deportivo en cuanto a los sistemas orgánicos de consecución de energía, se encuentran entre un juego funcional entre el fosfágeno de reserva y la glucolisis anaeróbica, que corresponde a dos sistemas anaeróbicos, de corta duración, baja rentabilidad, con posibilidades de ofrecer la potencia máxima pero de limitada capacidad. Las exigencias metabólicas son más bajas que pruebas cortas de alta intensidad como las carreras de velocidad o natación que mantienen la máxima intensidad en toda la prueba. La resistencia anaeróbica específica en el aeróbic deportivo es el factor clave una vez que se dominan las destrezas individuales. No obstante referido al entrenamiento, algunos estudios han demostrado en deportes de similares características como la gimnasia artística, Marina (1990), que aquellos atletas que manifestaban una menor potencia aeróbica (VO₂ max), tenían mayores fluctuaciones y un rendimiento global menor en el entrenamiento.

Nota

Agradecimiento a los colaboradores Francisco Panadero; Francisco García; Nacho Cantos y Sergio Gausach.

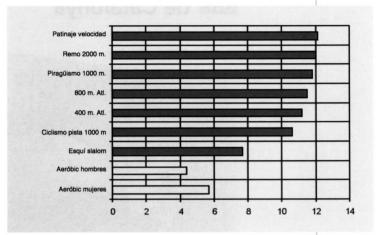


Figura 8. Valores medios de Lactato (mMol/l) en distintas especialidades debortivas.

Bibliografía

ACEVEDO, M. (1994), "La ginnastica aerobica come base d'attivita motoria preparatoria agli altri sport". Gymnico. N.º 10, pp. 20-23.

BOCCATO, S. (1994), "Il condizionamento musculare nella ginnastica aerobica". Gymnico. Sup. 4, pp. 16-18.

CÓDIGO DE PUNTUACIÓN DE AERÓBIC DEPORTIVO (1997). Federación Internacional de Gimnasia (FIG). Edición 1997-2000.

GUNTER, G.; HARRISON, P.; TALLY, J.; DUNNAM, L. (1992), ¿Es útil la danza aeróbica? Sport & Medicing, mayo-junio, pp. 32-35.

LUPO, S.; SERIACOPI, D.; MARINI, C.; DI CAVE, P.; BOCCATO, S.; PESTILLI, C. (1994), "Caratteristiche fisiologiche dei soggetti praticanti la ginnastica aerobica". Gymnico. Sup. 11, pp. 21-25.

MARINA, M. (1990), "Valoración de la frecuencia cardíaca en Gimnasia Artística". Revista de Entrenamiento Deportivo, vol. 4, n.º 5, pp. 7-13.

MONTPETIT, R. (1984), "Physiological Aspect of Gymnastic Trining". World Identification Sistem For Gymnastic Talent. Editado por Petiot, Salmela, Hoshizaki. Montreal, pp. 181-196.

TECNICAL REGULATIONS (1996), Federation Internationale des Sports Aerobics et Fitness.

VARIOS AUTORES (1986), La Educación Física en la Enseñanzas Medias. Ed. Paidotribo, Barcelona.

Los coeficientes ofensivos y defensivos. Una aportación al estudio práxico de los deportes de equipo

Mario Lloret

Doctor en Ciencias de la Educación Profesor de Anatomía del INEFC-Barcelona

Palabras clave

waterpolo, táctica, praxiología

Abstract

Water polo is an aquatic team sport, subject to rules and institutionalised, played on the limited surface of a swimming pool between two groups of seven field players (6 players and a goalkeeper) and with the aim of introducing the ball in the opposing net. The object of the study is centred on the praxical analysis of the game action of 10 water polo matches in the preliminary stage and semi-finals of the Olympic Games, Barcelona, 1992, which helped us to establish the coeficients of offensive and defensive evaluation, for the quantification of the praxis of whatever team game. To do it, it was necessary to establish a way that will grafically or textually to represent the sequences of game action effected by players of a sport team, and that could catch all the praxical development of the game -the Praxiograma- which will study the Praxical Actions of Sport carriers of an Explicit, Internal Logic. As a consequence of this method we could establish the offensive and defensive coeficients of a team sport that allowed us to quantify the technical actions and tactics that we consider more relevant to our work. The evaluation via offensive and defensive coeficients is a new method to study and

analysis of sports of co-operation and opposition that provide concrete information about specific actions in a game, and can be useful to the technician. In this way, the results of those coeficients in the Olympic Games, Barcelona 92, could be a point of departure and a valid contribution so that other investigators position and make correlation studies on analysis to improve said coeficients or the creation of others more relevant in their team sport. The possibility derives from this study to make praxiograms by computer methods and thereby realize a rapid treatment of the facts and direct and relevant information for the technician. From the data forms or sheets are generated the papers of the classification of facts and those of interaction attack defence, as well as the graphics and all the statistical treatment that one wants to look at in the match or competition to be analized. Besides praxiogramatic results considered, this study is presented as a method at the reach of technicians and high level trainers, to optimising the performance of their players and teams, from an exhaustive knowledge of each one of the

game plays made during a game.

Resumen

El waterpolo es un deporte acuático de equipo, sujeto a unas normas e institucionalizado, que se practica en una superficie limitada de piscina entre dos conjuntos de siete jugadores de campo (seis jugadores y portero) y con la finalidad de introducir el balón en la portería contraria.

El objeto de estudio se centró en el análisis práxico de la acción de juego de 10 partidos de waterpolo de la fase preliminar y semifinales de los Juegos Olímpicos de Barcelona-1992, que nos ayudaron a confeccionar los coeficientes de valoración ofensiva y defensiva, para la cuantificación de la praxis de cualquier juego de equipo. Para ello fue necesario establecer un procedimiento que representara gráfica o textualmente las secuencias de la acción de juego efectuadas por los jugadores de un equipo deportivo, y que pudiera recoger todo el desarrollo práxico del juego -el Praxiograma-, el cual estudiará las acciones práxicas del juego portadoras de una lógica interna explícita. A consecuencia de este procedimiento pudimos establecer los coeficientes ofensivos y defensivos del juego de equipo que nos permitieron poder cuantificar las acciones técnicas y tácticas que consideramos más relevantes para nuestro trabajo. La valoración mediante coeficientes ofensivos y defensivos es un nuevo método de estudio y análisis de los deportes de cooperación y oposición que proporciona una información concreta sobre acciones específicas de juego, y que pueden ser de interés al técnico. En este sentido, los resultados de estos coeficientes en los Juegos Olímpicos de Barcelona-92, podría ser un punto de partida y una aportación válida para que otros investigadores se posicionen y efectúen estudios de correlación o análisis para la mejora de dichos coeficientes o la creación de otros más relevantes en su deporte de equipo.

De este estudio se deriva la posibilidad de realizar praxiogramas por métodos informáticos y conseguir un rápido tratamiento de los datos e información directa y relevante para el técnico ya que, a partir de las planillas u hojas de recogida de datos se generan las hojas de clasificación de datos y las de interacción ataque/defensa, así como los gráficos y todo el tratamiento estadístico que desee contemplarse en el partido o competición a analizar.

Además de lo considerado como resultados praxiogramáticos, este trabajo se plantea como un medio al alcance de los técnicos y entre-



nadores de alto nivel, para optimizar el rendimiento de sus jugadores y equipos, a partir del conocimiento exhaustivo de cada una de las acciones de juego realizadas en el transcurso del partido.

Introducción

El waterpolo, deporte poco conocido bibliográfica y reglamentariamente hablando, goza de unas raíces históricas innegables que se remonta a principios de siglo y que se ha consolidado como uno de los deportes de equipo con mayor proyección internacional a juzgar por los resultados que se han ido sucediendo en los inicios de la década de los años noventa y, sobre todo, como consecuencia de la plata olímpica de Barcelona-92, de donde partió este estudio (1) y, en mayor medida, del oro olímpico conseguido en Atlanta-96.

Pero no podríamos iniciar la exposición teórica de este deporte sin exponer unos criterios definitorios del mismo. El waterpolo es el nombre que recibe un juego que es practicado en el agua y que debe su nombre originario a una acepción inglesa que traducida literalmente podría significar Polo Acuático. Pero la definición técnica más precisa, sin lugar a dudas sería:

El waterpolo es un deporte acuático de equipo, sujeto a unas normas e institucionalizado, que se practica en una superficie limitada de piscina entre dos conjuntos de siete jugadores de campo (seis jugadores y portero) y con la finalidad de introducir el balón en la portería contraria.

Desde una visión praxiológica, el waterpolo se podría definir como: deporte reglamentado de colaboración-oposición, que se comunica estratégicamente a través de la ejecución de unas acciones de juego en el medio acuático, portadoras de significación práxica (implícita o explícita) y cuya finalidad sería la interacción de marca entre los conjuntos integrantes del duelo simétrico (2).

Objeto de estudio

El objeto de estudio se centró, en este estudio, en el análisis práxico de la acción de

juego de 10 partidos de waterpolo de la fase preliminar y semifinales de los Juegos Olímpicos de Barcelona-1992, que nos ayudaron a confeccionar los coeficientes de valoración ofensiva y defensiva, para la cuantificación (por parte del equipo técnico, si así lo requiriera) de la praxis de cualquier juego de equipo.

Material y métodos

Criterios de elección y selección de los partidos

El criterio de elección de los partidos expuestos respondió a las siguientes pautas:

- a) Se escogieron 10 partidos, siguiendo la Metodología del Grupo de Estudio e Investigación Sociomotriz.(3) Los partidos seleccionados fueron:
 - Hungría-Italia (HUN-ITA)
 - Grecia-Cuba (GRE-CUB)
 - España-Holanda (ESP-HOL)
 - España-Grecia (ESP-GRE)
 - Cuba-Hungría (CUB-HUN)
 - Italia-Cuba (ITA-CUB)
 - Hungría-España (HUN-ESP)
 - Comunidad de Estados Indep.-Estados Unidos (EUN-USA)
 - Comunidad de Estados Indep.-Italia (EUN-ITA)
 - Estados Unidos-España (USA-ESP)
- b) Se escogieron los partidos de la fase preliminar por ser el estadío competicional donde todos los equipos se jugaban todas las posibilidades de acceder a lugares privilegiados de la clasificación y llegar a rondas finales.
- c) Se eligió esta muestra porque el Torneo Olímpico es donde, a priori, cabía reunir la máxima expresión de la acción de juego del waterpolo, en cuanto a su nivel competitivo, estratégico, técnico y de los sistemas de juego, para un posterior análisis práxico.
- d) Se decidió estudiar, sobre todo, el grupo donde intervenía España, por ser la anfitriona, porque estaba obligada a ganar todos sus partidos y afrontaba una mayor responsabilidad, lo cual tenía que gene-



rar acciones de juego de relevante interés y, obviamente, porque nos interesaba nuestro juego, para aportar datos que nos ayudasen a modificar o a reflexionar en los fallos o errores tácticos, así como en la comprensión del sistema de juego utilizado por España.

- e) Se desestimaban los partidos jugados entre los equipos mal clasificados por la posibilidad de desvirtuar el estudio, ante su pasividad, por la no consecución de primeras plazas de grupo.
- f) Se escogían los partidos de semifinales por la oportunidad dasificatoria que suponía para los cuatro equipos y la oportunidad competitiva que se derivaba, en la cual no se desvirtuaba ninguna acción de juego.
- g) Se desestimaron las rondas finales por la posible pasividad de algunos equipos al no hallarse entre los cuatro primeros clasificados y poder desvirtuar el estudio. De esta forma equipos, teóricamente más débiles, se encontraban con la facilidad de llegar a puestos altos de la clasificación final.
- h) Se desestimó la final por:
 - Ser el partido más largo. La presencia de las tres prórrogas le confiere a la final un trato especial en relación a los anteriores encuentros y podía hacer variar los resultados estadísticos.
 - La trascendencia del partido, que podía enmascarar situaciones tácticas y recursos estratégicos, debido a que los equipos no arriesgaban más de lo necesario.

Método de observación

La metodología de observación seguida para el desarrollo del presente estudio ha



Una vez filmados los partidos, se reprodujeron con la ayuda del magnetoscopio Sony VHS, Mod. SLV-262 PAL-HQ, en un monitor de TV Sony Trinitron Color, Mod. KV 1421 E de 21", para el análisis práxico de los mismos.

Método de estudio de la acción de juego en base al modelo funcional. El praxiograma

Para Parlebas, P. (1981) (7), Praxiograma es la "Représentation graphique de la séquence des actes moteurs successivement accomplis par un individu ou un groupe qui exécute une tâche motrice". (Representación gráfica de la secuencia de los actos motores sucesivamente realizados por un individuo o un grupo que ejecuta una tarea motriz).

Tras la definición, este autor prosigue más

adelante afirmando "Dans le cas d'un jeu sportif, le praxéogramme devient un ludogramme". (En el caso del juego deportivo, el praxiograma deviene en ludograma). En este caso, no estamos de acuerdo con dicho autor, ya que consideramos que se trata de dos cosas distintas. Para nosotros, Praxiograma será la representación gráfica o escrita de las secuencias de la acción de juego efectuadas por los jugadores de un equipo deportivo, y que recoge todo el desarrollo práxico del juego. Se diferencia del ludograma en que éste plasma los subroles realizados por los jugadores en sus continuos intercambios rólicos (a excepción del portero que no cambiaría de rol), y por lo tanto estudia las acciones de juego con significación práxica virtual (8). En cambio, el Praxiograma estudiará las acciones práxicas del juego y serán portadoras de una ló-

Confección del praxiograma

gica interna explícita (9).

El Praxiograma o praxograma es el medio de representación gráfica o escrita de la acción de juego en los deportes de equipo y, en concreto, del waterpolo, y que se ha extraído de la hoja de recogida de datos. Está configurado por:

- I. Hoja de clasificación de los datos
 - Que genera hojas de resultados gráficos y estadísticos
- 2. Hoja de interacción ataque/defensa (10)
 - Que genera hojas de resultados gráficos y estadísticos

Como que la hoja de recogida de datos (o planilla) genera los praxiogramas es conveniente mostrar el método seguido para la confección y cumplimentación de estas hojas.

Hoja de recogida de datos

La hoja de recogida de datos es el medio que permite plasmar, por escrito, la evolución práxica del juego y genera la hoja de clasificación de datos. En ella debíamos tener en cuenta:

- La confección de una leyenda
- Hoja de recogida de datos para la defensa
- Hoja de recogida de datos para el ataque

La leyenda. La leyenda es el método abreviado de escritura que permite transcribir lo sucedido y explicitado en el juego. Las abreviaturas que se han elaborado al efecto se pueden consultar en la figura 1.

Hoja de recogida de datos de la defensa. La hoja de recogida de datos para la defensa se construye a partir de unos elementos de referencia que permiten anotar todas las circunstancias del juego. Esta hoja se rellena a partir de la utilización de una leyenda que nos permite codificar rápidamente todas las acciones de juego y efectuar un seguimiento posterior, como si del partido se tratara (fig. 2).

Hoja de recogida de datos del ataque. La hoja de recogida de datos para el ataque se construye exactamente igual que la anterior, considerando los elementos de la acción de juego intervinientes en los modelos defensivos. Esta hoja se rellena a partir de la utilización de la leyenda descrita, que nos permite codificar rápidamente todas las acciones de juego y efectuar un seguimiento

sido una observación sistematizada y preparada de tipo natural (4), por un método subjetivo e indirecto (5).

El método seguido por parte del observador ha sido el de una observación participante de tipo pasivo (6) mediante registro videográfico que nos permitió visionar tantas veces como fue necesario los comportamientos y acciones de juego con el fin de consignar en registros escritos, los hechos acaecidos en el terreno acuático, de tal forma que nos permitiese seguir la evolución práxica y significante del juego waterpolístico.

Material y método de filmación

Para la filmación de estos partidos se ha utilizado una cámara de vídeo del sistema Video-8, marca Sony y modelo Handycam SP-5. Las filmaciones han quedado registradas en 5 cintas Sony P5 –90 HP– Metal. Las mencionadas grabaciones se han copiado a un sistema VHS para su estudio y continuo repaso. De esta forma, no se dañan las cintas originales de la Federación Española de Natación.

Se encuadró todo el terreno de juego en el inicio de partido. Una vez que un equipo se hacía con la posesión del balón y avanzaba a posiciones ofensivas, se encuadraba con el zoom la media piscina de juego, para mejorar la visualización de las acciones de juego. Mediante una técnica de barrido, se permitía el seguimiento de forma homogénea del desarrollo de la acción de juego. En estos partidos se registraron:

- Los modelos de ejecución técnica
- Los sistemas de juego
- El comportamiento estratégico de dichos equipos



n.º+	= Posesiones consecutivas del balón
Mn.º	= Movimiento del n.º ?
мт	= Movimiento de todos los jugadores
СО	= Colocación
TR	= Transición
Pn.º-n.º	= Pantalla de los números ?
2B	= Doble boya
ES	= Ataque estático
n.º+n.º	= Superioridad/Inferioridad
n.ºxn.º	= Contraataque
LP	= Lanzamiento de penalty
Pn.º	= Posición de lanzamiento
мс	= Lanzamiento medio campo
DA	= Lanzamiento derecha alto
DB	= Lanzamiento derecha bajo
CA	= Lanzamiento centro alto
СВ	= Lanzamiento centro bajo
IA	= Lanzamiento izquierda alto
IB	= Lanzamiento izquierda bajo
VD	= Lanzamiento vaselina derecha
vc	= Lanzamiento vaselina centro
VI	= Lanzamiento vaselina izquierda
PP	= Pase del portero
J	= Jugador
Р	= Portero
IT	= Intercepción
RE	= Rechace
RO	= Robo
PR	= Perdida
R	= Recuperación
НВ	= Hundimiento del balón
PL	= Palo
FU	= Balón fuera
FA	= Falta en ataque
FP	= Final de la parte
Zn.º	= Defensa en zona número ?
ZT	= Zona total
IN	= Defensa individual
IP	= Defensa individual presionante
PT	= Presión Total
SD	= Sin determinar

Figura 1. Leyenda utilizada para transcribir las acciones de juego a la hoja de recogida de datos.

= Tiempo máximo de posesión del balón

35"

8 de agosto de 1992 Estadística de USA en Defensa			Partido 4.ª parte	Fase semifinal Resultado final 4-6					
Acciones defensivas	1	1	1+	2+	3+	4+	5	1	1
Tiempo de juego	27	27	23	9	12	11	32	12	21
Contraataque									
1.ª Defensa	ZT	ZT	ZT	Z1-2-3	3+2	3+2	Z1-2-3	TR	Р
1.er Ataque	M2	ES	ES	ES	4+2	4+2	M2	TR	СО
2.ª Defensa	ZT								
2.º Ataque	ES			1					
3.ª Defensa									
3.er Ataque			1						
Pases	8	5	3	3			7-8	1	4
Pases al boya				1	4.0		1	100	1
Faltas ordinarias			1				1-2		3
Faltas ordinarias al boya							1		
Expulsión				6					
Pases en inferioridad					8	1			
Penalty									
Lanzamiento		Р3	P2		P5	P3		P1	P6
Gol					725	1/15		DB	
Parada del portero									СВ
Rechace		JIA	JDB		PCBPR	JDB			
Corner			J			j			
Balón al palo		1							
Balón fuera									
Recuperación del balón	HB1	RE				e Treige I	RO1		

Figura 2. Ventana de la planilla de USA en defensa en el partido USA-ESP (4.º parte). En la 1.º columna de recogida de datos se explicita: USA está realizando una acción defensiva (1) que dura 27 s (27), con la forma defensiva Zona Total (ZT) que se ataca, por parte de España, con ataque estático y movimiento individual por la posición 2 (M2). En la misma acción defensiva, en la que USA se mantiene en ZT, España cambia de táctica ofensiva y continúa con ataque estático puro (ES). España ha realizado 8 pases (8) y pierde el balon por hundimiento del mismo en posicion 1 (HB1). USA recuperaría el balón, y deberíamos continuar la jugada con la plantilla de USA en ataque.

posterior, como si del partido se tratara (fig. 3).

1. Hoja de clasificación de los datos. La hoja de clasificación de los datos viene generada por la anterior y recoge sistematizadamente todas las acciones de juego presentes en el waterpolo y objeto de estudio de este trabajo.

A su vez, esta hoja de clasificación de datos nos proporcionará una dimensión funcional y un método de estudio de la interacción del juego (ataque-defensa), de la interacción del partido y de la interacción en el transcurso de la competición.

Estas hojas se construyen a partir de una clasificación que nosotros hemos adoptado en función de los datos recogidos, intentando no repetir conceptos para no confundir el estudio informático realizado. Estas hojas se han rellenado manualmente tras el análisis de la hoja de recogida de datos y su posterior traslación —ordenada— a la hoja de clasificación. Una vez realizado esto, se trasladó a la hoja de clasificación informática, para el cálculo automático de los por-

centajes y elaboración de coeficientes (y gráficos si se deseara).

Los datos generados por las planillas se han introducido, ordenadamente, en cada una de las 4 casillas que indican el período de los que consta un partido, tras la generación de las 30 variables de ataque y las 24 de defensa que integraban la totalidad de la hoja de clasificación de los datos. La última casilla vertical realiza el cálculo porcentual de los datos de cada una de las variables (ver fig. 4).

Las hojas de clasificación de los datos se dividen en:

8 de agosto de 1992 Estadística de USA en Ataque				USA-Espa	Fase semifinal Resultado final 4-6				
Posesiones de balón	1	1	1	1	1	1+	2+	3	1+
Tiempo de juego	24	32	11	12	31	19	10	12	17
Contraataque									
1.er Ataque	ES	M5	TR	TR	ES	TR	4+2	4+2	МТ
1.ª Defensa	IN	IN	TR	IP	IP	PR	3+2	3+2	IP
2.º Ataque					ES				3
2.ª Defensa		1			Z3				1000
3.er Ataque									V 1
3.ª Defensa									2 910
Pases	5	4-2		2	8	1			4
Pases al boya	1	0		1		1			1
Faltas ordinarias	1	0-1		1	3				3
Faltas ordinarias al boya		1					100		
Expulsión		C-ell				6			6
Pases en superioridad							4	3	
Penalty									
Lanzamiento		4 4 6		To Alex	P4	1 30	P3	P1	
Gol									
Parada del portero									
Rechace							PIBR	PIB	
Corner									
Balón al palo					IA				
Balón fuera									100
Pérdida del balón	PR6	RO5	TR	FA6		in a line		RE	

Figura 3. En el mismo partido anterior, y continuando la acción de juego antes iniciada, USA tendrá una posesión de balón (1), que durará 24 s (24). En esta acción ofensiva, este equipo se dispone en ataque estático puro (ES), y España defiende con individual (IN). USA realiza, en este ataque, 5 pases en el perímetro (5), 1 pase al boya (1) y provoca una falta ordinaria (1). USA pierde el balón en la posición 6 (PR6) y lo recupera España que volvería al ataque.

- Hojas de clasificación de las acciones defensivas
- Hojas de clasificación de las acciones ofensivas
- 2. Hoja de interacción ataque/defensa. Hemos comentado anteriormente que este apartado no es objeto de estudio en el presente trabajo

Dimensión del estudio funcional

Se analiza, en este apartado, la acción de juego presente en el waterpolo, desde una dimensión técnica, táctica y reglamentaria.

Dimensión técnica

Los elementos de estudio que hemos considerado relevantes han sido los siguientes:

- Número de pases en el duelo simétrico
- Número de pases al boyo
- Número de pases en superioridad
- Colocación de los lanzamientos
- Colocación de los goles
- Interceptaciones
- Rebotes
- Número de recuperaciones del balón en ataque y defensa
- Forma de la recuperación del balón en ataque y defensa
- Dirección de los lanzamientos del boya

Dimensión reglamentaria Engloba el estudio de

- Tiempo de juego en ataque y defensa
- Gol
- Faltas ordinarias
- Expulsiones
- Penalties
- Agotamiento del tiempo de posesión
- Faltas en ataque

Dimensión de los sistemas de juego Los elementos que hemos considerado metodológicamente relevantes han sido los siguientes:

- Número de posesiones en ataque
- Número de acciones defensivas
- Número de acciones tácticas en ataque
- Número de defensas consecutivas
- Número de finalizaciones de ataques y defensas
- Número de acciones de contraataque
- Número de defensas de contraataque
- Número de movimientos ofensivos:
 - Individuales
 - Dobles
 - Triples
 - Integrales
- Número de defensas en zona:
 - Zona I
 - Zona 1-2
 - Zona 2
- Zona 2-3
- Zona 3
- Zona 2-3-4
- Zona 2-4
- Zona 3-4
- Zona 4
- Zona 4-5
- Zona 5 Zona Total
- Otras Zonas ("Indio", etc.)
- Número de movimientos posicionales en ataque
- Número de pantallas
- Número de ataques en superioridad
- Número de las posiciones del lanzamiento en ataque y defensa
- Número de superioridades y ataques en superioridad
- Número de inferioridades y defensas en inferioridad
- Número de acciones tácticas de consecución de los goles



- Contraataque
- Transición
- Estáticos
- Superioridad
- Penalty
- Número de contraataques finalizados en gol
- Número de transiciones
- Número de goles en posición estática
- Número de goles en superioridad
- Número de las ubicaciones posicionales de los goles de la superioridad
- Número de goles en la inferioridad
- Número de las ubicaciones posicionales de los goles en la inferioridad

Cálculo de los coeficientes de valoración ofensiva y defensiva

La valoración de los coeficientes se realiza a partir de los estudios de Sarmento JF (1991) (11) que expone unas fórmulas para aclarar y justificar el nivel de trabajo ofensivo y defensivo en relación a los partidos. En base a sus aportaciones, consideramos que los coeficientes, para el estudio funcional del waterpolo, deben ser:

a) Coeficiente de eficacia ofensiva (CEO)

$$CEO = \frac{n.^{\circ} \text{ de goles}}{n.^{\circ} \text{ de posesiones}} \times 100$$

b) Coeficiente de concreción del ataque (CCA)

$$CCA = \frac{\text{n.° de goles}}{\text{n.° lanzam.} + \text{n.° superiorid.}} \times 100$$

 c) Coeficiente de resolución ofensiva (CRO)

$$CRO = \frac{\text{n.° de goles}}{\text{n.°de lanzamientos}} \times 100$$

d) Coeficiente de eficacia defensiva (CED)

$$CED = \frac{\text{goles recibidos}}{\text{acciones defensivas}} \times 100$$

e) Coeficiente de producción defensiva (CPD)

$$CDP = \frac{lanzamientos recibidos}{acciones defensivas} \times 100$$

Partido:		WI COM				Página
TIEMPO DE JUEGO EN ATAQUE	1.ª PARTE	2.ª PARTE	3.ª PARTE	4.* PARTE	TOTAL	%
POSESIONES	0	0	0	0	0	
1 ACCIÓN					0	
2 ACCIONES CONSECUTIVAS					0	*
3 ACCIONES CONSECUTIVAS					0	
4 ACCIONES CONSECUTIVAS					0	
5 ACCIONES CONSECUTIVAS					0	
6 ACCIONES CONSECUTIVAS			-		0	
7 ACCIONES CONSECUTIVAS					0	
FINALIZACIÓN ACCIONES DE ATAQUE	0	0	0	0	0	
ACCIONES TERMINADAS					0	
ACCIONES NO TERMINADAS					0	
ACCIONES TÁCTICAS DE ATAQUE	0	0	0	0	0	160
CONTRAATAQUE					0	D-C
TRANSICIÓN					0	
ESTÁTICOS	1				0	
ESTÁTICOS CON MOVIMIENTO					0	
ESTÁTICOS CON PANTALLA					0	
SUPERIORIDAD			Barrie .		0	
COLOCACIÓN					0	
ACCIONES DE CONTRAATAQUE	0	0	0	0	0	
CONTRAATAQUE 1XO					0	
CONTRAATAQUE 2X1					0	
CONTRAATAQUE 3X2					0	
CONTRAATAQUE 4X3					0	500 50
CONTRAATAQUE 5X4					0	
CONTRAATAQUE 6X5		4			0	

Figura 4. Ventana de la hoja de un Praxiograma, donde se muestra la disposición clasificada de alguno de los datos en el interior de unas variables del ataque. Debemos remarcar que se elaboraron, en el macroestudio Doctoral, 5 hojas para el estudio práxico de la defensa de un equipo. Es decir, que cada partido generaba 20 hojas de resultados (10 hojas para cada equipo).

f) Coeficiente de resolución defensiva (CRD)

$$CRD = \frac{\text{goles recibidos}}{\text{lanzamientos recibidos}} \times 100$$

Resultados

Los resultados mostrados en este estudio representan una síntesis de lo expuesto en el trabajo doctoral (12).

Del estudio de la muestra seleccionada de la competición

Se estudia, en este apartado, los coeficientes de la muestra seleccionada, en su conjunto y del equipo de España, en particular.

El estudio de los coeficientes

En el tratamiento de los datos de los praxiogramas se muestra una distribución de los coeficientes ofensivos de cada equipo. En

	COEFICIENTES										
PARTIDOS	CEO	CCA	CRO	CED	CPD	CRD					
HUN	24,14	20,00	31,82	15,22	56,52	26,92					
ITA (7-7)	24,14	17,50	28,00	15,56	48,89	31,82					
GRE	33,33	33,33	37,50	26,32	63,16	41,67					
CUB (9-10)	35,71	34,48	43,48	20,93	55,81	37,50					
ESP	34,29	30,00	38,71	13,04	45,65	28,57					
HOL (12-6)	17,65	20,00	28,57	26,09	89,13	29,27					
ESP	34,38	26,19	36,67	12,77	51,06	25,00					
GRE (11-6)	18,75	17,65	25,00	22,45	61,22	36,67					
CUB	31,43	26,83	40,74	25,00	52,08	48,00					
HUN (11-12)	32,43	35,29	48,00	22,45	51,02	44,00					
ITA	31,43	31,43	40,74	17,02	48,94	34,78					
CUB (11-8)	26,67	35,81	34,78	24,44	60,00	40,74					
HUN	14,71	13,51	20,00	17,02	53,19	32,00					
ESP (5-8)	22,86	22,86	32,00	10,20	51,02	20,00					
CEI	22,86	24,24	34,78	10,87	50,00	21,74					
USA (8-5)	14,71	15,15	22,73	17,78	51,11	34,78					
CEI	25,00	23,53	34,78	22,50	47,50	47,37					
ITA (8-9)	30,00	30,00	47,37	17,39	50,00	34,78					
USA	12,90	18,18	25,00	12,77	65,96	19,35					
ESP (4-6)	18,18	17,14	19,35	9,76	39,02	25,00					
Media Gan	29,00	27,44	37,34	14,98	49,76	30,10					
Media Perd	20,62	19,87	29,13	21,73	58,02	37,45					
Media Esp	27,41	24,50	31,90	11,48	46,99	24,42					

Figura 5. Estudio global de los coeficientes tratados, mediante el procesamiento de todos los numeradores y denominadores. Entre paréntesis, el resultado del partido.

este estudio hemos considerado necesario establecer una relación entre los distintos coeficientes, durante los partidos analizados en la presente investigación. En el cuadro que a continuación se refiere se muestran todos los porcentajes obtenidos del cruce de variables considerado por nosotros en este estudio. En él se ofrece el valor medio de los ganadores, de los perdedores y de España tras procesar todos los numeradores y denominadores de los coeficientes indicados (fig. 5).

Discusión

Tras el estudio de los datos hemos de considerar:

a) La Media (M) del coeficiente ofensivo CEO (Coeficiente de eficacia ofensiva: N.º de goles/n.º de posesiones) de los equipos ganadores se sitúa, en este estudio, en el 29,60%. España presenta un valor equiparado sobre la M establecida, situándose con una eficacia del 27,41%,

- lo cual nos indica que de cada 100 posesiones (hipotéticas) conseguía más de 27 goles. El CEO de los equipos perdedores se sitúa, en este estudio, en el 20.62%.
- b) La Media del coeficiente ofensivo CCA (Coeficiente de Concreción del Ataque: Goles/[N.º Lanzamientos + n.º de Superioridades]) de los equipos ganadores es, en este estudio, del 27,44%. España presenta un valor algo inferior a los de la M de equipos ganadores (24,50%). Los equipos perdedores presentan una M del 19.87%.
- c) La Media del coeficiente ofensivo CRO (Coeficiente de Resolución Ofensiva: Goles/N.º Lanzamientos) de los equipos ganadores es, en este estudio, del 37,34%. España presenta un valor por debajo de la M de equipos ganadores (31,90%), pero como el CRD (defensivo) es de los mejores del torneo (ver apartado f), se entiende que España es más resolutivo en sus acciones defensivas que ofensivas y ello se traduce en que los equipos adversarios logran marcar menos goles que los que España contabiliza. Los equipos perdedores presentan una M del 29,13%.
- d) La Media del coeficiente defensivo CED (Coeficiente de Eficacia Defensiva: Goles recibidos/Acciones defensivas) es, en este estudio, del 14,98%. España presenta los mejores valores defensivos del CED por valor medio ya que, en este estudio se han cifrado en un 11,48%, lo cual nos indica que una de casi cada diez acciones defensivas recibían gol, lo cual muestra la efectividad de la estructura defensiva hispana. Las defensas perdedoras mostraban un índice medio del 21,73%.
- e) La Media del coeficiente defensivo CPD (Coeficiente de Productividad Defensiva: N.º de lanzamientos recibidos/Acciones defensivas) de los equipos ganadores es, en este estudio, del 49,76%. España sigue presentando unos buenos valores defensivos ya que sitúa al presente coeficiente en un valor medio del 46,99%, lo cual muestra que los equipos adversarios de España lanzaron menos balones a



- portería en sus acciones de ataque ya que el equipo anfitrión recuperaba o conseguía el balón más veces que el resto de los equipos de este estudio. La M del CPD de los equipos perdedores se situó en el 58,02%.
- f) La Media del coeficiente defensivo CRD (Coeficiente de Resolución Defensiva: Goles recibidos/Lanzamientos recibidos) nos muestra, en este estudio, que las defensas ganadoras lograban un coeficiente del 30,10%. España lograba, también, el mejor valor defensivo situando el valor medio del coeficiente en 24,42%, lo cual nos indica que uno de cada cuatro lanzamientos era gol. Las defensas perdedoras, dejaban el coeficiente en el 37,45%.

El valor de este estudio por coeficientes nos permite relacionar algunas de las variables presentes en el praxiograma y que hemos considerado relevante analizar para observar algunas de las eventualidades sucedidas durante la competición olímpica. Es obvio que se pueden relacionar otras variables, y que este estudio praxiogramático genera enormes posibilidades de relación de variables que, por razones lógicas, no se pueden verter en este estudio.

Conclusiones

En este estudio se ha presentado un análisis de la muestra olímpica de Barcelona-1992, mediante un modelo que explicitara textualmente todo lo acontecido en el terreno de juego. El estudio planteado puede mostrar muchos resultados y conclusiones pero, concretamente, se ha centrado en dos líneas de actuación, por un lado el análisis global de la muestra de la competición, y por el otro el análisis de los partidos de España dentro de la muestra escogida.

Análisis de la muestra escogida en los juegos olímpicos

La valoración mediante coeficientes ofensivos y defensivos es un nuevo método de estudio y análisis de los deportes de cooperación y oposición que proporciona una información concreta sobre acciones específicas de juego, y que pueden ser de interés al técnico. En este sentido, los resultados de estos coeficientes en los Juegos Olímpicos de Barcelona-92, podría ser un punto de partida para que otros investigadores se posicionen y efectúen estudios de correlación o análisis para la mejora de dichos coeficientes.

Análisis de España en la muestra escogida

España obtiene unos coeficientes defensivos relevantes que se sitúan por debajo de la media de los coeficientes defensivos de los equipos ganadores, ya que establece la Media de sus CED en 11,48%, CPD en 46,99% y CRD en 24,42%, cuando los equipos ganadores fijaban la Media de sus CED en 14,98%, CPD en 49,76% y CRD en 30,10%. Con toda probabilidad, la defensa española fue la mejor del Torneo Olímpico.

Los coeficientes ofensivos, sin estar al nivel de los anteriores, se sitúan muy equilibrados con los coeficientes de los equipos ganadores, ya que España establece la Media de sus CEO en 27,41%, CCA en 24,50% y CRO en 31,90%. En cambio, la Media de los coeficientes de los equipos ganadores se establece para los CEO en 29%, CCA en 27,44% y CRO en 37,34%. De esta relación, se entiende que España presente un mejor balance defensivo que haya condicionado, con toda posibilidad, más errores contrarios mientras que, en ataque, haya finalizado sus acciones de juego con un éxito parecido al de los equipos ganadores. De la relación excelente defensa-buen ataque, se deriva que España no perdiera ningún encuentro durante el transcurso de la fase preliminar y semifinal olímpica.

Consideraciones finales

a) Las variables creadas para la observación de la muestra olímpica son, a nuestro juicio, todas las que se presentan en el transcurso de la acción de juego en el waterpolo. Es evidente que, el técnico

- que desee utilizar este medio de soporte en el análisis de su acción de juego, puede reducir o concretar las variables a utilizar, así como cruzar o relacionar, en forma de coeficientes, las que él considere oportunas o más significativas, ya que el programa que ha permitido el estudio es abjerto.
- b) Los resultados obtenidos mediante el análisis praxiogramático permiten estudiar en profundidad, si se desea, cada una de la variables presentadas en las hojas de clasificación de los datos praxiogramáticos, interrelacionándolas y estableciendo los estudios comparativos que interesen al técnico o entrenador (como por ejemplo, número de pases por parte; número de pases al boya; número de lanzamientos efectuados o recibidos; posiciones por donde se están encaiando un mayor porcentaje de goles, o posiciones de mayor porcentaje de efectividad ofensiva; número de faltas recibidas. número de contraataques, etc., por citar alguna de las posibilidades). Es evidente que este estudio ha debido circunscribirse, y por ello se ha decidido estudiar, únicamente, los sistemas de juego aparecidos en el transcurso del estudio de la muestra seleccionada y de España (en el interior de dicha muestra). De ello se deriva la posibilidad de estudios pormenorizados individuales o de toda una competición, y analizar las variables que se deseen de entre las propuestas (30 variables en ataque y 24 en defensa de las hojas de clasificación de datos, y 6 en ataque y 16 en defensa de la hoja de interacción ataque-defensa, que constituyen el praxiograma).
- c) Del estudio praxiogramático presentado, no se pueden extrapolar resultados estadísticos, técnicos, de sistemas de juego, etc., ya que cada partido responde a unos intereses distintos, con unos jugadores diferentes y con acciones de juego siempre inéditas (aunque parecidas). En efecto, del estudio de las estrategias de la acción de juego, se deriva que la gran posibilidad de permutas entre las distintas variables que configuran la acción de juego, permite la aparición de acciones

- siempre nuevas que deben incorporarse al bagaje del jugador. Probablemente, un buen jugador de waterpolo será cada vez mejor cuanto mayor sea dicho bagaje, o mejor dicho, cuanto mayor sea su experiencia estratégica en la acción de juego.
- d) Este estudio mediante praxiogramas se ha realizado manualmente y se ha trasladado a un programa de procesado informático, para tratar las hojas de clasificación de los datos y de las interacciones ataque/defensa. Esto queda resuelto con el programa informatizado (planteado durante el trabajo de investigación (13) y que podría mejorarse en el futuro) que, a partir de las planillas u hojas de recogida de datos se generan las hojas de clasificación de datos y las de interacción ataque/defensa, así como los gráficos y todo el tratamiento estadístico que desee contemplarse en el partido o competición a analizar.
- e) Además de lo considerado como resultados praxiogramáticos, este trabajo se plantea como un medio al alcance de los técnicos y entrenadores de alto nivel, para optimizar el rendimiento de sus jugadores y equipos, a partir del conocimiento exhaustivo de cada una de las acciones de juego realizadas en el transcurso del partido.

Notas

- LLORET, M (1994). Análisis de la Acción de Juego en el Waterpolo durante la Olimpiada de Barcelona-1992. Tesis Doctoral. INEFC. Universitat de Barcelora
- (2) LLORET, M (1994). Idem, p. 6.
- (3) Grupo de Estudio e Investigación Sociomotriz (1993). Análisis de las actividades físicas de carácter sociomotriz. Proyecto de Investigación. Universidad de Las Palmas. Este grupo investigador sostiene "La muestra que vamos a emplear estará

- constituida por un total de diez encuentros de competición de equipos masculinos de cada uno de los deportes objeto de nuestro estudio".
- (4) ANGUERA, M. T. (1978). Metodología de la Observación en las Ciencias Humanas. Ed. Cátedra. Madrid, pp. 43-52. Esta autora precisa acerca de la Observación Sistematizada y Preparada de tipo Natural: "El control que se exige sobre el observado consiste en procurar que el ambiente de la observación sea, como indica su propio nombre –natural-; en consecuencia, el clima de una perfecta observación radica en que el grupo de personas observadas y los investigadores se comporten normalmente".
- (5) BLÁZQUEZ, D. (1990). Evaluar en Educación Física. Inde Publicaciones. Barcelona, pp. 61-62.
- (6) ANGUERA, M. T. (1978). Op. cit., pp. 128-135. Dicha autora comenta acerca del Observador Participante Pasivo que: "este rol pasivo se utiliza como una forma de aislarse emocionalmente y de minimizar las interferencias ocasionadas por las reacciones y evaluaciones afectivas. El observador permanece como un extraño y es anónimo para el observado, considerando éste que desempeña un papel especial no integrado con los restantes roles de su situación". En efecto, las selecciones nacionales conocen que en una Olimpiada van a existir numerosos observadores que van a seguir el Tomeo mediante filmaciones, y ello no altera las conductas de los grupos a estudio. Obviamente, sólo la selección española conocía al técnico filmador del equipo español, que reproducía videográficamente los partidos y suponía una observación anónima del evento para todos los equipos participan-
- (7) PARLEBAS, P. (1981). Contribution a un lexique commenté en science de l'action motrice. Publications INSEP. París, pp. 172-173.
- (8) LLORET, M. (1994). Ibidem, pp. 109-110 y 674.
- LLORET, M. (1994). Ibidem. Es decir, verdaderos elementos significantes, observa-

- bles desde el exterior y cuantificables, por lo que pueden provocar cambios en la Acción Práxica del Juego (ya que estos parámetros suficientemente estudiados y analizados, comportarán cambios de estrategias, sistemas de juego o mejoras en los apartados técnicos, con lo cual pueden reestructurar la Acción de Juego con la finalidad de lograr la victoria en el partido o en el Torneo). Es, por lo tanto, una variable cuantitativa, y por esta razón convenimos en denominarla Lógica Interna Explícita de la Acción de Juego, ya que se manifiesta hacia fuera de la estructura y, por lo tanto, es portadora de significancia práxica. Pág. I I I.
- (10) Que no será motivo de estudio en el presente artículo. Se remite al interesado a la Tesis Doctoral citada.
- (11) SARMENTO, J. F. (1991). Determinação de coeficientes para a valorização da observação do ataque em pólo aquático. En "Natação", Vol. IV, N.º 13. Lisboa, mayo/junio, pp. 7-8.
- (12) LLORET, M. (1994). Ibidem, pp. 395-650.
- (13) LLORET, M. (1994). Ibidem, pp. 391-394 y 679-681.

Bibliografía

- ANGUERA, M. T. (1978). Metodología de la Observación en las Ciencias Humanas, Ed. Cátedra. Madrid.
- BLÁZQUEZ, D. (1990). Evaluar en Educación Física. Inde Publicaciones. Barcelona.
- Grupo de Estudio e Investigación Sociomotriz (1993), Análisis de las actividades físicas de carácter sociomotriz. Proyecto de Investigación. Universidad de Las Palmas.
- LLORET, M. (1994). Análisis de la Acción de Juego en el Waterpolo durante la Olimpiada de Barcelona-1992. Tesis Doctoral. INEFC. Universitat de Barcelona.
- PARLEBAS, P. (1981). Contribution a un lexique commenté en science de l'action motrice. Publications INSEP. París.
- SARMENTO, J. F. (1991). "Determinação de coeficientes para a valorização da observação do ataque em pólo aquático". En Νσταςδο, Vol. IV, N.° 13. Lisboa, mayo/junio.



Valoración de la intensidad del entrenamiento mediante la frecuencia cardíaca en el voleibol

Gerard Moras

Profesor de Voleibol del INEFC de Barcelona Entrenador del programa de Concentración Permanente de la Residencia Blume

Carlos Zurita

Licenciado en Educación Física Entrenador Nacional de Voleibol y preparador físico del programa de Concentración Permanente de la Residencia Blume

Palabras clave

niveles, frecuencia cardíaca, métodes de entrenamiento

Abstract

Trainers often take little notice of charge control in the technical-tactical orientation training in volleyball because of the great difficulty involved. In this article we propose to the heart rate recordings as a very useful means of evaluating the intensity of the different exercises with regard to the rhythm of execution, relating the training methods with the technical elements characteristic of volleyball. It is basic to be able to reach the technical-tactical objectives by controlling the intensity and the method of training with regard to the individual needs of the group and the period in which we are situated.

Resumen

A menudo los entrenadores descuidan el control de la carga durante el entrenamiento de orientación técnico-táctica en voleibol por la gran dificultad que conlleva.

En este artículo proponemos utilizar el registro de la frecuencia cardíaca como un medio muy útil para valorar la intensidad de los diferentes ejercicios en función del ritmo de ejecución, relacionando los métodos de entrenamiento con los elementos técnicos propios del voleibol.

Es fundamental poder alcanzar los objetivos técnico-tácticos controlando la intensidad y el método de entrenamiento en función de las necesidades individuales, del grupo y del período en el que estemos ubicados.

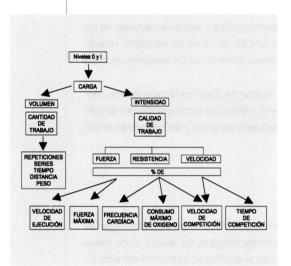
Introducción

La voluntad de los técnicos para poder entender todas las partes del entrenamiento de forma integrada, ha llevado a una nueva perspectiva para optimizar el diseño y el control del entreno. En esta línea se incluye la propuesta hecha por G. Moras (1995) aplicada al entrenamiento del voleibol. Desde esta propuesta se entiende el entrenamiento como un sistema de seis niveles (del 0 al V), cada uno de ellos con características propias:

- Nivel 0: En él se incluyen todos aquellos ejercicios de desarrollo y fortalecimiento de la globalidad del cuerpo cuyas posiciones corporales se alejan de las específicas del voleibol. Se pretende formar una base de todas las cualidades físicas con cargas de diferente orientación funcional, o también activar los mecanismos de regeneración después de una carga de entreno elevada.
- Nivel I: En él se incluyen aquellas tareas cuyas estructuras dinámicas tienen cierta similitud externa con alguna de las técnicas específicas, realizando los movimientos de forma que respeten los ángulos de trabajo que exige la técnica deportiva. La sobrecarga es superior a la soportada en el juego y la musculatura entrenada es la que resulta determinante para el rendimiento.
- Nivel II: También llamado método transitorio, correspondería a la preparación condicional específica. Los ejercicios no sólo tie-

NIVEL 0	Desarrollo condicional, coordinativo y cognitivo general
NIVEL I	Entrenamiento orientado de las capacidades físicas
NIVEL II	Entrenamiento físico técnico
NIVEL III	Desarrollo de las habilidades técnicas
NIVEL IV	Desarrollo de la táctica individual
NIVEL V	Entrenamiento físico-técnico con el propio peso corporal Entrenamiento físico-técnico con sobrecarga Entrenamiento técnico complejo • Combinación de dos o más recursos técnicos • Ataque/contraataque Entrenamiento técnico-táctico complejo • Táctica grupal • Táctica colectiva Entrenamiento integral

Cuadro 1. Contenido de los diferentes niveles de aprendizaje, perfeccionamiento y entrenamiento deportivo (G. Moras, 1994).



nen similitud técnica, sino que también han de tener correspondencia en el tipo de contracción muscular y en el mecanismo de producción de energía con el real de competición. Se trabaja con pequeñas sobrecargas, pero siempre superiores a las de competición, para hacer la transición entre el trabajo de fuerza máxima y el de fuerza-velocidad.

- Nivel III: En este nivel el jugador aprende y perfecciona la técnica deportiva.
- Nivel IV. Corresponde al trabajo con acciones técnico-tácticas sencillas. En él se realizan ejercicios donde la capacidad cognitivo-táctica adquiere un papel fundamental.

Nivel V: Es el entreno integral, en el que de diseñan estructuras en las que participan diversos jugadores y donde confluyen diferentes elementos físicos, técnicos y tácticos. El objetivo es transferir la preparación física, técnica, y técnico-táctica a las condiciones compleias del juego.

En el cuadro I se representan los contenidos de los diferentes niveles de aprendizaje, perfeccionamiento y entrenamiento deportivo

La carga de entrenamiento en todos estos niveles viene definida por su volumen y su intensidad. En los niveles de entrenamiento 0 y I, ambos parámetros son fácilmente controlables (gráfico 1). Los aspectos cuantitativos (volumen) se valoran contabilizando las series, las repeticiones, el tiempo o la distancia recorrida. Los aspectos cualitativos (intensidad) se valoran en porcentajes de la velocidad de ejecución o de fuerza máxima en trabajos de fuerza; en porcentajes de la frecuencia cardíaca, del consumo de oxígeno, de la velocidad de competición o de la concentración de lactato en trabajos de resistencia; o en porcentaje del tiempo de competición en los trabajos de velocidad.

En los niveles II, III, IV y V el volumen se sigue valorando mediante el número de series, de repeticiones o el tiempo de ejecución, pero evaluar la intensidad del trabajo en los niveles en los que se realizan las acciones físico-técnicas o técnico-tácticas se complica muchísimo. La dificultad de utilizar los porcentajes de fuerza máxima, de velocidad de ejecución o la concentración de lactato como indicadores de la intensidad nos plantea la necesidad de utilizar otros métodos para no descuidar el control de la carga de entreno en estos niveles. La simplicidad de la valoración, los estudios en campo realizados (P.S. Fardy; M.G. Hritz; H.K. Hellerstein, 1976) y la relación directa que guarda con la adaptación individual del sujeto al estímulo concreto de entrenamiento, hacen de la frecuencia cardíaca un medio muy útil para que el entrenador valore la intensidad de los diferentes ejercicios en función del ritmo de ejecución (gráfico 2).

Gráfico 1.

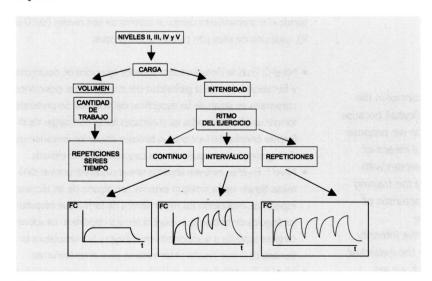


Gráfico 2.



Basándonos en la clasificación de Zintl (1991), cualquier ejercicio de entrenamiento puede categorizarse en los siguientes métodos de trabajo:

- Continuos: Consisten en una carga ininterrumpida y efectiva para el entreno durante un largo período de tiempo. El trabajo continuo puede ser de tipo:
 - Armónico: No presenta cambios de intensidad.
 - Variable: Se cambia la intensidad de forma sistemática dentro de ciertos márgenes (por ejemplo, entre 140 y 160 pulsaciones/min).
 - Fartlek: El cambio de ritmo en el ejercicio no es sistemático.
- Interválicos: Se caracterizan por una alternancia sistemática entre fases de esfuerzo y de descanso. Se caracteriza porque en las fases de descanso, las recuperaciones no son completas (llega a 120-130 pulsaciones/min). En voleibol, los trabajos interválicos pueden ser de tipo:
 - Extensivo con intervalos medianos: La duración de la carga es de 60-90 segundos y el volumen de 12-15 repeticiones. La recuperación es de 1-2 minutos.
 - Intensivo con intervalos cortos: La duración de carga es de 20-30 segundos y el volumen de 3-4 repeticiones y 3-4 series. La recuperación es de 2-3 minutos entre repeticiones y de 10-15 minutos entre series.
 - Intensivo con intervalos extremadamente cortos: La duración de la carga es de 8-10 segundos y el volumen de 3-4 series y 3-4 repeticiones. La recuperación es de 2-3 minutos entre repeticiones y de 10-15 minutos entre series.
- Repeticiones: La característica común es la aplicación de cargas repetidas y muy intensas con descansos completos intercalados (se llega a 100 pulsaciones/min). En el voleibol los métodos de repeticiones con tiempos de carga cortos son los más apreciados porque presentan una clara concordancia dinámica con el juego real. En ellos la

TIPOS DE ESFUERZO	EFECTOS DEL ESFUERZO	ACCIONES TÉCNICAS
Continuo armónico	Regenerativo	Dedos Antebrazos Desplazamientos defensivos Saques
Continuo variable o fartlek	Regenerativo o evolutivo	Dedos Antebrazos Desplazamientos defensivos Defensa en campo Saques
Interválico extensivo con intervalos medianos	Evolutivo o intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo
Interválico extensivo con intervalos cortos	Intensivo o altamente intensivo	Desplazamientos defensivos Remate Bloqueo
Interválico intensivo con intervalos extremadamente cortos	Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo
Repeticiones con intervalos cortos	Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo
Carga aislada específica de competición	Regenerativo o evolutivo	Todas

Cuadro 2.

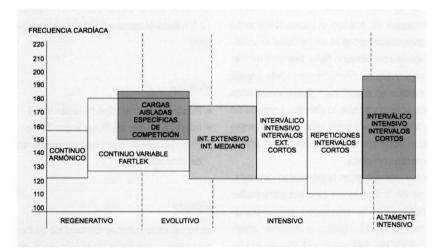


Gráfico 3.

duración de la carga es de 20-30 segundos como máximo, el volumen de 6-8 repeticiones y la recuperación es completa (unos 6-8 minutos).

— Cargas aisladas específicas de competición: Se utiliza la competición como medio de entrenamiento. Se puede realizar un partido normal, aumentando la intensidad pero reduciendo el volumen (número de sets), o con una intensidad menor, pero jugándose más tiempo del habitual. La relación entre estos métodos de trabajo y los tipos de esfuerzo que se realizan durante el entrenamiento del voleibol se muestran en el gráfico 3.

La utilización de estos métodos ha estado poco considerada en la realización de ejercicios técnico-tácticos, dada la gran dificultad

		CHICOS	CHICAS
	x	15,8	15,9
Edad en años	SD	0,5	0,4
	x	76,7	67,0
Peso en kg	SD	7,3	4,9
Altura en cm	х	188,5	178,0
	SD	4,9	1,7

Cuadro 3. Edad y características morfológicas de la muestra

de ajustar el tiempo de trabajo y el tiempo de pausa establecidos en la bibliografía a la dinámica de los ejercicios. Probablemente es muy difícil dirigir un entrenamiento estando totalmente condicionado por un tiempo de ejecución estricto, aunque es necesario disponer de elementos que informen sobre la duración y la intensidad relativa de la carga física del ejercicio.

No es muy importante ceñirse a unos tiempos de trabajo y pausa totalmente controlados porque en realidad el voleibol de competición tiene tiempos de trabajo y pausa diferentes en cada jugada aunque en el contexto global exista unas características que lo definen; tiempos de carga cortos y pausas relativamente largas que permiten una recuperación prácticamente completa.

Nos interesa pues la globalidad del registro de la frecuencia cardíaca para poder determinar la intensidad del entrenamiento técnico-táctico y obtener información del método o métodos de entrenamiento que han sido utilizados. En realidad la forma de proceder más eficiente es diseñar el entrenamiento técnico-táctico utilizando los métodos de entrenamiento más adecuados en función del período en que estemos y las necesidades individuales y del grupo.

La ordenación temporal de los diferentes métodos permitirá una mejora del rendimiento en juego de cada jugador, además de una optimización del rendimiento condicional debido a la integración de las preparaciones física y técnico-táctica.

Objetivos

- Controlar la intensidad de los ejercicios en función de la frecuencia cardíaca en los niveles II, III, IV y V
- Relacionar los métodos de entrenamiento con las acciones técnicas características del voleibol.

Material y método

Han participado en este estudio un total de 25 jugadores (13 chicas y 12 chicos) las características de los cuales encontramos en el cuadro 3.

La muestra pertenece al programa Especial de Tecnificación becado por la Direcció General de l'Esport y la Federació Catalana de Voleibol. Todos los jugadores están concentrados en la Residencia Blume de Barcelona, y realizan un volumen de 22 horas de entreno semanales (7,5 h físicas, 12,5 h físico-técnicas y 2,00 h de competición).

Material

- Pulsómetros Polar Sport-Tester 4000.
- Interface y software Polar Sport-Tester.
- Material necesario para el entrenamiento de voleibol.

Método

Se ha valorado la frecuencia cardíaca de forma continua, mediante los pulsómetros, en la realización de ejercicios técnico-tácticos durante diversos entrenamientos a diferentes jugadores. Posteriormente se ha tratado la información de forma gráfica mediante el software Polar Sport-Tester.

Resultados

Se presenta a continuación y de forma gráfica algunos de los registros obtenidos a partir de la realización de diferentes ejercicios técnicos y técnico-tácticos.

Comprobamos como la intensidad de trabajo en los niveles II, III, IV y V vendrá determinada por los elementos técnicos que intervienen en los ejercicios, así como las dinámicas de trabajo propuestas por el entrenador. El cuadro 2 nos muestra los efectos sobre el organismo así como los métodos de trabajo que podemos utilizar en función de los elementos técnicos. Los ejercicios en los que intervengan únicamente acciones de dedos, antebrazos o saques serán, generalmente, de intensidades moderadas o bajas y tendrán efectos regenerativos o evolutivos sobre el organismo. Con estos ejercicios realizaremos esfuerzos de tipo continuo armónico o variable, de diferente intensidad en función del número de jugadores y la dinámica propuesta. Si se realizan acciones que involucran un mayor número de grupos musculares de forma más intensa (acciones de remate, bloqueo o defensa en campo) obtendremos sobre el organismo efectos intensivos o altamente intensivos. Serán pues estos ejercicios los que conformaran los métodos de trabajo interválicos y de repeticiones, ya que con ellos se pueden lograr picos de intensidad superiores que con acciones de dedos o antebrazos. Cabe destacar que los desplazamientos defensivos serán el único elemento técnico que puede trabajarse, en combinación con otros elementos técnicos, con todos los métodos de trabajo y obtener diferentes efectos sobre el organismo en función del tipo de ejercicio.

El registro de la frecuencia cardíaca del entrenamiento debe analizarse para determinar si se han alcanzado los objetivos establecidos previamente y de esta manera poder realizar las modificaciones necesarias. Como ejemplo podemos comprobar que la intensidad en la rueda de antebrazos de 5 jugadores en la red no ha sido la adecuada y, por lo tanto, debemos modificar el número de jugadores hasta ajustar el ritmo cardíaco a las necesidades. Este ejemplo es extensible a todos los ejercicios y a todas las sesiones de entrenamiento.

80



CONTINUO ARMÓNICO		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Sin cambios de intensidad	Dedos	Individual
FC: 120-160 p/min	Antebrazos	Parejas
Regenerativo	Desplazamientos defensivos	Ruedas (4-5 jugadores)
-	Saques	Figuras geométricas
	Combinación de los anteriores	

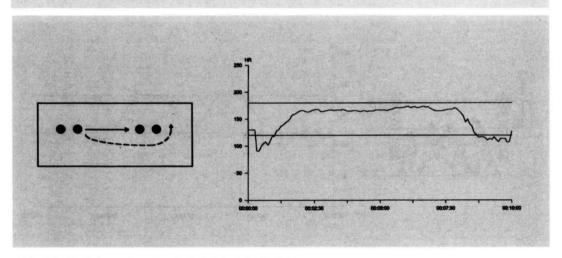


Gráfico 4. Registro de frecuencia cardíaca. Rueda de dedos de tres jugadores.

CONTINUO VARIABLE		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Con cambios de intensidad	Dedos	Individual
FC: 140-160 p/min	Antebrazos	Parejas
Regenerativo/evolutivo	Desplazamientos defensivos	Ruedas (3-4 jugadores)
	Defensa en campo	Figuras geométricas
	Saques	
	Combinación de los anteriores	

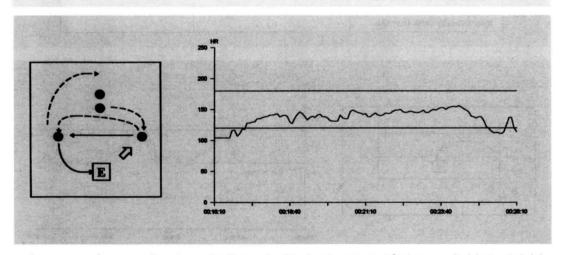


Gráfico 5. Registro de frecuencia cardíaca. El entrenador (E) ataca sobre el jugador número 2, quien defiende para que el jugador 4 envíe, de dedos, el balón de nuevo hacia el entrenador para empezar otro ciclo. Una vez realizada la acción correspondiente los jugadores rotan en el mismo sentido que las agujas del reloj.

Educación Física y Deportes (55) (77-84)

81

INTERVÁLICO EXTENSIVO IM		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración carga: 60-90"	Desplazamientos defensivos	Individual
Volumen: 12-15 rep.	Defensa en campo	Parejas
Recuperación: 1-2 min	Remate	Ruedas (4-5 jugadores)
FC: 120-170 p/min	Bloqueo	Figuras geométricas
	Combinación de los anteriores	

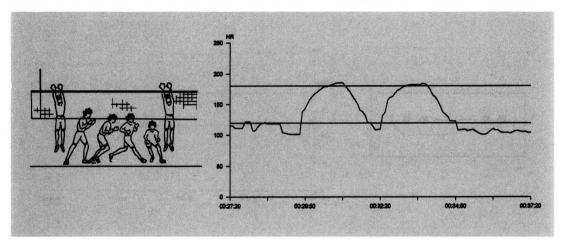


Gráfico 6. Registro de frecuencia cardíaca. 30" bloqueo con paso añadido, 30" paso cruzado y 30" de bloqueo estático.

INTERVÁLICO INTENSIVO IC		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: 20-30"	Desplazamientos defensivos	Individual
Volumen: 3-4 rep.	Remate	Parejas
Series: 3-4	Bloqueo	Ejercicios combinados
Recuperación rep.: 2-3 min	Defensa en campo	
Recuperacion ser.: 10-15 min		70
FC: 120-200 p/min		
Intensivo/altamente intensivo		

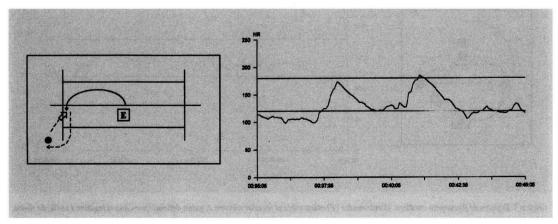


Gráfico 7. Registro de frecuencia cardíaca. 20" remate consecutivo desde zona IV.



INTERVÁLICO INTENSIVO Y EX. C		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: 8-10" Volumen: 3-4 rep. Series: 3-4 Recuperación rep: 2-3 min Recuperación ser: 10-15 min FC: 120-190 p/min Intensivo	Desplazamientos defensivos Defensa en campo Remate Bloqueo	Individual Parejas Ejercicios combinados

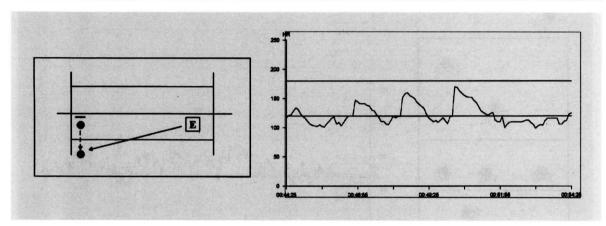


Gráfico 8. Registro de frecuencia cardíaca. Bloqueo en zona IV desplazamiento defensivo y defensa en campo.

REPETICIONES CON IC		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: 20-30"	Desplazamientos defensivos	Individual
Volumen: 6-8 rep.	Defensa en campo	Parejas
Recuperación rep.: 6-8 min	Remate	Ejercicios combinados
FC: 100-190 p/min	Bioqueo	

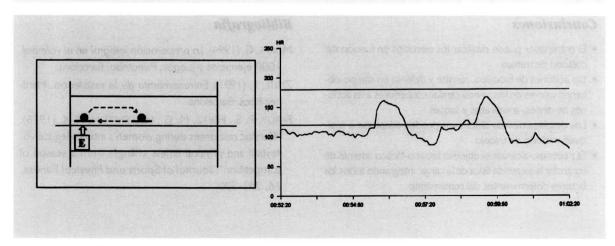


Gráfico 9. Registro de frecuencia cardíaca. Bloqueo, desplazamiento defensivo y bloqueo con paso cruzado.

CARGA AISLADA ESPECÍFICA DE COMPETICIÓN		
CARACTERÍSTICAS	ELEMENTO TÉCNICO	DINÁMICA DE TRABAJO
Duración de la carga: variable Volumen: variable Recuperación: variable Recuperación ser.: 10-15 min FC: 150-180 p/min Regenerativo/evolutivo	Todos	Competición

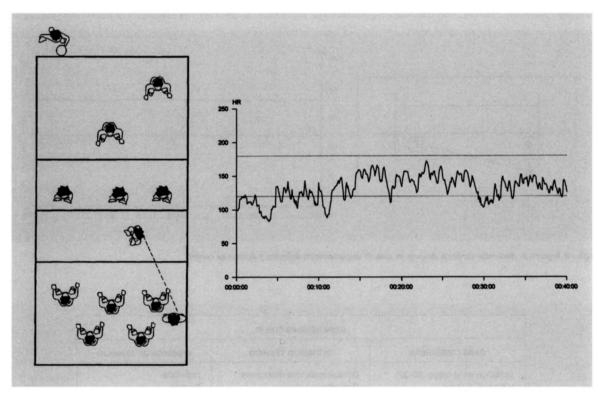


Gráfico 10: Registro de frecuencia cardíaca. Partido de control.

Conclusiones

- El entrenador puede clasificar los ejercicios en función del método de trabajo.
- Las acciones de bloqueo, remate y defensa en campo obtienen valores de frecuencia cardíaca superiores a las acciones de dedos, antebrazos y saques.
- Los desplazamientos defensivos pueden adaptarse a cualquier método de trabajo
- Es necesario alcanzar el objetivo técnico-táctico además de controlar la exigencia física de la carga, integrando todos los factores determinantes del rendimiento.

Bibliografía

- MORAS, G. (1994), La preparación integral en el voleibol. 1000 ejercicios y juegos, Paidotribo, Barcelona.
- ZINTL, F. (1991), Entrenamiento de la resistencia, Martínez Roca, Barcelona.
- FARDY, P. S.; HRITZ, M. G.; HELLERSTEIN, H. K. (1976), "Cardiac responses during women's intercollegiate volleyball and physical fitness changes from a season of competition". *Journal of Sports and Physical Fitness*, 16, 291-300.



Visión y deporte: hacia una metodología integradora. Un ejemplo en el baloncesto

Joan Solé Fortó

Doctor en Ciencias de la Educación Profesor del Departamento de Rendimiento del INEFC LLeida Preparador Físico del CAR. Sant Cugat

LLuïsa Quevedo

Profesora de Visión y Deporte Departamento de Óptica y Optometría de la Universitat Politècnica de Catalunya Escola Universitària d'Òptica i Optometria de Terrassa Directora técnica del Centro de Visión del CAR

Marcel·lí Massafret

Profesor de Baloncesto del INEFC Barcelona Entrenador nacional de Baloncesto Preparador Físico del CAR. Sant Cugat

Palabras clave

entrenamiento visual, entrenamiento integrado, Sicropat

Abstract

"Vision in sport" is a specialised section of optometry that consists of a group of techniques aimed at bettering and preserving visual function with the idea of raising sporting output, implying a process by which the visual behaviour needed in the practice of the different sporting disciplines are shown (Solé, 1996). In a large number of sports, the greater part of the information is received via the visual system. The importance of vision is sport, evidently will depend on its characteristics extrinsic and intrinsic. Rocagli (1990) makes a difference between sports of installations closed and open. The first are characterised by a stable context, with a boring or monotonous visual stimulation. Inside this group we can point out swimming, where the swimmer can close their eyes without endangering their performance. The second group is characterised by a dynamic atmosphere, in continuous change. They are those disciplines in which, to use the same analogy, the sportsmen can never shut their eyes, due to the situation of their opponents, the ball, etc., changes all the time.

In this article we concentrate on a sport of open context and super changeable; basketball.

Our proposal intends to include inside the classic content of basketball training, a visual component totally specific and connected with all the characteristics implicit in this sport. In this way, the same exercise, apart from carrying the usual technical, tactical, physical and psychological charge, can be completed with a visual one. For this reason, we always try to recommend tasks whose contents include different objects "useful tasks" that definitely provide the individual with a correct training from a global perspective of the game. To apply this philosophy it is necessary to count on a methodology, and evidently, a few ways. Our contribution is laid out in the following pages.

Introducción

La "visión en el deporte" es un área especializada de la optometría que engloba un conjunto de técnicas encaminadas a mejorar y preservar la función visual con la finalidad de incrementar el rendimiento deportivo, implicando un proceso mediante el cual se enseñan los comportamientos visuales requeridos en la práctica de las distintas disciplinas deportivas (Solé, 1996).

En un buen número de deportes, la mayor parte de la información se recibe a través del sistema visual. La importancia de la visión en el deporte, evidentemente dependerá de las características extrínsecas e intrínsecas de éste. Rocagli (1990) diferencia entre deportes de entorno cerrado y entorno abierto. Los primeros se caracterizan por un contexto estable, de estimulación visual poco variable o monótona. Dentro de este grupo podemos destacar la natación, donde el deportista puede cerrar los ojos sin que esta acción perjudique gravemente a su rendimiento.

El segundo grupo se caracteriza por un ambiente dinámico, en continuo cambio. Son aquellas disciplinas en las cuales, y por utilizar la misma analogía, el deportista en ningún momento puede permitirse cerrar los ojos, pues la situación de los adversarios, balón, etc... varía cada instante.

En este artículo nos centraremos en un deporte de contexto abierto y cambiante por excelencia, el baloncesto.

Nuestra propuesta se resume en incluir dentro de los contenidos clásicos del entrenamiento del baloncesto, un componente visual totalmente específico y relacionado con las características implícitas de este deporte. De esta forma, un mismo ejercicio, aparte de conllevar una carga técnica, tácti-

ca, física y psicológica, puede completarse con una visual. Por este motivo, siempre intentaremos recomendar tareas que en sus contenidos engloben distintos objetivos, "tareas útiles" que en definitiva proporcionen al individuo un aprendizaje correcto desde una perspectiva global del juego.

Para poder aplicar esta filosofía es necesario contar con una metodología, y evidentemente, unos medios. Nuestra aportación se describe en las siguientes páginas.

Sistema visual y habilidades

Guyton (1993) corrobora que la visión es un proceso sensoromotor por el cual son percibidos los objetos del medio que nos rodea. El estímulo excitante es la luz de esos mismos objetos que llega a la retina.

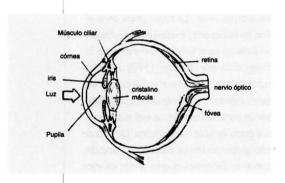


Figura 1.

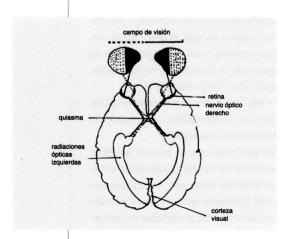


Figura 2.

La luz entra en el ojo a través de la córnea (lente transparente situada en la parte más exterior del globo ocular), que hace converger los haces de luz. Estos siguen por la pupila (agujero oscuro central controlado por el iris para regular la cantidad de luz que se dirige a la retina). Posteriormente, la luz llega al cristalino (lente con capacidad de variar su forma y potencia), que ayuda a enfocar los rayos en la retina.

La retina es una membrana fotosensible situada en el fondo del ojo. La mácula, una pequeña área cerca del centro de la retina, es la zona de máxima agudeza visual (existe máxima densidad de fotoreceptores). En el centro de la mácula se encuentra una pequeña depresión: la fóvea (fig. I)

Cuando dirijimos nuestros ojos hacia algo que queremos ver, los estamos alineando para que la luz vaya directamente a la fóvea. La retina es el lugar donde la imagen primeramente recogida por la córnea y modificada a lo largo del trayecto, es transmitida por medio de mensajes nerviosos transportados por el nervio óptico a las áreas visuales del cerebro. Allí, billones de células funcionan para interpretar la información que el ojo envía (fig. 2)

Siendo la visión un conjunto de habilidades que los seres humanos no solamente heredan a través de información genética, sino que también tienden a aprender, es evidente que puede entrenarse y reeducarse para mayor rendimiento (Cohen, 1988; Gilman, 1988).

Quevedo y Solé (1990) distinguen las siguientes habilidades visuales:

- 1.º Agudeza visual estática: Habilidad de discriminar un objeto en condiciones de reposo del sujeto y del objeto.
- 2.º Agudeza visual dinámica: Habilidad de detectar y reconocer objetos en movimiento por parte de un observador en reposo, objetos estáticos por un observador en movimiento, u objetos en movimiento por un observador que también se desplaza. Permite al jugador discriminar los objetos en movimiento.
- 3.º Movimientos oculares:
 - De seguimiento: utilizados para mantener la fijación visual sobre un objeto

- que se mueve a una velocidad inferior a 40°/s. Permiten la persecución visual de un objeto de forma uniforme, continua y eficaz.
- Sacádicos: utilizados para cambiar de fijación de un objeto a otro del campo visual.
- Estabilidad de fijación.
- 4.º Visión periférica: Habilidad de reconocer estímulos visuales en las distintas áreas del campo visual alrededor de un objeto sobre el que se fija la atención.
- 5.º Flexibilidad acomodativa: Habilidad de cambiar rápidamente el enfoque de objetos situados a distintas distancias.
- 6.º Flexibilidad de fusión: Habilidad de coordinar ambos ojos conjunta y óptimamente de uno a otro objeto de interés.
- 7.º Estereopsis: Habilidad de discriminar adecuadamente las distancias.

Análisis de la exploración visual del baloncesto

La exploración visual se define como el análisis de nuestro espacio visual a través de la conducta ocular (Papin, 1984). El conocimiento de la exploración visual adecuada que se debe realizar en el baloncesto nos definirá cuál debe ser el comportamiento visual que debemos enseñar a nuestros jugadores en las diferentes situaciones de juego. Buscamos responder con seguridad a preguntas tan importantes como: ¿Dónde debo mirar?, ¿Qué debo mirar?...

La exploración visual en diversos deportes ha sido analizada por Bard et al. (1975-1976), Bard et al. (1979), Bard et al. (1981), Milton (1952), Mourant et al. (1970-1972), Neboit (1982), Papin et al. (1984), Stern (1970), etc.

En el baloncesto, la información visual procede de los desplazamientos del balón y de los movimientos y colocación de los adversarios y compañeros. Los estudios anteriormente citados de Bard destacan que: Las características del objeto en movimiento, el tiempo de exposición y el ángulo de salida, juegan un papel muy importante en la habilidad de evaluar las trayectorias del balón, observándose notables diferencias entre expertos y debutantes.



Referente a las otras fuentes de información como posición y desplazamientos de los adversarios y compañeros, el autor destaca la importancia de los movimientos oculares sacádicos, puesto que permiten "saltar" visualmente de un elemento del campo visual a otro, de forma rápida y eficaz. Bard (1975) observó, mediante el oculómetro NAC Eye-Mark System, que los jugadores expertos en baloncesto realizaban un número menor de fijaciones oculares que los debutantes (3,3 vs 4,9) para explorar un mismo estímulo. Asimismo, determinó que el tiempo de estas fijaciones era menor, y que el lugar donde se realizaban estas fiiaciones variaba en función de la experiencia y nivel del jugador. Los expertos miraban un 24,5% de las veces el espacio libre, mientras que los debutantes sólo lo hacían en un 12,8% de las ocasiones. Esta diferencia se acentuaba más al centrarse en el análisis de la primera fijación (índice que revela la estrategia de búsqueda adoptada por el sujeto), donde se observó que el experto busca sistemáticamente el espacio libre (29,2%) mientras que el debutante realiza su primera fijación sobre el defensor o sobre el portador del balón principalmente. Carrière (1978), citado por Bard (1981), también observó que el tiempo de respuesta aumentaba cuando el jugador podía optar por ejecutar diferentes respuestas alternativas ante un mismo estímulo. Asimismo, concluyó que el tiempo de respuesta era menor en los expertos que en los principiantes y que en los dos grupos se apreciaba el mencionado incremento del tiempo de respuesta cuanto mayor era el número de posibles decisiones.

Bard (1981) constató otras diferencias entre expertos y principiantes: los expertos tienen tendencia a realizar mayores secuencias de fijaciones oculares a su par defensivo, mientras que los principiantes realizan un mayor número de fijaciones sobre su par ofensivo.

Podemos finalizar este apartado concluyendo que la conducta visual parece ser específica de la tarea a realizar, y que la exploración ocular depende del nivel de experiencia de los jugadores, ya que como se ha indicado, los expertos realizan menos fijaciones oculares, controlan con más frecuencia a su defensor y su respuesta es más rápida.

Comportamiento visual específico en baloncesto

La conducta visual es un tipo de comportamiento que se define como la exploración visual a realizar frente una determinada situación. Cada deporte tiene unas demandas que implican diferentes comportamientos visuales específicos, y es función de los entrenadores enseñar a sus jugadores dicho comportamiento. Como hemos visto, en la exploración del campo visual, los jugadores con experiencia presentan claras diferencias frente a los inexpertos.

Nuestra propuesta de entrenamiento integrado incluye en su metodología contenidos que, aparte de desarrollar elementos como la técnica, la táctica, la condición física y las habilidades psicológicas, desarrollen también determinadas habilidades visuales que están relacionadas con el rendimiento de este deporte y que al mismo tiempo enseñen al jugador donde mirar y qué mirar. Pensamos que el comportamiento y habilidades visuales del jugador de baloncesto pueden definirse en función del rol que este desempeñe en el campo. Así pues, diferenciamos el rol ofensivo y el defensivo. Dentro del primero, hallamos el jugador ofensivo con balón o sin él.

Rol ofensivo con posesión de balón: Visión del área central:

 En su campo visual, en todo momento debe figurar su defensor directo y la ubicación del aro.

Visión del área periférica:

El jugador, aparte de mantener en su visión central a su defensor directo y el aro, debe controlar la situación y acciones de sus compañeros y del resto de la defensa.

Rol ofensivo sin balón:

Visión del área central:

 El jugador que desarrolla este rol debe situar en su campo visual central el balón y la posición del poseedor. Visión del área periférica:

 El jugador debe controlar la situación del aro, colocación y movimientos de su defensor directo así como del resto de sus compañeros y defensores.

Rol defensivo del jugador que defiende al hombre con balón:

Visión del área central:

 El jugador debe situar el balón y el atacante (en un conjunto) en todo momento dentro de su campo visual central.

Visión del área periférica:

 Se debe controlar la situación y movimientos del resto de jugadores, tanto atacantes como defensores.

Rol defensivo del jugador que defiende al atacante sin balón:

Visión del área central:

 El jugador debe situar dentro de su campo visual central a su atacante directo.

Visión del área periférica:

 La visión periférica adquiere una gran importancia. El jugador debe controlar al hombre con balón y sus trayectorias. Por otro lado, también debe estar atento al movimiento del resto de jugadores.

Las necesidades visuales que se requieren para poder realizar estos comportamientos son las siguientes:

En el rol ofensivo con balón: En primer lugar es necesario asegurar una excelente agudeza visual dinámica y estática para poder ver con la máxima nitidez posible el aro en una distancia variable entre 10 y 15 metros. (La visión nítida del aro es totalmente necesaria durante todas las acciones técnicas ofensivas como entrar a canasta, tiro, etc.). En segundo lugar, se implican los movimientos sacádicos cerca-lejos (ver defensa-aro-defensa) acompañados de una óptima función acomodativa para asegurar una visión nítida en todas las distancias implicadas. Para cubrir las necesidades del campo visual periférico es necesario gozar de una visión periférica que asegure un ángulo lo más abierto posible.

Referente al resto de roles mencionados anteriormente, aparte de tener en común las habilidades visuales pertenecientes al rol del jugador ofensivo con balón, se incluyen los movimientos oculares de seguimiento y sacádicos, necesarios para la continua y correcta localización del balón en el campo.

Entrenamiento visual aplicado al baloncesto

Dentro de la especialidad optométrica denominada "Visión y Deporte", el entrenamiento visual constituye en la actualidad una de las más fascinantes y prometedoras áreas de actuación.

El entrenamiento visual en el deporte se estructura en tres grandes etapas:

- Entrenamiento visual general: cuyo objetivo principal se concreta en proporcionar al individuo un óptimo nivel de funcionalidad visual en general.
- Entrenamiento visual específico: que se realiza considerando las necesidades específicas del sujeto (en este caso el jugador de baloncesto).
- Entrenamiento visual integrado con elementos técnicos, tácticos, físicos, psicológicos, etc. (Quevedo y Solé, 1994).



Figura 3.

Mientras que el entrenamiento visual general y específico es plena competencia del especialista de la visión, el entrenamiento visual integrado requiere de una aportación interdisciplinar para conseguir los resultados esperados. Así, incluiremos dentro de los contenidos clásicos del baloncesto unas indicaciones referentes a la conducta visual a seguir durante la ejecución del ejercicio. De esta forma, el jugador aprenderá simultáneamente ambos comportamientos.

Por otro lado, en la progresión de la enseñanza debemos seleccionar ejercicios que proporcionen fácilmente la conducta visual adecuada. De forma general y basándonos en las aportaciones de Pinaud (1993) proponemos el siguiente orden metodológico: A nivel de iniciación, partimos de entrenar situaciones donde predominan las acciones en el campo visual central, y donde las necesidades en el campo visual periférico sean pequeñas. Por ejemplo, situaciones donde se realiza una fijación sobre el aro, y se controla mediante la visión periférica el balón, un jugador situado cerca etc..

A nivel de especialización, proponemos avanzar, manteniendo la atención en el campo central y abriendo progresivamente el ángulo de la visión periférica. Por ejemplo: el jugador con balón debe realizar una fijación sobre el aro y controlar periféricamente las acciones de dos jugadores.

A nivel de alto rendimiento actuaremos con técnicas optométricas, mediante las cuales potenciaremos el desarrollo de las habilidades visuales implicadas. Incluiremos dentro de estas situaciones visuales, algunos elementos optométricos como pueden ser las lentes positivas y negativas, prismas, filtros, etcétera.

Medios

Evidentemente, y como ya hemos mencionado, aparte de contar con los medios tradicionales que ofrece optometría, para obtener ese comportamiento visual tan específico, es necesario integrar el entrenamiento visual con el entrenamiento técnico, táctico, físico y psicológico. Para ello puede resultar interesante utilizar el

muñeco de entrenamiento visual "Sicropat" (Solé y Quevedo, 1994). Este muñeco está diseñado para poder desarrollar las habilidades visuales paralelamente a las técnicas, tácticas, físicas y psicológicas. En el contexto visual, este instrumento ofrece la posibilidad de entrenar la visión periférica, los movimientos sacádicos y el tiempo de reacción visual, conjuntamente con elementos técnico-tácticos de las distintas disciplinas deportivas en las que puede ser utilizado.

Las características técnicas del "Sicropat" se resumen en: muñeco de 1,85m de altura, con brazos y piernas articulados. En cada mano y pie tiene instalado un piloto luminoso de una potencia de tres watios (fig. 3). Del mismo modo, también existe un piloto luminoso en el centro del rostro.

La activación y desactivación de los pilotos luminosos se realiza mediante un programa informático específicamente diseñado para su uso.

Los contenidos

Siguiendo con la metodología integradora anteriormente planteada, a continuación proponemos el siguiente ejercicio a modo de ejemplo:

Medios: Balón y muñeco de EV Sicropat. Método de entrenamiento: Fraccionado intensivo largo.

Volumen total: 15 minutos. Intensidad: Vo₂ max.

Repeticiones: 3x5 minutos/5x3 minutos.

Descanso: 3 minutos.

Descripción y desarrollo del ejercicio

En el campo de baloncesto colocamos el muñeco "Sicropat" en la línea de tiro libre. Tres jugadores con balón se sitúan detrás de la línea de 6,25m. El jugador con balón debe superar al muñeco con entrada a canasta por el lado contrario al piloto luminoso activado. Para hacerlo podrá utilizar a su

1

elección diversas técnicas como: cambio de mano, reverso etc... En todo momento, deberá alternar su mirada entre el piloto luminoso de la cabeza del "Sicropat" y el aro, con la prohibición expresa de mirar el balón. Después de su entrada, el jugador volverá a la fila (figs. 4 y 5).



Figura 4.



Figura 5.

Cualidades y habilidades integradas

Habilidades técnicas: Técnica básica individual

Habilidades tácticas: Sobrepasar al defensa, lado débil, lado fuerte.

Cualidades físicas: Resistencia: potencia aeróbica.

Habilidades visuales: Visión central, movimientos sacádicos cerca-lejos, flexibilidad acomodativa.

Habilidades psicológicas: Concentración, foco atencional.

Conclusiones

Los autores son de la opinión que el entrenamiento de las habilidades visuales y el aprendizaje del comportamiento visual específico puede resultar muy útil en el mundo del baloncesto. La inclusión y sistematización de la carga visual en los contenidos clásicos de este deporte puede comportar mejoras en el rendimiento deportivo en esta disciplina.

La utilización de la metodología integradora permite entrenar todos los elementos que comportan el rendimiento deportivo (técnica, táctica, cualidades físicas, psicológicas, visuales) en una misma sesión de entrenamiento. Esta estrategia permite realizar entrenamientos más motivantes, completos y específicos.

Bibliografía

BARD, C.; FLEURY, M.; CARRIERE, L. (1975), "La Strategie perceptive et la Performance Sportive". Movement, 3, pp. 163-83.

BARD, C. y FLEURY, M. (1976), "Analysis of Visual Search Activity during Sport Problem Situations". Journal of Human Movements Studies, 3, pp. 214-222.

- BARD, C.; GUEZENNEC, Y.; PAPIN, J. P. (1981), "Esgrime: Analyse et Exploration Visuelle". Medecine du Sport, 4, pp. 22-28.
- COHEN, A. H. (1988), "The efficacy of optometric visual therapy". J. Am. Optom. Assoc., 59 (2), pp. 95-105.
- GILMAN, G. (1988), Behavioral Optometry. Paradox Publishing. Quincy, California.
- GUYTON, A. G. (1992), Tratado de Fisiología Médica. 8.ª ed. Editorial Interamericana-Mc. Graw & Hill, Madrid.
- MILTON, J. L. (1952), "Analysis of Pilot's Eye Movements in Flight". The Journal of Aviation Medicine, 2, pp. 67-76.
- MOURANT, R.; ROCKWELL, T. H. (1972), "Strategies of Visual Search by Novice and Experienced Drivers". *Human Factors*. 14, pp. 325-335.
- NEBOIT, M. (1982), "L'Exploration visuelle du conducteur". Cahier d'Etude de l'ONSER, 56, pp. 1-70.
- PINAUD, F. (1993), "La percepción visual en el balonmano". Congreso internacional de especialistas en balonmano. INEF, Madrid.
- PAPIN, J. P.; CONDON, A.; GUEZENNEC (1984), "Evolution de la Strategie de l'Exploration Visuelle d'enfants aprenant Esgrime". *Medicine du Sport.* 58, pp. 27-35.
- QUEVEDO, Ll.; SOLE, J. (1990), "Baloncesto: Habilidades visuales y su entrenamiento". RED. Vol 4, 6, pp. 9-19.
- (1994), "Metodología del entrenamiento visual aplicada al deporte". XII Congreso Nacional de Óptica y Optometría y X Internacional de Lentes de Contacto. Gijón: Colegio Nacional de Ópticos.
- RIPOLL, H.; AZEMAR, G. (1987), Traitement des informations visuelles prises de decision et réalisation de l'action en sport. INSEP, París.
- RONCAGLI, V. (1990), Sports Visión. Calderini, Bolonia.
- SOLÉ, J. (1992), Visión y Deporte: propuesta de una metodología específica e integradora. Tesis doctoral, Universitat de Barcelona.
- STERN, J. A.; BYNUM, J. (1970), "Analysis of visual Search Activity in Skilled and Novice Hellocopterpilots". *Aerospace medicine*, 41, pp. 300-305.

Danza, música, juegos y formación..., ingredientes de FESCAT, Escuela Catalana de la Fiesta

El Centro de Promoción de la Cultura Popular y Tradicional Catalana pone en marcha una nueva edición de esta escuela de verano.

El Centro de Promoción de la Cultura Popular y Tradicional Catalana de la Generalidad de Cataluña, en colaboración con la Fundación Societat i Cultura, de las federaciones culturales y de diversas entidades, realizará durante el próximo mes de julio una nueva edición de la Festcat, Escuela Catalana de la Fiesta. Esta iniciativa, que engloba cuatro escuelas de verano de cultura popular y tradicional, tiene como objetivo combinar el espíritu festivo inherente a la temporada veraniega con una propuesta de formación y de dinamización dirigida a las personas que se quieren acercar por primera vez a este ámbito cultural y al público que lo quiera conocer más a fondo. Profesores de primaria y de secundaria, monitores de recreo, guías y técnicos de turismo, animadores de gente mayor, gestores culturales, técnicos de cultura y de juventud, miembros de comisiones de fiestas, de centros culturales, de centros de recursos educativos y de asociaciones culturales serán los protagonistas de esta propuesta para vivir unos días de verano en un ambiente de fiesta y de profundización de nuestras raíces y para conocer a otras personas que comparten intereses similares.

Este año, la Festcat ofrecerá por un lado el Campus de Cultura Popular que se desarrollará en Llívia (Cerdaña) del 19 al 25 de julio y por otro ofrecerá las propuestas monográficas de años anteriores: el Curso de Danza Tradicional "Dansàneu" en Esterri d'Àneu (Pallars Sobirà), el Curso de Juegos Tradicionales en Horta de Sant Joan (Terra Alta) y el Curso de Música Tradicional y Popular en Vilanova i la Geltrú (Garraf), que se celebrarán del 26 de julio al 1 de agosto.

La actividad, así, siguiendo un criterio de territorialidad y de corresponsabilidad, se desarrollará en diversas comarcas catalanas, con la colaboración de las corporaciones locales, abarcando localidades del Pirineo, de las tierras del Ebro y de nuestro litoral. De esta manera podemos decir que el conjunto de la Escuela supondrá una puerta abierta no sólo en todos los ámbitos de la cultura popular y tradicional, sino, también, en una muestra representativa de nuestra geografía; una puerta abierta que permitirá que los asistentes conozcan diversos lugares de Cataluña y, como indica la denominación de la actividad, vivan a fondo el contenido de la Fiesta.

Del 19 al 25 de julio, Llívia y toda la Cerdaña se convertirán en el espacio de aprendizaje e intercambio de experiencias de los participantes del **Campus de Cultura Popular**. Esta escuela de verano, con una perspectiva multitemática presentará diversos cursos de formación artística, charlas de gestión cultural, talleres de práctica artística, conferencias de interés sociocultural, espectáculos de noche en cinco poblaciones de la comarca (Llívia, Alp, Bellver, Osseja y Puigcerdà), actividades de tiempo libre cada noche en la plaza Mayor de I lívia...

El Campus estará estructurado de manera que se pueda seguir uno de los 22 cursos temáticos durante la mañana y escoger entre uno o diversos talleres de tarde. Estos talleres darán a los alumnos la posibilidad de seguir con la misma temática de los cursos matinales, y así profundizarla y ampliarla, o bien la de variar cada día y participar en talleres de contenido bien diferente, "probando", de esta manera, aspectos no tan conocidos pero también muy interesantes. Estos talleres, 29 en total, están planteados de manera experimental, vivencial y de práctica compartida y comprenden temas como las artes escénicas, los juegos tradicionales, la interculturalidad, la telemática, la danza, la música, la imagería, la artesanía o los diablos.

Así, pues, el Campus está estructurado de tal manera que los asistentes puedan trabajar durante seis días con profesionales de los diferentes sectores de la cultura popular y tradicional y puedan disfrutar de una formación flexible a partir de sus necesidades concretas.

La propuesta de formación no puede, sin embargo, dejar de lado el espíritu festivo inherente a la temporada veraniega y a la misma cultura popular y tradicional y tal como corresponde a unas actividades de la Escuela Catalana de la Fiesta. El ambiente festivo impregnará la vida del Campus. Así, el trabajo de tota la semana se enfocará a la preparación y realización de una fiesta dirigida a los habitantes de la comarca, fiesta que ha de ser un destello de alegría y ha de posibilitar que todos sean protagonistas de la formación recibida.

El **Curso de Danza Tradicional "Dansàneu"** es ya una actividad enraizada en Esterri d'Àneu donde se celebra desde hace siete años. Las materias que este verano se trabajarán engloban un repertorio de danzas tradicionales catalanas documentadas, el baile campesino de Ibiza y Formentera y una introducción a una reflexión teórica sobre la danza. Por las tardes se podrá escoger entre tres opciones: baile de entoldado, improvisación en danza tradicional y didáctica aplicada para hacer danzar a niños.

La parte teórica de esta escuela se complementará con presentaciones de libros sobre el cancionero de los Valles d'Àneu, un pasacalle popular y la participación en bailes tradicionales de las comarcas.

La temática del **Curso de Música Tradicional y Popular** de Vilanova i la Geltrú se centrará este año en el tratamiento instrumental y vocal del repertorio popular, el tratamiento moderno del repertorio tradicional, el tratamiento de compases de amalgama, el repertorio popular de Mallorca, la percusión y las polifonías corsas y la canción mediterránea. Éstas serán las materias a trabajar en este curso dirigido a profesionales y estudiantes de música. Junto a la actividad académica, habrá coloquios y jam-sesiones por la noche. El último día, por la noche, los profesores y alumnos ofrecerán un concierto de clausura.

El **Curso de Juegos Tradicionales** de Horta de Sant Joan se realizará por tercer año consecutivo. Este año los asistentes trabajarán de forma práctica la interrelación de los juegos tradicionales con la fiesta. La aplicación de un espacio lúdico en un modelo festivo o la búsqueda y recuperación de juegos son algunos de los temas a tratar, junto a otras materias más prácticas como un taller de construcción de objetos para jugar y juguetes gigantes. Una serie de actividades complementarias, debates, exposiciones, conciertos y bailes completarán esta semana de formación.

Festcat, Escuela Catalana de la Fiesta, en el conjunto de sus cuatro escuelas, se convierte en un marco en que el aprendizaje y el intercambio de experiencias representa para todos los asistentes no sólo un mayor conocimiento de las materias tratadas sino también una oportunidad de vivir el espíritu festivo y participativo propio de la cultura popular y un enriquecimiento personal fruto de la convivencia y del trabajo conjunto. Os invitamos, pues, a esta iniciativa que ya en ediciones anteriores ha demostrado ser una herramienta interesante, y de utilidad tanto para el colectivo que trabaja la cultura popular y tradicional como para todos aquellos que aprovecharon estas actividades para acercarse por primera vez a este ámbito.

Pepa Ninov i Pere

Gerente del Centro de Promoción de la Cultura Popular y Tradicional Catalana



Foro José M. Cagigal

Los deportes tradicionales: aproximación antropológica

Salvador Olaso Climent

INEFC-Lleida

Palabras clave

antropología cultural, sincretismo, reloj de arena post-industrial, filosofía de la ambivalencia, avance retroprogresivo, etc.

Resumen

El camino hacia una comprensión del hecho lúdico y deportivo en la sociedad actual, posiblemente estriba en incorporar reflexiones humanísticas y sociológicas que aporten argumentos explicativos y/o interpretativos sobre dicho fenómeno.

En esta línea se ubica este ensayo, en el que se pretende establecer algunos de los fundamentos-guía del análisis de contenidos desde la perspectiva de la antropología cultural, y es a partir de una visión materialista del deporte, que se enfoca la imagen del significado festivo del juego tradicional, se recurre a la asunción de una clara filosofía de la ambivalencia, para terminar incluyendo algunas de las pautas actuales de posible intervención antropológica.

Introducción

Desde el punto de vista de la antropología cultural, parece plausible que una manera no demasiado drástica de oponerse frontalmente a las formas extrañas, consiste en modificar los elementos e incluso su interpretación, con lo que conseguimos acoplarlos e integrarlos. Este proceso denominado sincretismo favorece la no modificación de la cultura propia, aunque sí los aspectos originales del elemento integrado. De ahí que, por analogía, podamos considerar al juego deportivo hecho tradición en un elemento natural y con tendencia a denominarlo autóctono.

También, se pueden elaborar nociones basadas en la oposición juego-deporte (I), así podemos considerar que el juego tradicio-

⁽¹⁾ SANZ, I: "La actualidad de los juegos tradicionales". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP). Santander, agosto, 1991.



nal surge de abajo (2), posee una estructura abierta (3), es comunicativo, creativo, espontáneo e intranscendente. Por contra, el deporte surge de arriba, posee una estructura cerrada, es eminentemente competitivo, alienante y tiene un afán trascendente. La idea de deporte tradicional implicaría una participación de ambas nociones, puesto que en este tipo de deporte aparecen las connotaciones deportivas, ya vistas, fundamentalmente en los días de fiesta o días especiales, consiguiendo con ello una función ritual.

En esta línea de pensamiento, habría que decir que los deportes tradicionales que quieran seguir la dirección federativa, van a perder el componente intranscendente y festivo que caracteriza a los juegos tradicionales. De esta manera, siguiendo la reflexión, podemos concretar que la verdadera actividad lúdica se caracteriza por ser creativa al tener estructura abierta, sin embargo, en la actividad ludiforme (4) se contemplan pocas ocasiones de crear, ya que al poseer estructura cerrada, el jugador pasa a ser un simple usuario del juego.

El juego deportivo desde la perspectiva de la antropología cultural

Abordar el tema del juego y deporte tradicional, o cualquiera de los otros términos que se tenga a bien emplear puede, en nuestra opinión, realizarse bajo los auspicios de la antropología cultural, la cual inte-

gra al juego en un amplio contexto en donde se contemplan los estilos de vida, socialmente adquiridos, de ciertos grupos humanos, que incluye los modos pautados y recurrentes de pensar, sentir y actuar (5).

Por consiguiente, el juego forma parte de todo ese complejo que llamamos cultura, y que según Tylor comprende conocimientos, creencias, arte, moral, derecho, costumbres y cualesquiera otras capacidades y hábitos adquiridos por el hombre en tanto miembro de la sociedad (6). No es posible pues comprender totalmente este comportamiento humano si se desvincula de su contexto, puesto que en caso contrario perdería su auténtica razón de ser.

El juego deportivo, tan estrictamente asociado al dictado del principio del placer del que hablaba Freud, posteriormente contestado por Marcuse bajo la denominación de principio de rendimiento (7), desde la visión materialista cultural, está incluido en el denominado patrón universal, el cual considera que todas las sociedades humanas generan dispositivos culturales de índole conductual y mental para poder organizar y satisfacer las necesidades de subsistencia, reproducción, intercambio de bienes y trabajo, la vida en grupos domésticos y grandes comunidades, así como también las creaciones de carácter expresivo, deportivo, estético e incluso los aspectos morales e intelectuales de la vida en comunidad.

Estos componentes se agrupan a partir de los epígrafes siguientes (8):

a) La infraestructura

Que contempla a su vez:

- Los modos de producción, es decir, la tecnología y prácticas que se emplean para incrementar la producción básica de subsistencia.
- Los modos de reproducción, en base a la tecnología y prácticas empleadas para incrementar, limitar y mantener el tamaño de la población. Demografía. Pautas de apareamiento.

b) La estructura

En la que se insertan:

- La economía doméstica que corresponde a la organización de la reproducción y producción básica para el intercambio y consumo, pero limitada a la célula familiar, en la que existe división doméstica del trabajo y en donde se produce enculturación y socialización doméstica.
- La economía política que organiza la reproducción y producción, con el consiguiente intercambio y consumo, pero entre bandas, poblados, jefaturas, estados e imperios. Es una organización política, de clubes, facciones y corporaciones, en la que se incluyen sistemas de impuestos y tributos y en la cual se produce enculturación y socialización política.

c) La superestructura

Que incorpora únicamente las manifestaciones de tipo conductual, como son: literatura, danza, rituales, deportes, juegos,

⁽²⁾ Habría que especificar que aunque los conceptos de obojo y orribo hacen referencia, respectivamente, a lo popular e institucional, Ignacio Sanz siguiendo a García Calvo, prefiere utilizarlos de esta manera. Lo que si destacamos es la generación de actividad lúdica a partir de una propuesta popular, de abajo, o bien generada y controlada por una organización superior, o sea, de arriba.

⁽³⁾ En nuestra opinión, la diferenciación entre estructura abierta y estructura cerrada implica la posibilidad de una mayor o menor trascendencia del juego. Las cerradas se caracterizan principalmente por la estabilidad de sus elementos intrasistémicos, los cuales están perfectamente delimitados, pactados, controlados y normativizados por instancias superiores extrasistémicas; por eso, los efectos perversos que puedan surgir son automáticamente reprimidos al ser el juego trascendente. En cambio, las abiertas proporcionan la ocasión de generar variantes; esto se debe al hecho de que, aún poseyendo una estricta cohesión interna fruto del pacto e imprescindible para la constitución del juego, al ser éste intranscendente, los posibles efectos perversos que puedan surgir no son irremisiblemente reprimidos, sino que, pueden ser nuevamente pactados e integrados si la voluntad de los jugadores así lo considera.

⁽⁴⁾ Expresión de Joaquín Giró en "El juego: tradición y cultura". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP). Santander, Agosto, 1991.

⁽⁵⁾ HARRIS, M: Introducción a la antropología cultural. Madrid, Alianza, 1986, p. 123.

⁽⁶⁾ Citado por HARRIS en Introducción a la antropología cultural. Cit., p. 123.

⁽⁷⁾ La antinomia principio del placer-principio de rendimiento, adquiere una amplia base psicoanalítica, simplificando sobremanera la teoría freudiana del instinto y la sublimación. Aunque parece ser que tal contradicción no existe totalmente, puesto que poseemos una especie de placer abstracto por el rendimiento, ese placer que se espera en el futuro con la conciencia de haber hecho algo, o de haberlo logrado. Lenk, H: "Sobre la crítica al principio de rendimiento en el deporte" en Lüschen, G. y Weis, K. Sociología del deporte. Valladolid, Miñón S.A. 1979, pp. 133-141.

⁽⁸⁾ Harris, M. Introducción a la antropología cultural. Cit., pp. 131-132.

hobbies, ciencia y en general la existencia universal de actividades creativas, expresivas, estéticas, lúdico-deportivas, religiosas e intelectuales de los diferentes pueblos y comunidades.

A partir de este patrón universal, el materialismo cultural propone el principio del determinismo infraestructural, con el que se sostiene que los modos "etic" y conductuales de producción y reproducción determinan "probabilísticamente", la estructura, la superestructura y todos los componentes "emic" y mentales de los sistemas socioculturales (9).

Por esta razón, se puede considerar que los juegos deportivos están determinados por los modos de producción y de reproducción que caracterizan a las sociedades, es decir, en cada grupo social, sus deportes constituirán un reflejo de su propia organización infraestuctural.

En principio, parece aceptable el pensar que, en las sociedades rurales así como en las urbanas, el tipo de organización productiva es diferente, correspondiendo cada una de ellas a un sector distinto de la economía. En ese caso, las manifestaciones creativas y deportivas también lo serán.

Contradictoriamente, en opinión de Massimo Cannevacci (10), en la sociedad postindustrial, el determinismo cultural al que apuntan los materialistas culturales, no se da. Es más, hoy día, el deporte produce valores y mercancías propios de las organizaciones de producción, con lo que parece evidente que este determinismo acuñado a partir de la ideología dialéctico-marxista, carezca actualmente de sentido (11).

El significado festivo del juego tradicional

La idea de juego emparentada con la tradición proporciona una clara connotación festiva. Efectivamente, la fiesta es ese período de tiempo durante el cual se manifiestan más procazmente las actividades lúdicas. Ésta representa el marco en el que se inserta el juego tradicional. En ella, el cuerpo, la práctica corporal tienen una gran importancia: danza, adornos personales, vestimenta, juegos físicos, gastronomía etc., conforman los ingredientes imprescindibles para adornarla.

Así se consigue que durante este tiempo cambie la vida, rompiendo con las condiciones monótonas y alienantes que proporciona lo cotidiano, se es más tolerante y aparece la broma como factor determinante con su sentido ritual y de iniciación. Si el individuo soporta el juego iniciatorio, éste es aceptado socialmente. En este sentido, la broma desempeña una función de tamiz social, próxima a la que desempeña el mote.

Aunque los conceptos de broma y juego no son equivalentes, si podemos aceptar que ambos forman parte del mismo espíritu festivo que los caracteriza.



Por eso, resulta conveniente diferenciar las actividades lúdico-festivas, según sea el origen de la fiesta en la que se inserta, ya que hay fiestas con marcado acento propio, particular —de un solo lugar— y otras, en cambio, tienen un mayor alcance universal. En las fiestas espontáneas, aquéllas que nacen en virtud de la emoción del momento,

el juego proporciona un carácter subversivo; contrariamente, cuando la fiesta es más tradicional, apoyada y financiada institucionalmente, el juego adquiere un mayor componente integrador.

Hacia una filosofía de la ambivalencia en el juego deportivo

Para Salvador Paniker (12), la mayor parte de la historia de la ciencia, e incluso de la cultura, se destaca por el constante movimiento de alejamiento del origen, que de forma paradójica, alimenta el interés de volver a encontrarlo. Por tanto, existe una ambivalencia en la que la distancia de lo real impone una mayor aproximación crítica a lo real.

Esto significa que todo avance debe de ser consecuentemente retroprogresivo (13), puesto que los costes del progreso exceden a sus ventajas; en caso contrario la distancia al origen nos exaspera y llega un momento en el que las palabras sólo hablan de otras palabras, con lo que nadie sabe de que se trata. Se pueden construir discursos sofisticados sobre el arte de vivir, pero ser incapaces de ello.

Al intentar un modelo del juego deportivo basado en una filosofía de la ambivalencia, se tratará en primer lugar de comprender que el pluralismo significa la quiebra del mito de la unidad y del orden, puesto que la incertidumbre pertenece al estatuto de la realidad y los hombres deben de acostumbrarse a ella.

El orden y el desorden son dos caras de una misma moneda, en la que el orden establecido sólo representa uno más de los ordenes posibles que se pueden considerar, por eso conviene evitar una inveterada confusión en lo que hace a las nociones de orden y de desorden.

⁽⁹⁾ HARRIS, M. Introducción a la antropología cultural, Cit., p. 133.

^{(10) &}quot;Conferencia sobre antropología del deporte". Aula de cultura de la Caixa de Barcelona. 19 de Diciembre de 1988. Lérida.

⁽¹¹⁾ Quizás en la sociedad de consumo, se hayan invertido o reconvertido las direcciones de influencia, consiguiendo un bucle de retroalimentación con el que cerrar el círculo estructural.

⁽¹²⁾ Aproximación al origen. Barcelona, Kairos, 1985, pp. 241-248.

⁽¹³⁾ Según apunta Paniker, el primero que le influenció sobre una filosofía retroprogresiva fue Rof Carballo, la cual amplia en su libro Conversaciones en Madrid. En Aproximación al origen. Cit., p. 24, cita nº 2.



Si barajamos un paquete de naipes y después, al echar la cartas al azar, nos aparecen rigurosamente ordenadas según los cuatro palos de la baraja, y de as a rey, nos quedaremos estupefactos: parece increíble que el azar haya producido tanto orden.

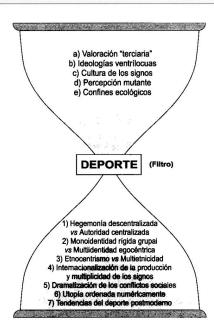
Pero más estupefactos quedaremos si un profesor de estadística nos explica que este supuesto orden tiene tantas probabilidades de salir como otro cualquiera. El caso es que cualquier combinación de naipes es un orden, y nuestra sorpresa por la primera combinación sólo es función de nuestra previa definición de orden.

Dicho de otro modo: lo que llamamos desorden es, ante todo, un orden distinto del que esperábamos. Hay que asumir la *pluralidad de órdenes*. Con nuestro hábito de privilegiar determinado orden habíamos reprimido su correspondiente desorden, es decir, habíamos reprimido la infinidad de alternativas; en suma, habíamos reprimido el pluralismo (14).

De esta manera, se hace patente la importancia de la ambivalencia lúdica, en la que consignamos la enorme variedad de formas que se pueden presentar de órdenes de juego. Por lo tanto, todo juego será integrador o subversivo, en función del tipo de orden que se imponga. El juego primitivo, espontáneo, al poseer una estructura abierta, genera desorden, incertidumbre, adquiriendo un carácter subversivo hacia el orden consolidado y establecido; aunque paradójicamente es creativo y generador de nuevas sensaciones lúdicas.

Pero, a medida que el juego estructuralmente se va cerrando, civilizando, se convierte en integrador porque tiende a una ordenación, dejando menos posibilidades a la incertidumbre, el juego se hace así tradición, en donde prevalecen los criterios de la jerarquía institucional.

También, en esta línea de pensamiento, Cannevacci (15) propone lo que él denomina el binomio: deporte y reloj de arena postindustrial.



En dicha corriente de opinión toma cuerpo la idea de que al parece hoy, en la sociedad postindustrial, el determinismo cultural de la infraestructura y de la estructura sobre la superestructura no o se da –tal y como suponen los materialistas culturales—, son las valorizaciones terciarios, las no deterministas las actualmente consecuentes.

Por otro lado, el deporte al convertirse en filtro del supuesto reloj de arena postindustrial llega de forma autónoma a canalizar y a producir valores y mercancías propias, y debido al etnocentrismo cultural que impera en la sociedad dominante, llega a destruir otras culturas lúdicas a partir de un manifiesto proceso de aculturación que homogeneiza las sociedades hacia un modelo universal.

Consecuentemente, las ideologías ventrílocuas –concepto acuñado en Francia con la revolución–, transforman las ideas a través de la pragmática de las comunicaciones que penetran de forma sutil en la psique de las masas. Por eso, existe una actual necesidad de símbolos –banderas–. El deporte constituye un clásico de los minisímbolos que identifican. Así, podemos considerar que

existe una mutación cultural, cuya percepción envuelve al grupo y tiene una dimensión ecológica.

El aceptar una filosofía de la ambivalencia lúdica, implica el abrir la mente a un avance retroprogresivo, a no privilegiar exclusivamente el orden lúdico establecido, sino, al hecho de intentar contemplar también, con idéntica amabilidad, la multitud de órdenes posibles de que es capaz de generar el espíritu lúdico del ser humano.

Con ello, favoreceremos el pluralismo deportivo en una sociedad donde se reclama, cada día más, el pluralismo político como bien social al que todo pueblo tiene derecho.

No se trata ya de convencer a nadie, puesto que todo intento resulta, en cierta forma, coactivo. Simplemente consiste en la renuncia reflexiva de las grandes síntesis y que cada uno componga su propio discurso a la manera, digamos, singular, con la que extraer una fructífica generalidad. Esta es, básicamente, la imagen esencial que tenemos de la tolerancia.

Se impone pues una necesidad de mantener el equilibrio, entre el pasado y presente, en la línea de la aproximación al origen. Esto estriba, en realidad, en mantener vivo el principio de identidad.

Pautas actuales de intervención en aras de una antropología cultural de los deportes

Se pueden contemplar dos formas diferentes de intervención.

Una: La reduccionista que, como se sabe, consiste en aislar un fenómeno sociocultural, en este caso el juego deportivo, y estudiarlo desvinculado de su medio.

Dos: La sistémico que trata de enfocar el estudio en su globalidad, aunque sin perder la perspectiva del análisis, introduciendo al juego en su propio contexto, ya que es virtualmente imposible aislarlo totalmente para poderlo comprender. Se pretende

⁽¹⁴⁾ PANIKER, S. Aproximación al origen. Cit., p. 24-25.

^{(15) &}quot;Conferencia sobre antropología del deporte". Aula de cultura de la Caixa de Barcelona. 19 de Diciembre de 1988. Lérida.

más bien adquirir la capacidad micrológica, o sea, la facultad de análisis del juego en su contexto.

Desde la visión de la antropológica cultural, la segunda parece que es la que realmente interesa. No obstante, es comprensible que según sea el tema objeto de atención, la elección en cuanto a tipo de intervención, constituya una cuestión prioritaria, máxime si el estudio es enfocado desde la motricidad.

Para ello, Vincenzo Padiglione (16) propone una serie de temas posibles de estudio para una antropología cultural de los deportes:

- A. Tipología de los deportes
- B. Evolución de los deportes
- C. El deporte como proceso de aculturación
- D. El deporte como producción social de ídolos o celebridades
- E. El deporte como apología de la naturaleza
- F. El deporte como experimentación y creatividad cultural
- G. El deporte como expresión simbólica de una clase hegemónica
- H. El deporte como reintegración de las desviaciones
- El deporte como símbolo de identidad étnica
- J. El deporte como instrumento de acultu-
- K. El deporte como objeto del sincretismo cultural
- L. El deporte como dramaturgia
- LL. El deporte como fiesta

- M. El deporte como fenómeno social total
- N. El deporte como instrumento diplomático
- O. El deporte como producción de subculturas

Los temas A y B son más específicos en cuanto a investigación deportiva se refiere. El resto participa de una investigación más genérica e incluso multidisciplinar.

De todos ellos, posiblemente, el que más atención ha recibido haya sido el primero, no solamente por el hecho de serlo, sino, porque de él depende la posterior indagación científica. Constituye, digamos, un requisito previo para las siguientes investigaciones. Sin embargo, hay que subrayar que todo intento de catalogación, por muy completa que se pretenda que sea, nunca lo es totalmente.

Desde la etnografía, la primera tipología con criterios serios de investigación científica de nuestro país, fue la realizada en 1974 por Rafael García Serrano (17). Posteriormente, Renson y Smulders (18) en 1978 abordan una clasificación tipológica de los juegos y deportes tradicionales de Bélgica –área flamenca–.

Más cerca temporalmente, a lo largo de 1990, en un seminario europeo en el que participan expertos de 20 países, promovido por el Consejo de Europa, se insta a la recopilación, censado y comparación de los juegos y deportes tradicionales europeos (19). En este sentido, cada país debe aportar su catalogación, con lo que España ha realizado ya su trabajo docu-

mental, a través del Consejo Superior de Deportes, que espera próxima publicación

Bibliografía

- BLANCHARD, K. y CHESKA, A. (1986), Antropologío del deporte. Barcelona, Bellaterra.
- CANNEVACCI, M. (1988), "Conferencia sobre antropología del deporte". Aula de cultura de la Caixa de Barcelona. 19 de Diciembre. Lérida.
- GARCÍA SERRANO, R. (1974), "Juegos y deportes tradicionales en España". En Cátedros Universitarios de tema deportivo-cultural. Madrid, Delegación Nacional de Educación Física y Deportes.
- GIRÓ, J. (1991), "El juego: tradición y cultura". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP). Santander, Agosto.
- GRAN ENCICLOPEDIA LAROUSSE. Barcelona, Planeta, 1977, Tomo XIII, p. 599.
- HARRIS, M. (1986), Introducción a la antropología cultural. Madrid, Alianza.
- LÜSCHEN, G. / WEIS, K. (1979), Sociología del deporte. Valladolid, Miñón S.A.
- Moreno, C. (1991), "Clasificación tipológica de los juegos y deportes tradicionales en España (análisis de los más significativos por comunidades autónomas)". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP). Santander, Agosto.
- PADIGLIONE, V. (1988), "Conferencia sobre antropología del deporte". Aula de cultura de la Caixa de Barcelona. 19 de Diciembre. Lérida.
- PANIKER, S. (1985), Aproximación al origen. Barcelona, Kairos, 1985, p. 25.
- SANZ, I. (1991), "La actualidad de los juegos tradicionales". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP). Santander, Agosto.

^{(16) &}quot;Conferencia sobre antropología del deporte". Aula de cultura de la Caixa de Barcelona. 19 de Diciembre de 1988. Lérida.

^{(17) &}quot;Juegos y deportes tradicionales en España". En Cátedros Universitarios de tema deportivo-cultural. Madrid, Delegación Nacional de Educación Física y Deportes, 1974.

⁽¹⁸⁾ Citados por Cristóbal Moreno en "Clasificación tipológica de los juegos y deportes tradicionales en España (análisis de los más significativos por comunidades autónomas)". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP). Santander, Agosto, 1991.

⁽¹⁹⁾ MORENO, C. "Clasificación tipológica de los juegos y deportes tradicionales en España (análisis de los más significativos por comunidades autónomas)". Encuentro de Deportes Autóctonos y Cultura Popular. Cit., documento de trabajo.





GEDE Grupo de Estudio de Mujeres y Deporte

Presentación

Cuando, en 1992, hicimos la presentación oficial del GEDE en el INEFC de Barcelona, ya llevábamos un tiempo trabajando sobre los aspectos que hacían referencia a las mujeres y el deporte. Creímos que había llegado el momento de oficializar nuestro trabajo y, entonces, encontramos en el INEFC todo el apoyo que necesitábamos. Nuestra intención era iniciar un espacio en donde poder trabajar e investigar los condicionantes y las características que nos ayudasen a entender un mundo tan complicado como el del deporte, y, sobre todo, su relación con el mundo de las mujeres.

Durante estos seis años, hemos puesto en marcha una serie de trabajos, estudios, investigaciones y proyectos prácticos que hemos podido desarrollar gracias a que este ámbito ha sido incluido dentro de las líneas de investigación del INEFC, además de haber gozado de ayuda de la Generalitat de Catalunya y de colaboraciones con la Diputación de Barcelona. Llegado este momento, creímos que sería interesante poner al alcance de los lectores de la revista algunos de los trabajos que hemos llevado a cabo. La áreas en las cuales nos hemos movido abarcan aspectos como la coeducación, la evolución de las mujeres y el deporte en Catalunya, los problemas relacionados con la anorexia y la bulimia y, finalmente, estamos llevando a cabo, con la colaboración de la Diputació de Barcelona, el INEFC y el Ayuntamiento de l'Hospitalet, un programa de actividad física para las mujeres adultas, que se presentó en todos los municipios de la provincia el día 13 de enero. Nuestra intención es ofreceros un pequeño resumen de los aspectos que consideramos más interesantes y útiles de nuestros trabajos. Así, y de manera puntual, en un pequeño artículo en cada número de la revista, os presentaremos los resultados de algunos de los trabajos realizados, así como también otros aspectos sobre el tema de las mujeres y el deporte, que creemos que os pueden ayudar a

El primer artículo, titulado "Se busca: entrenador/a para equipo femenino. Recompensa: la satisfacción por el tra-

reflexionar sobre el tema.

bajo bien hecho", incluye una entrevista al entrenador de la selección catalana femenina de fútbol-sala, Alfons Bertran. En los próximos números hablaremos sobre aspectos relacionados con el mundo de la coeducación en el ámbito de la educación física -tema que, por obvio, no se trata en nuestro ámbito profesional con la profundidad que sería necesario tratarlo y, además, es uno de los puntos que la Reforma incluye de forma prioritaria entre sus contenidos. También os expondremos los rasgos más significativos del programa que hemos desarrollado para mujeres adultas y que pensamos que os pueden dar algunas pistas útiles, ya que creemos que la mayoría de programas que se desarrollan en la actualidad no se adecúan a las características y a las necesidades de las amas de casa, que es la población a la cual se dirige este programa. Nos referiremos igualmente a aspectos relacionados con las conductas alimentarias insanas, que pueden desembocar en enfermedades tan serias y graves como la bulimia y la anorexia: Sabemos, por las encuestas realizadas entre la población del INEFC, que como profesionales somos una población de riesgo, por la necesidad de mantener un cuerpo con una apariencia "socialmente aceptada"; además, muchos de nosotros, como deportistas y según la especialidad deportiva, estamos sometidos a una serie de exigencias derivadas de la misma práctica, por ejemplo el peso o la imagen, que favorecen comportamientos alimentarios no correctos. También somos conscientes, y los últimos estudios realizados nos lo manifiestan, que la edad crítica para desarrollar estos comportamientos se sitúa en la pubertad y en la adolescencia, edad de muchos de vuestros alumnos. Vuestra actitud puede ser determinante para descubrir y ayudar a afrontar esta problemática. Finalmente, también tenemos la intención de incluir algunas investigaciones del ámbito del rendimiento en deporte femenino y artículos de aspecto más histórico y

Mila García Bonafé

Directora del GEDE

Se busca: entrenador/a para equipo femenino. Recompensa: la satisfacción por el trabajo bien hecho

Susanna Soler Prat

Colaboradora del GEDE

Introducción

El fútbol-sala femenino nació en Catalunya hará unos 15 años, seis después que la Federació Catalana de Futbol hubiese creado el Comitè de fútbol-sala. Los que, en aquel momento, iniciaron la competición femenina desde el ámbito federativo fueron, entre otros, M. Teresa Andreu y Juan Villas-Segura. Durante los diez primeros años, en la competición femenina participaron 42 equipos, divididos en tres divisiones de 14. En un principio, durante los tres primeros años se permitió que las jugadoras de fútbol a 11 también pudiesen jugar a fútbol-sala, pero no se mantuvo esta línea, de manera que se salió de la influencia del juego de fútbol de campo. A pesar de todo, hay algunos equipos que han estado siempre en la competición, desde el primer momento, como por ejemplo el Vilassar de Mar, el Vilanova, el Castelldefels, el Sabadell, el Mas Janer o el Navarcles. Pero desde hace unos 5 años el fútbol-sala femenino ha adquirido una dinámica de crecimiento sorprendente.

Actualmente, en la provincia de Barcelona, hay 80 equipos divididos en 5 divisiones de 16, a los que hay que sumar los 21 equipos que compiten en la categoría de femenino base y el Vilassar de Mar, que compite en categoría nacional y que se ha convertido en el primer equipo catalán que accede a

ello. Del resto de provincias no se ha inscrito aún ningún equipo, pero está en perspectiva iniciar un nuevo grupo en la provincia de Girona con 8 conjuntos.

Tenemos datos muy reveladores: en dos temporadas, se ha doblado el número de equipos de base; en cuatro años se han creado tres grupos de competición nuevos. Por fin un equipo catalán ha encontrado los recursos económicos para participar en División Nacional y ha accedido a ella; y finalmente la selección catalana ha conseguido estar en las mejores selecciones territoriales consiguiendo los Subcampeonatos de España de 1998 y 1999.

No nos queda duda alguna que el fútbol-sala es una práctica por la cual muchas chicas se sienten atraídas. No podemos olvidar el poder de captación del fútbol y que, para jugar a fútbol-sala, no se necesita reunir un número tan grande de jugadoras, aspecto muy interesante en el momento de hablar del deporte femenino. Estos hechos y la poca iniciativa en los clubs por crear secciones femeninas han hecho que, aproximadamente un 70% de los equipos, hayan sido formados por las propias jugadoras, sin tener una sección masculina correspondiente. Muchos equipos femeninos trabajan con la organización imprescindible y con pocos recursos, sin una estructura detrás que permita resistir los cambios que puedan surgir.

A este incremento cuantitativo, no le acompaña un incremento cualitativo proporcionado. Además de la falta de una estructura, como un club o una escuela, sólo 5 o 6 equipos de fútbol-sala femenino tienen un entrenador o entrenadora titulado, la inmensa mayoría de equipos no están dirigidos por un técnico. Ésta es, sin duda, la gran asignatura pendiente del fútbol-sala y del deporte femenino en general. Sería preciso ver cual es la duración de los equipos que se han formado y cuál es el índice de abandono de las jugadoras. Si no hay un buen entrenador o entrenadora que se preocupe realmente de los intereses de las chicas y de enseñar y preparar a las jugadoras, es muy posible que la chica deje de jugar a fútbol, que no lo encuentre interesante. El fútbol-sala femenino. por encima de todo, necesita entrenadores y/o entrenadoras para hacer también un salto cualitativo, de lo contrario, se quedará en una línea mediocre.

Los primeros pasos para hacer este salto cualitativo en Catalunya se han hecho desde el trabajo de la selección catalana. La entrevista que os presentamos en este artículo es un ejemplo que tiene como objetivo despertar el interés y motivar a todos aquellos técnicos, sea del deporte que sea, a dirigir equipos femeninos. Creemos que este es un caso que debería darse más a menudo.

98



Entrevista a Alfons Bertran, seleccionador catalán

Alfons Bertran tiene 38 años y desde los 16 está vinculado al fútbol-sala como jugador y también como entrenador en diferentes equipos. Justo antes de acabar la carrera de Ciencias Empresariales decidió dejar estos estudios para empezar los del INEF, siendo actualmente profesor de educación física en una escuela de Esplugues de Llobregat. A partir de su afición al fútbol-sala también se involucró en la Federació Catalana de Futbol-Sala, como director de la Escuela de Entrenadores y como entrenador de la selección catalana femenina durante las temporadas 1996-1997 y 1997-1998. Reconoce que le encanta enseñar a niños.

Él es un ejemplo de muchos de aquellos entrenadores que, habiendo dirigido siempre equipos masculinos, han llevado un equipo femenino. Creemos que su experiencia puede ayudar a todos aquellos que se encuentran en las mismas circunstancias.

¿Qué te llevó a dirigir la selección catalana femenina de fútbol-sala?

Fue una apuesta personal. Muchos podían ocupar el lugar, pero desde la Federación se buscaba a alguien fuera del ambiente (de este mundo) del fútbol sala femenino. A nosotros, a David —mi colaborador—y a mí, nos dejaron que escogiésemos el equipo alevín o el femenino. Con alevines ya habíamos trabajado en muchas ocasiones y David no dudó en escoger el femenino. Era un proyecto que nos representaba un reto, ya que nos era totalmente desconocido y nos ofrecía la oportunidad de investigar cómo funciona la mujer (un grupo femenino) en alta competición.

¿Qué sabías, entonces, del fútbol-sala femenino en Catalunya?

Había visto un campeonato de España en Vilanova, pero nunca me había preocupado de ello. De hecho, ni siquiera me había fijado si existía o no una competición femenina de fútbol-sala.

¿Què proceso utilizaste para hacer la selección?



Selección catalana de Fútbol-Sala. Campeonato de España Territorial 1997.

En primer lugar consultamos a los entrenadores inscritos en la Federación que estaban entrenando en equipos femeninos. Queríamos saber qué equipos había, cómo estaba organizada la competición de base, si había futuro en la categoría nacional, etc... Y, finalmente, evidentemente, nos informamos sobre las jugadoras.

Una vez hecha esta recogida de información pasamos a plantearnos cuál podría ser nuestra aportación, con nuestro propio estilo, a partir de nuestra experiencia llevando grupos femeninos en la escuela en la cual estábamos trabajando como profesores de educación física y como entrenadores de equipos masculinos.

Entonces se planificó el trabajo como lo habríamos hecho en cualquier equipo: se llevaron a cabo cuatro entrenamientos para ver a todos las jugadoras preseleccionadas, que eran unas 60, y una vez escogido el grupo se trabajó de diciembre a abril. Durante este tiempo llevamos a cabo los entrenamientos, partidos de preparación y sesiones de video.

Esta planificación se habría llevado a cabo absolutamente igual en el caso de una selección masculina absoluta, ya que en selecciones de base es diferente.

Cuando empezaste a ver partidos, ¿no te desesperaste o te arrepentiste de haber escogido el femenino?

Al ver los primeros partidos no me desesperé, ni mucho menos; al contrario, quise conocer tanto a las que jugaban en segunda división como a las que jugaban en primera. Pensé que había muchas posibilidades de trabajar, que había suficiente "material", y se podía hacer fútbol-sala.

Habiendo visto la mayoría de equipos y jugadoras de primera y segunda división en Catalunya, ¿encontraste muchas carencias?

Falta más trabajo táctico; las chicas están obligadas a reclamar que se les den recursos y soluciones tácticas para irse reciclando y mejorar. A nosotros nos ha resultado difficil incorporar una defensa agresiva, quizás por la inseguridad que generaba, pero en general se trabaja poco en el aspecto ofensivo, incluso en los entrenamientos.

¿Es verdad que las chicas somos más "patosas" técnicamente?

Es cierto que la velocidad de ejecución técnica es más lenta, pero a la vez el gesto es más nítido, más puro.

¿Te hiciste un planteamiento técnico o táctico diferente por el hecho de ser un grupo femenino?

A nivel de alta competición se puede trabajar tácticamente igual, con los mismos planteamientos; no cambia nada.

Lo que sí teníamos muy claro es que la intensidad de trabajo es inferior, no en calidad sino en ritmo. Pero eso no quiere decir que se tenga que bajar mucho el ritmo del juego, ni creer que en equipos femeninos no se puede trabajar en toda la pista o que haya opciones tácticas que por falta de condición física no se pueden realizar. Con un trabajo adecuado te puedes proponer los objetivos de juego que quieras.

La selección jugó algunos partidos contra equipos masculinos, ¿quiere decir que estás de acuerdo con la competición mixta?

No, no. Los partidos contra equipos masculinos tenían unos objetivos determinados muy claros: el rendimiento físico y psíquico. No pretendíamos hacer un trabajo técnico ni táctico, sino que queríamos que el equipo se acostumbrase a sufrir, ya que así es difícil que te ganen y adoptas un espíritu ganador. En esta categoría competir con chicos es un medio de entrenamiento, no tiene sentido una competición mixta formal.

Durante toda la fase de preparación y en el momento de la competición, ¿que te resaltó más de un conjunto femenino? La chica es más seria; si le marcas unos pasos es difícil que deje de trabajar en ello. Los chicos, en cambio, son más "pasotas".

Se llevó a cabo un trabajo muy correcto, más de lo que podíamos creer. Y habiendo trabajado con un colectivo con éxitos, sin conocer lo que hubiese significado un fracaso, también pudimos observar que la chica deja ver más lo que siente.

¿Cómo crees que se puede despertar el interés por el deporte femenino en general, y en concreto, por el fútbol sala?

Con los éxitos de las selecciones, que son el barco insignia de cualquier deporte. Es evidente, que los entrenadores deben asumir su responsabilidad. Si se entrena el equipo femenino porque no hay ninguno más, sin ganas, las jugadoras no sacaran de ello nada bueno, y el fútbol-sala femenino tampoco. La tecnificación de los responsables de los equipos, dedicarse a ello con afán, puede favorecer que el deporte femenino genere más interés.

¿Qué le dirías a un entrenador que siempre ha llevado equipos masculinos y que ahora prepara a un equipo femenino?

Pues que es muy importante que las jugadoras tengan soluciones tácticas para aplicar. Que trabaje con paciencia, sin tirar mucho de la cuerda para que ésta no se rompa. Se tiene que estar pendiente de cada jugadora y llevarla a su cien por cien. Deberá tener presente que no podrá estar dentro del vestuario con el equipo, y por tanto, tendrá que trabajar algunos aspectos psicológicos de manera diferente; buscar otros recursos.

También es importante cuidar algunos detalles, por ejemplo, el lenguaje. Si se hace un esfuerzo para utilizar en femenino términos que habitualmente son masculinos, les demuestras que estás por ellas, y ganas confianza.

Así, pues, ¿una entrenadora podría ser mejor que un entrenador para un equipo femenino?

Creo que son más importantes los conocimientos de quien dirige el conjunto, y no si es hombre o mujer.

Y hablando de conocimientos, ¿crees que la formación en el INEF es suficiente y adecuada para llevar de forma correcta un equipo femenino?

Realmente tampoco hay tantas diferencias, un buen profesional debe tener en cuenta las características del grupo con el que está trabajando.

Si unos padres te preguntan si su hija puede jugar a fútbol, ¿qué responderías?

Cada vez hay menos padres así. Pero está claro que es un deporte que no perjudica y en el cual una chica también puede llegar a jugar a un nivel alto.





El deporte en la biblioteca

El tenis, un deporte poético

R. Balius i Juli



El año 1984, al preparar un artículo sobre el músico Pau Casals y su poco conocida actividad deportiva -había sido buen nadador, entusiasta excursionista y excelente tenistaconsiderando la excepcional personalidad del protagonista, quería adjuntar a la iconografía deportiva una ilustración literaria adecuada que enriqueciese mi escrito. Un buen amigo filólogo, poeta y jugador de tenis, me informó de la existencia, en la obra de Josep Carner, de un soneto denominado Joc de tennis (Juego de tenis). Aproveché el primer cuarteto del poema citado, para encabezar el trabajo. Este hecho motivó, además, que una publicación de tanta difusión como la Revista Olímpica -con ediciones española, francesa e inglesa- incorporase, posiblemente por primera vez, unas palabras en catalán.

Mi amigo siguió interesándose por la búsqueda de otras composiciones poéticas relacionadas con el tenis, y poco después me proporcionó un poema de **Joan Vinyoli**, que se titulaba *Passing-Shot* y una prosa poética de **Josep Vicenç Foix**, en su obra

Gertrudis. El año 1986 se editó el libro Passió i Mite de l'Esport (Pasión y Mito del Deporte), con numerosas muestras de poemas, pinturas, carteles, litografías y artículos periodísticos, referentes a diferentes deportes. El autor, Joaquim Molas, concluye que el deporte más literario es el tenis y justifica esta afirmación publicando los citados poemas de Carner, Vinyoli y Foix, junto con obras de Gerau de Liost (Del tenis relatiu-Relativo al tenis), Miquel Ferrà (Lawn-Tennis), Jordi Sarsanedas (Jardins - Jardines), Gabriel Ferrater (Els Jocs-Los Juegos) y dos caligramas de Carles Sindreu.

Parecía evidente que el tenis es, o era, un deporte que inspira, o inspiraba, lirismo. Pude reafirmar esta idea con ocasión de celebrarse, el año 1994, una exposición conmemorativa del Centenario del nacimiento de Josep Vicenç Foix. Para esta muestra se había diseñado una sala que evocaba una pista de tenis, dentro de la cual se encontraban cinco personajes. Pere Gimferrer, responsable y autor de este espacio explica: " El



punto de partida de la concepción de esta sala me fue proporcionado por un texto del dietario de Foix Catalans de 1918, que narra su conversación con Pompeu Fabra en un club de tenis, en un momento en que ambos estaban imantados por la definitiva regularización de la lengua catalana literaria. Bien naturalmente, este texto me llevó a otro que, en Gertrudis, tiene también por escenario una pista de tenis, y que es el reverso onírico y visionario. El tenis como deporte de una generación de sportmen cívicos, tenistas e incluso aviadores; el tenis como contienda metafórica de ideas; el tenis como escenario poético, donde se representa, en situaciones alegóricas, la obsesión de los mitos amorosos y eróticos (...) Los cinco personajes presentes en la pista de tenis son, por un lado, Fabra, el ingeniero de la lengua; por el otro, los escritores que llevan a término la aplicación literaria de la tarea de enderezamiento de Fabra, y que, en las coordenadas de Foix, son Carner, Riba, Folguera y Salvat-Papasseit. Fueron representados por maniquíes...". Foix era un tenista convencido capaz de decir: "A mí, me place el tenis; no solamente porque es un deporte casi completo, con todos los elementos –aire, sol y carrera– necesarios para sentirse físicamente recuperado, sino también por un no sé qué de libre y feliz. Me place jugar muy de mañana, cuando los pájaros al alba, descienden engreídos a la pista o se complacen picoteando la pelota si haces un "ciri" ("cirio" - "globo" - lob), cosa que me ocurre con demasiada frecuencia. Nadie grita, todos vienen contentos y elegantes, y en cualquier estación del año todo huele a primavera". iExtraordinaria y bucólica visión del tenis!

Me consta que el Mestre **Fabra** (Barcelona, 1888 - Prades, 1948), jugaba al tenis, era socio del Reial Club Tennis Barcelona y llegó a presidir el año 1935, la Associació Catalana de Lawn-Tennis. Su hija Carlota era, en opinión de Foix, "una muy buena jugadora".

A continuación reproduzco, en un orden más o menos cronológico, el conjunto poético dedicado al tenis:

El mallorquín **Miquel Ferrà** (Palma de Mallorca, 1885 - 1947), durante los años que vivió en Barcelona, era un asiduo asistente diario al Reial Club Tennis Barcelona, en donde se explica que mantenía largas conversaciones con **Pompeu Fabra**. Dentro de la "suite" *Sportswomen* (vease el n.º 54 de Apunts de Educación Física y Deportes), incluyó el poema *Lawn-Tennis*.

LAWN TENNIS

Flor d'Albió, la virginal i forta de faç de rosa i de cabell daurat: per ella el lliure pler qui reconforta, i el verd ombratge i les frescors del prat.

Percudint l'aire amb el ressò tancat da sa raqueta drift rellança, juga el partit, més bella que en la dansa, àgil i prompta al giravolt sobtat.

I cada atzar del joc se la'n du tota. Si en tornar la pilota qui rebota sembla un gentil desdeny son moviment,

en perseguir-la adelerada frisa, amb la gràcia viril d'una Artemisa, la curta vesta bategant al vent.

LAWN TENNIS

Flor de Albión, la virginal y fuerte, de faz de rosa y de cabello dorado; para ella, el libre placer que reconforta, y el verde umbroso y el frescor del prado.

Percutiendo el aire con la cerrada resonancia de su raqueta cuando el drift devuelve, juega el partido, más bella que en la danza, ágil y pronta al giro repentino.

Y a cada azar del juego se da por entero. Si al devolver la pelota que rebota parece un gentil desdén su movimiento, a perseguirla anhelosa se apresura, con la gracia viril de una Artemisa, el corto traje palpitante al viento.



Sin duda **Josep Carner** (Barcelona, 1884 - Bruselas, 1970), que era un hombre de mundo, periodista, político y diplomático, jugaba al tenis. Su soneto *Joc* de *Tennis* está dedicado a Concepció Soler.

JOC DE TENNIS

Anaves damunt l'herba de la prada i volava el teu braç adolescent, i pel filat de la raqueta alçada travessava la llum del sol ponent.

La pau dominical tan desesmada i ta faç d'angeleta i el rabent joc seriós m'encisen la diada. D'un rector reformat, pàl·lidament,

et veia filla; entorn del presbiteri collies roses; contes de misteri amaves i el blancatge i els infants.

Jo, oficial, de Singapur venia.

Alt vermellenc, et feia cortesia...

Carros de fenc passaven odorants

JUEGO DE TENIS

Por la hierba del prado caminabas, y volaba tu brazo adolescente; y por la red de la raqueta alzada se filtraba la luz del sol poniente. La paz dominical, desanimada, tu rostro angelical y aquel veloz y serio juego todo lo embrujaban. Te veía, borrosa, hija de un párroco reformado. Cogías rosas cerca del presbiterio; te gustaban los cuentos de misterio, el blanco de las paredes y los niños.

Yo, oficial, de Singapur volvía. Alto, ruborizado, te saludaba... Pasaban olorosos carros de beno.



Ya he comentado del talante tenístico de **Josep Vicenç Foix** (Barcelona, 1894 - 1987). Jugaba en la Societat Esportiva Pompeia, club fundado en 1905, situado en la parte baja del barrio de Gracia, en donde tuvo lugar la conversación con **Pompeu Fabra**, sobre "qué le parecían unos poemas en prosa que le había solicitado que leyera, que yo había escrito hace tres o cuatro años. Ha movido la cabeza, sin decir nada, como si quisiera significar sí o no. Al pedirle si había encontrado faltas, ha sonreído y ha contestado: —¡Qué os diré!". Desconozco si entre la prosa poética, que no queda claro si **Fabra** había o no corregido, se hallaba el fragmento de la obra *Gertrudis*, que a continuación transcribo.

Les parets del court eren, aquest matí, tan altes que m'han fet oblidar el fiacre on tu m'esperaves, i els ocells. Intentava amidar-les, quan s'hi han obert quatre finestrals, de cinc metres, closos per llances en totes direccions. Un perfum intensíssim de paper d'Armènia ha envaït la pista mentre una mà invisible escrivia un nom damunt cada obertura: Ofèlia, Virgínia, Laura, Julieta. Quan anava a reprendre el partit, el meu company de joc havia desaparegut i de la meva raqueta en restava només l'ombra estrafeta, allargassada entre les dues ales fosques de l'angle del mur. A l'entrada del club, el fiacre, sense cavalleria ni auriga, sense tu, oh Gertrudis!, era la desferra secular d'una antiga carrossa reial.

Las paredes del court eran, esta mañana, tan altas que me han hecho olvidar el simón donde tu me esperabas y los pájaros. Intentaba medirlas, cuando se han abierto en ellas cuatro ventanales, de cinco metros, cerrados por lanzas en todas direcciones. Un perfume intensísimo de papel de Armenia ha invadido la pista mientras una mano invisible escribía un nombre sobre cada abertura: Ofelia, Virginia, Laura, Julieta. Cuando iba a remprender el partido, mi compañero de juego había desaparecido y de mi raqueta quedaba solo la sombra contrahecha, extendida entre las dos alas oscuras del ángulo del muro. A la entrada del club, el simón, sin caballería ni auriga, sin ti, ioh Gertrudis!, era el despojo secular de una antigua carroza real.

En estos tres primeros poemas de tipo intimista y alegórico, el deporte se utiliza únicamente para enmarcar una situación anecdótica personal del poeta. **Foix** dedica a la memoria de **Joan Salvat-Papasseit** (Barcelona, 1894 - 1924) un soneto recordando escenas juveniles, que me hacen suponer la posible, aunque sorprendente, presencia de éste en las pistas de tenis.

Ab!, si amb levites de verda llustrina Ens amaguéssim darrera aquells sacs. Per quan vindran les noies, i, manyacs, Cantéssim nadalenques amb sordina!

I, si plogués, darrera una cortina Coféssim la corona com els Mags, I en fer petar per la cambra els xerracs Tothom digués que som de rel divina!

O anéssim tots plegats cap a les pistes i amb la raqueta empaitéssim ocells Mentre els estels fan niu al cim dels tells

I els núvols, a ponent, són ametistes Que dibuixen la gepa dels camells On cavalquem amb barbes futuristes! Ab!, si con levitas de verde lustrina, nos escondiésemos detrás de aquellos sacos, para cuando vengan las chicas, y, dóciles, cantásemos villancicos con sordina.

Y, si lloviese, detrás una cortina, nos ciñésemos la corona como los Magos, y haciendo sonar por la habitación las matracas, todos dijeran que somos de origen divino.

O fuésemos todos juntos hacia las pistas y con la raqueta persiguiéramos pájaros, mientras las estrellas anidan en la cima de los tilos Y las nubes, a poniente, son amatistas, que dibujan la giba de los camellos, donde cabalgamos con barbas futuristas!

Jaume Bofill i Mates, llamado **Guerau de Liost** (Olot, 1878 - Barcelona, 1933) en el poema *Del tenis relatiu (Relativo al tenis),* a partir de una situación tenística enojosa, vivida repetidamente, inventa una metáfora chocante, aunque ciertamente cruel.

DEL TENIS RELATIU

En un relleix petit de la muntanya el nostre camp de tennis hem plaçat: mates d'avellaner li fan costat, Vent que les mou, la xarxa estireganya

Com que en el joc no som encara mestres, les pilotes rodolen al pendís. Després que n'hem perdudes cinc o sis, per terra, enfellonits, llencem els estres.

Ob car amic, company de melangia! He descobert, per esvair-la, un truc. Tindrem al camp, en gabial de bruc, de conillets porquins tota una cria.

Cada conill faria de pilota, elàstic, resignat i cabdellat, amb una rialleta, mig ganyota, quan endevinaria que és llençat.

I cada volta que, amb jugada forta, engegariem la pilota lluny, descabdellant-se i una mica torta, per ella sola ens tornaria al puny.

RELATIVO AL TENIS

En un pequeño rellano de la montaña, hemos emplazado nuestro campo de tenis; lo arropan matas de avellano. Viento que las mueve, la red estiraja.

Como en el juego no somos aún maestros, las pelotas ruedan por la pendiente. Después de haber perdido cinco o seis, por tierra, enojados, tiramos los trastos.

iOb querido amigo, compañero de melancolía! He descubierto para disiparla un truco. Tendremos en el campo, en jaula de brezo, una cría de conejillos de Indias.

Cada conejillo haría de pelota, elástico, resignado y hecho un ovillo, con una sonrisilla, medio mueca, cuando adivinase que iha a ser lanzado.

Y cada vez que, en fuerte jugada, arrojásemos lejos la pelota, desovillándose y un poco desviada, por si sola volvería a nuestra mano.



Joan Vinyoli (Barcelona, 1914 - 1983), en una extraordinaria poesía, *Passing-Shot*, establece una analogía alegórica entre el juego de tenis, que demuestra conocer profundamente y la trágica condición de hombre.

PASSING-SHOT

Instal·lat ja de temps en una plataforma de somnis estèrils, desfibrats, sense un ordit, per contrast amb el joc de cada dia a la pista vermella, piconada, on reboten duríssimes a cada cop les pilotes de fúria que em llancen els contraris.

com un boig, ara al fons,
ara a la xarxa, intento córrer,
saltar, ajupir-me, redreçar-me,
mai prou flexible, mai prou fort, mai a temps
a tornar els passing-shots que em tiren
a cada instant.

Se prou que tinc
perduda la partida, que de res
no serveixen els breus
moments de descans entre joc
i joc, la tovallola humida
que et mulla el front, el vas
de tònica o de te

 no cal pensar en el dòping que per això ja és tard.

Ara jo dic: què fer de la resta de vida que em queda, massa gastada, masa inútil per seguir el joc?

M'ho sé: fins a l'últim dia de tots aniré mal corrent, mal caient, no sabent o no tenint valor per acabar sense un crit ni una queixa.

M'instal·lo novament a la petita plataforma del somnis, cada cop més fràgil, sempre a punt de caure i despertar-me del tot.

PASSING-SHOT

Instalado desde bace tiempo en una plataforma de sueños estériles, desfibrados, sin urdimbre, por contraste con el juego de cada día en la pista roja, apisonada, donde rebotan durísimas a cada golpe las pelotas llenas de furia que me lanzan los contrarios, como un loco, ahora al fondo, ahora a la red, intento correr, saltar, agacharme, enderezarme, nunca bastante flexible, nunca bastante fuerte, nunca a tiempo de devolver los passing-shots que me tiran a cada instante.

Sé muy bien que tengo perdida la partida, que de nada sirven los breves momentos de descanso entre juego y juego, la toalla húmeda que te moja la frente, el vaso de tónica o de té—no hay que pensar en el doping, que para esto ya es tarde. Ahora yo digo: ¿que hacer del resto de vida que me queda, demasiado gastada, demasiado inútil para seguir el juego? Lo sé: hasta el último día de todos iré corriendo mal, cayendo mal, no sabiendo o no teniendo valor para acabar sin un grito ni una queja.

Me instalo nuevamente en la pequeña plataforma de los sueños, cada vez frágil, siempre a punto de caer y despertarme del todo.



Gabriel Ferrater (Reus, 1922 - Sant Cugat del Vallés, 1972) y **Jordi Sarsanedas** (Barcelona, 1924), en dos largos poemas, incluyen el tenis como elemento anecdótico en el contexto general de la obra. En *Els Jocs*, **Ferrater** que se autodefine "doctrinario, lleno de odios intelectuales", utiliza el tenis para realizar una crítica clasista cáustica y demagógica.

ELS JOCS (fragment)

(...) M'arribo fins al club de tenis Barcelona, que és un club de rics, i vaig mirant els coches que s'arrengleren a la porta, plens de la voluntat bona d'ésser coches de rics: com si diguéssim, de tenir una certa ànima. Hi ha un MG d'esport, del nou model disminuït que no fa gaire vaig llegir que ha estat fet per une certaine couche d'acheteurs qui trouvent les modèles existants trop chers: i vol dir els rics barcelonins, suposo. Vaig vorejant la tanca. En un cantó bi ba un court mal disposat, on es confinen els nens principiants, i sempre els cauen pilotes fora. Surt el nen, tot ros (i blanc immaculat, car en el joc no hi possa prou convicció). S'esvera quan veu a fora uns garrofers dramàtics i uns nens molt bruts que juguen a futbol tan malament com ell al tenis: més vivament, això sí. Coneix la por i de la porta estant, busca amb els ulls la pilota, i no deixa el seu recer fins que l'ha vista. La plega,i se'n torna corrents, mort de vergonya si ensopega i s'alça el crit golut de la canalla que aguaitava una taca de l'albat. (...)

LOS JUEGOS (fragmento)

(...) Me llego hasta el Club de Tenis Barcelona, que es un club de ricos, y voy mirando los coches que se alinean a la puerta, llenos de la buena voluntad de ser coches de ricos, como si dijéramos, de tener una cierta alma. Hay un MG esport, del nuevo modelo reducido que no hace mucho leí que babía sido becho para une certaine couche d'acheteurs qui trouvent les modèles existants trop chers: y quiere decir los ricos barceloneses, supongo. Voy bordeando la cerca. En una esquina hay un court mal dispuesto, donde confinan a los niños principiantes, y siempre se les caen las pelotas fuera. Sale el niño, muy rubio (y blanco inmaculado, pues en el juego no pone mucha convicción). Se sobresalta cuando ve afuera unos algarrobos dramáticos y unos niños muy sucios que juegan a fútbol tan mal como él a tenis; Más vivamente, eso sí. Conoce el miedo y, desde la puerta busca con los ojos la pelota, y no deja su refugio hasta que la ha visto. La recoge, y vuelve corriendo, muerto de vergüenza si tropieza y se levanta el grito voraz de la chiquillería que acechaba un fallo del inocente.(...)

Jordi Sarsanedas en *Jordins*, en una visión poco optimista de la naturaleza, introduce unos versos dedicados al tenis, que creo que son un contrapunto tranquilizante.

JARDINS (fragment)

El noi és bru. ella no tant. Jugan a tenis vestits de blanc. La terra es roja. Damunt la pell la llum és dolça com un anyell. Quan la pilota salta el filat el cos dels joves s'ha aquietat. Miren enlaire, miren el bosc, miren la calma de llur repòs. (...)

JARDINES (fragmento)

(...) El chico es moreno, ella no tanto. Juegan al tenis vestidos de blanco. La tierra es roja. Sobre la piel, la luz es dulce como un cordero. Cuando la pelota salta la cerca de alambre, el cuerpo de los jóvenes se ha aquietado. Miran hacia arriba, miran el bosque, miran la calma de su reposo. (...)



El que fue campeón y cronista del tenis, **Carles Sindreu** (Barcelona, 1900 - La Garriga, 1974), dedicó unos caligramas a los tenistas Alonso y Flaquer, dos de sus contrincantes más cualificados. Reproduzco el destinado al catalán Flaquer.



FLAQUER

CALIGRAMA

Abanico que se mueve ceremonioso y lento —
la bola se desliza sobre cojines de plumas cortadas/
contactos acariciadores/
temblor de violoncelo lejano/
rompe el aire/
luces de colores suaves/
neblinas finas/
sueño sueño/pernod/
muere la trayectoria donde la claridad es ciega y resbaladiza

Posiblemente el juego de tenis actual, de saque-bolea y pocos "cirios", asusta a los pájaros y les impide picotear la pelota y a la vez asusta a los poetas, los cuales dificilmente hoy podrán encontrar inspiración intimista y alegórica en este deporte. A pesar de ello, el tenis todavía tiene bardos. Acabaré con un poema inédito, que gentilmente me ha prestado mi amigo filólogo, poeta y jugador de tenis, **Josep Maria Fulquet** (Barcelona, 1948). Lo titula, al igual que **Carner**, *Joc de tennis*. **Fulquet** describe el instante definitivo de un partido perdido, después de *tantos* esfuerzos de un brazo, que al contrario del que idealizaba **Carner**, ya no es adolescente. Pienso que es una metáfora del desencanto del hombre que, después de mucho luchar, ve frustrarse un proyecto que posiblemente era vital.

IOC DE TENNIS per a Francesc Llongueres Després de tants esforços sota el sol inclement. el drive definitiu no és bo. i el vol amplissim de la llum et confirma la sort del joc suprem. Metàfora del temps i de la vida. no braç adolescent en la benigna tarda, t'adones finalment de la futilitat del gest en la costosa espera del no res: un rastre lleu de pols sota la llum d'abril, tan clara.

JUEGO DE TENIS

Después de tantos esfuerzos bajo el sol inclemente, el drive definitivo no es bueno, el vuelo amplísimo de la luz te confirma la suerte del juego supremo.

Metáfora del tiempo y de la vida, no brazo adolescente en la benigna tarde, te das cuenta finalmente de la futilidad del gesto en la costosa espera de nada: un rastro leve de polvo bajo la luz de Abril, tan clara.

Quiero tranquilizar al lector diciéndole, que Josep Maria Fulquet después de aquel desafortunado partido, no se ha desencantado y ha seguido jugando a tenis con renovado entusiasmo.