NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS AL DESARROLLO Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO Y LA COMPETICIÓN EN EL DEPORTE

Moya Ramón, M; Reina Vaillo, R; Gutiérrez Aguilar, O; Vera-García, F J; López Elvira, J L; Aracil Marco, A; Paredes Ortiz, J.

Sumario: ***I.Introducción.- II. Tecnología ligada al control del entrenamiento y la competición. II.1 Los pulsómetros. II.2 Los GPS[1]. II.3 Los analizadores portátiles de gases. II.4 Los analizadores portátiles de lactato.- III. Nuevas tecnologías para el desarrollo de las capacidades físicas. III.1 Los aparatos generadores de hipoxia. III.2 Las plataformas vibratorias. III.3 Los electroestimuladores.- IV. Tecnologías aplicadas a la evaluación táctica de los deportes. IV.1 Concepto de táctica. IV.2 Problemática en los procesos de evaluación táctica. IV.3 Perspecticvas en el análisis de la competición en deportes colectivos.- V. Análisis del comportamiento visual aplicado al deporte. V.1 Sistemas de seguimiento de la mirada. V.2 Ejemplos de trabajos de control y aprendizaje motor.- VI. Conclusiones.- VII. Referencias bibliográgicas.***

Revista de la Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de Elche.
Volumen I – número 2 – marzo 2007 – págs.156-183 ISSN: 1886-6611

NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS AL DESARROLLO Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO Y LA COMPETICIÓN EN EL DEPORTE

Sumario: ***I.Introducción.- II. Tecnología ligada al control del entrenamiento y la competición. II.1 Los pulsómetros. II.2 Los GPS[2]. II.3 Los analizadores portátiles de gases. II.4 Los analizadores portátiles de lactato.- III. Nuevas tecnologías para el desarrollo de las capacidades físicas. III.1 Los aparatos generadores de hipoxia. III.2 Las plataformas vibratorias. III.3 Los electroestimuladores.- IV. Tecnologías aplicadas a la evaluación táctica de los deportes. IV.1 Concepto de táctica. IV.2 Problemática en los procesos de evaluación táctica. IV.3 Perspecticvas en el análisis de la competición en deportes colectivos.- V. Análisis del comportamiento visual aplicado al deporte. V.1 Sistemas de seguimiento de la mirada. V.2 Ejemplos de trabajos de control y aprendizaje motor.- VI. Conclusiones.- VII. Referencias bibliográgicas.***

Resumen: El desarrollo del deporte de alto nivel ha llevado parejo la investigación de nuevas tecnologías en diferentes campos. Sobre todo en la última década, se ha hecho hincapié en la importancia de los procesos de control del entrenamiento y la competición. Para realizar estos registros se ha recurrido tanto a variables denominadas externas (tiempos, distancias, velocidades, potencias,…), como a las variables denominadas internas (frecuencia cardiaca, concentraciones de lactato sanguíneo, tensión arterial, consumo de oxígeno a diferentes intensidades,…)

Realizaremos en el presente artículo, una revisión de las tecnologías más utilizadas en la actualidad en los ámbitos del desarrollo y control del entrenamiento y la competición. Presentaremos en primer lugar siete instrumentos centrados en el control de variables internas y externas de entrenamiento y competición. Posteriormente haremos una pequeña incursión en el control y manejo de variables en el terreno de la táctica deportiva, para finalizar con la tecnología utilizada para el análisis del comportamiento visual en el deporte

[1] Global Positioning System o sistema de posicionamiento global.
[2] Global Positioning System o sistema de posicionamiento global.

Palabras clave: control del entrenamiento, variables externas, variables internas, táctica, comportamiento visual.

I. Introducción.

El entrenamiento deportivo es un proceso de adaptación, progresivo aunque no lineal, que pretende maximizar la probabilidad de mejorar el rendimiento deportivo, mediante la administración secuenciada de cargas de trabajo y períodos de recuperación (Suay y Bonete, 2003).

Entendemos por carga de entrenamiento un estímulo o conjunto de estímulos de diversa naturaleza administrados en el proceso del entrenamiento que sobresolicitan a uno o varios sistemas orgánicos, rompiendo su equilibrio interno (Suay y Bonete, 2003).

Según Platonov (1991), las cargas de entrenamiento pueden clasificarse según su carácter, tendencia y magnitud. El carácter de la carga depende del papel que desempeña en un microciclo, mesociclo y macrociclo, y es frecuente distinguir entre cargas de entrenamiento y cargas de competición. La tendencia se refiere a las capacidades físicas, sistemas y órganos, a las que afecta una carga. Finalmente, la magnitud está determinada por el volumen, la intensidad y densidad de la carga. Generalmente el control de la carga de entrenamiento se ejerce sobre la magnitud de la misma, entendiendo que el volumen es la dimensión cuantitativa de la misma (¿cuánto?), la intensidad es la dimensión cualitativa (¿cuánto de qué?) y la densidad la relación entre esfuerzo y descanso.

Teniendo en cuenta que los registros se van a realizar en situaciones de entrenamiento y de competición, los instrumentos a utilizar para obtener información deben reunir ciertas características. En primer lugar, conviene que puedan aplicarse en esos contextos, a fin de proporcionar datos más cercanos a la realidad del deportista. En segundo lugar, es necesario que sean sensibles a las modulaciones de la carga, y específicos de la disciplina deportiva de que se trate. En tercer lugar, deberían aportar información inmediata y fácil de interpretar para, si es preciso, ajustar las cargas

II. Tecnología ligada al control del entrenamiento y la competición.

Presentaremos brevemente en este apartado, cuáles son los instrumentos más utilizados para el control de las cargas de entrenamiento y competición en el entorno del rendimiento deportivo.

II.1 Los pulsómetros.

Tradicionalmente la frecuencia cardiaca (FC) ha sido uno de los parámetros fisiológicos más utilizados para registrar y modular la intensidad del entrenamiento en todas las especialidades deportivas, y se recomienda su monitorización especialmente en periodos de sobreentrenamiento (Pichot et al., 2002). La investigación desarrollada con este marcador no es concluyente, y presenta resultados contradictorios. La razón de esta falta de paridad en los resultados posiblemente se deba la disparidad de diseños utilizados donde, por ejemplo, un distinto tiempo de exposición a las cargas puede motivar una solicitación metabólica diferenciada.

El hecho de que exista una relación entre FC e intensidad del ejercicio, ha hecho que estos aparatos se popularicen, de forma que hoy e día están muy extendidos en todos los segmentos de la población. Los pulsómetros son aparatos que miden la FC detectando la onda de pulso, es decir, están dotados de un sensor que capta las variaciones eléctricas del corazón y un contador de tiempo.

Los pulsómetros constan: de un emisor con dos electrodos que se sitúa en el pecho, a ambos lados del corazón, y de un receptor que dispone de un potente procesador que integra las señales eléctricas y el tiempo (figura 1).

Figura 1. Elementos de un pulsímetro: reloj receptor, emisor con banda elástica.

Además, en la actualidad vienen acompañados de potentes software que permiten tratar la señal cardiaca almacenada, registrando fielmente la intensidad de las sesiones realizadas.

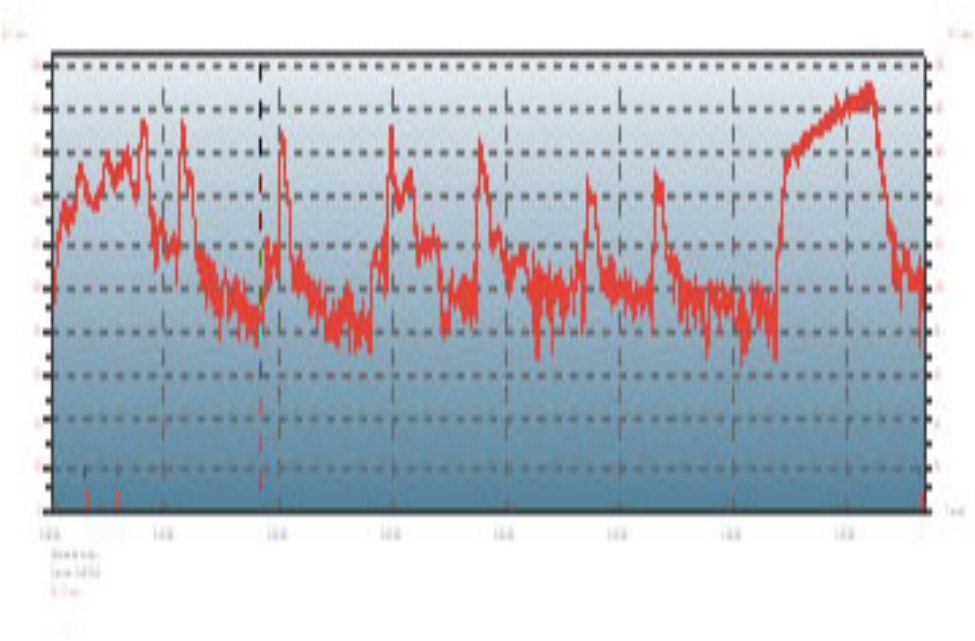


Figura 2. Archivo de frecuencia cardiaca de una sesión de entrenamiento.

II.2 Los GPS.

Posibilitan combinar el registro de la FC con la posición, la velocidad, la pendiente o la altitud a la que se encuentra un deportista en pleno esfuerzo. Es conocido que en la carrera de resistencia, la velocidad se relaciona directamente con el consumo de oxígeno y la economía del esfuerzo (Di Prampero, Atchou, Brueckner y Moia, 1986)

Tiene especial interés en aquellas modalidades en las que ha sido difícil obtener medidas objetivas y fiables del rendimiento (esquí, carrera de orientación, remo y piragüismo en aguas abiertas, windsurfing, parapente, paracaidismo, montañismo, etc.).

Para que un GPS tenga suficiente precisión debe constar de: al menos 9 canales, gran capacidad de memoria para almacenar posición, distancia acumulada y velocidad, además sería deseable que tuviera la capacidad de grabar una posición cada segundo. Debe estar provisto de un interface para permitir la descarga de los datos a un PC para análisis, capacidad de conectarse a un receptor diferencial para mayor precisión, posibilidad de colocarle una antena externa, para mejor visibilidad de los satélites, y por último que sea pequeño y ligero (figura 3).

Figura 3. Utilización del GPS en ciclismo.

Actualmente se están combinando los GPS con diferentes sensores (meteorológicos como el termómetro, barómetro; biomédicos como el pulsómetro, analizador de gases; mecánicos como el acelerómetro, inclinómetro, giroscopio), tratándose de una evolución más en el análisis del rendimiento (figura 4).

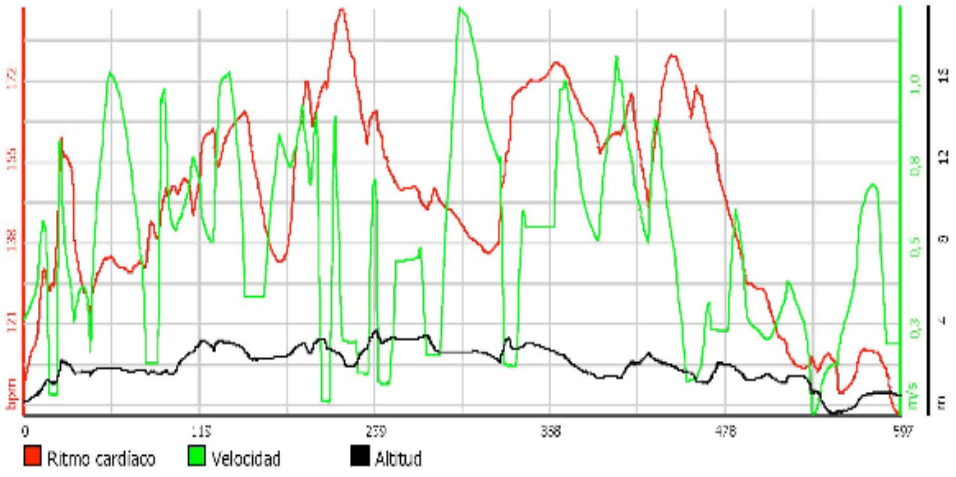


Figura 4. Integración de ritmo cardiaco, velocidad y altitud.

II.3 Los analizadores portátiles de gases.

Uno de los indicadores de rendimiento en la mayoría de los deportes, sobre todo en las disciplinas cíclicas de larga duración, es el VO_2 max (consumo máximo de oxígeno). Este indicador hace referencia, a la máxima cantidad de oxígeno que nuestro organismo puede utilizar por unidad de tiempo. Los valores de este parámetro pueden establecerse en valores absolutos o relativos a la masa del sujeto. Se establecen a partir de diversas pruebas de esfuerzo (PE) en laboratorio o campo. Es más útil utilizar el VO_2 relativo, ya que de esta manera permite una comparación significativa de las intensidades de entrenamiento de deportistas con diferentes características.

Para estudiar el comportamiento de la cinética de los gases implicados en el ejercicio (O_2 y CO_2), ante esfuerzos progresivamente crecientes, así como para realizar valoraciones acerca del consumo de oxígeno (VO_2) y de la producción de anhídrido carbónico (VCO_2) se hace necesario un aparataje específico. Si el estudio se realiza en el hábitat natural del deportista, es necesario utilizar los analizadores portátiles de gases (tipo COSMED K4 b^2 o AeroSport), los cuales permiten desplazarse por la superficie específica de práctica, estableciendo protocolos de esfuerzo adaptados (figura 5) y visualizar directamente en la pantalla del ordenador el proceso y los resultados.

Figura 5. Analizador portátil de gases COSMED K4 b^2

En la actualidad se comienza a utilizar conjuntamente el GPS y los analizadores portátiles de gases, principalmente en disciplinas al aire libre y fundamentadas en la carrera.

II.4 Los analizadores portátiles de lactato.

Igual que los analizadores portátiles de gases nos ayudan a realizar una valoración ventilatoria del deportista, estableciendo en base a ello los rangos o umbrales de intensidad del esfuerzo; los analizadores portátiles de láctico son utilizados para realizar una valoración metabólica del esfuerzo del deportista. Concretamente, se centran en la obtención de las concentraciones de lactato en sangre, para a partir de ahí extrapolar el cálculo del umbral anaeróbico (UAN), es decir, la zona de transición entre los procesos aeróbicos y anaeróbicos. El UAN es el punto en el cual el ácido láctico comienza a acumularse en la sangre produciendo una acidosis metabólica y reduciendo notablemente el rendimiento de los deportistas.

Este parámetro de control viene siendo estudiado y reflejado en la bibliografía especializada desde la década de los 60 hasta la actualidad (Hollmann (1961), Wasserman (1964), Londeree y Ames (1975), Mader (1976), Kindermann (1979), Ivy (1980) y Sjodin (1981), Davis (1985). Desde el típico establecimiento del umbral anaeróbico en una cantidad de 4 mmol/l (milimoles por litro), se ha evolucionado hacia el concepto de UAN individual (Keith y cols.1992; McLellan y cols.1991). Este valor ya no sería homogéneo para toda la población, si no que dependería de las características el individuo.

Hasta el último lustro, el cálculo del UAN individual era bastante engorroso y escasamente realizado en el ámbito natural del deportista. Hoy en día se utilizan los analizadores portátiles de lactato (figura 6a), los cuales han reducido considerablemente sus tamaños y costes, al mismo tiempo que han simplificado el proceso. Basta con pegar el reactivo durante 3 segundos a una gota de sangre de la punta del dedo o el lóbulo de la oreja, la tira absorbe la sangre y ofrece una lectura en 15 segundos máximo (figura 6b).

Figura 6a. Analizador portátil de láctico (imagen extraída de las instrucciones del producto; material adquirido por la UMH).

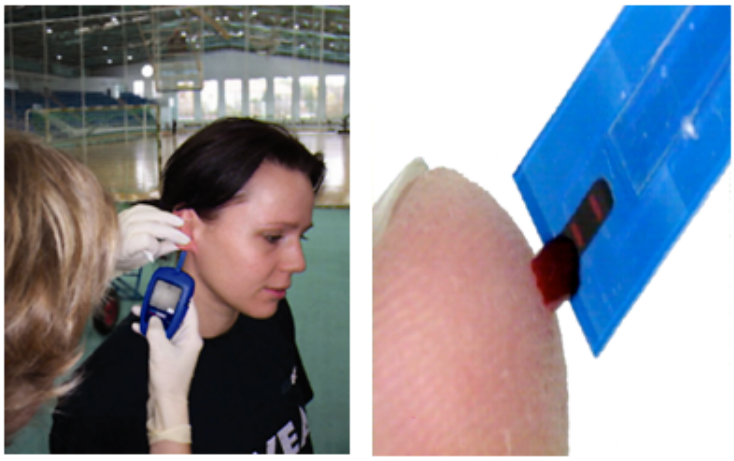


Figura 6b. Obtención de muestra de sangre para analizar por el portátil de láctico (imagen extraída de las instrucciones del producto; material adquirido por la UMH).

III. Nuevas tecnologías para el desarrollo de las capacidades físicas.

Describiremos en este apartado tres tecnologías que han surgido en los últimos años y que, poco a poco, y gracias a su mayor accesibilidad económica, se están introduciendo con fuerza en el ámbito del entrenamiento deportivo. Algunas de ellas, como es el caso de los electroestimuladores, vienen desde hace años utilizándose también en el entorno de la práctica deportiva recreativa o ligada a la salud.

III.1 Los aparatos generadores de hipoxia.

Estos aparatos reproducen las condiciones de entrenamiento en altura (hipoxia, cambios en el sistema cardiovascular, cambios en la composición de la sangre, alteraciones del sistema nervioso, cambios en el sistema endocrino-metabólico), sin necesidad de viajar o desplazarse a lugares que cumplan las condiciones para este tipo de tareas.

Este tipo de tecnología es conocida como “sistemas de hipoxia artificial”, no estando considerada por la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) como un método prohibido. El aparataje más utilizado es el de las tiendas de altitud o hipoxia (figura 7), es decir, estructuras con apariencia de tiendas de campaña pero que pueden reproducir las condiciones de altitudes de hasta 6.500 metros.

Figura 7. Tienda de hipoxia (www.biolaster.com©)

III.2 Las plataformas vibratorias.

Estas plataformas comenzaron a utilizarse en los años 60 con astronautas. Se introdujo en el entorno deportivo en la década de los 80 por entrenadores rusos (Nazarov y Spivak, 1985). Están basadas en la utilización de vibraciones mecánicas de rangos de frecuencia que oscilan entre los 20 Hz (Herzios) hasta los 100 Hz (figura 8). Las vibraciones afectarían a las estructuras neurológicas del sujeto, sobre todo receptores musculares, vías medulares y estructuras corticales.

Realmente todavía hace falta seguir investigando con este tipo de tecnología sobre poblaciones específicas de deportistas, observando como afectarían las modificaciones de frecuencia vibratoria, amplitud, tiempo de estimulación, la posición del sujeto, sobre los efectos adaptativos perseguidos.

Figura 8. Plataforma vibratoria (www.biolaster.com©)

III.3 Los electroestimuladores.

Básicamente son aparatos que utilizan una corriente eléctrica externa modulada para provocar un potencial de acción y producir una contracción muscular (figura 9). Originariamente tuvieron una utilización rehabilitadora, es decir, se usaban para el tratamiento de patologías de carácter muscular en el ámbito de la fisioterapia. En la actualidad existen multitud de electroestimuladores de otras tantas empresas especializadas. Existen algunos problemas derivados de una mala utilización de estos aparatos, sobre todo con el manejo de corrientes de media y alta frecuencia por profesionales no cualificados. La corriente aplicada debe estar correctamente modulada y adaptada a las características del deportista para evitar efectos realmente desagradables (descargas eléctricas excesivas, quemaduras).

En la actualidad, correctamente utilizado es uno de los medios apropiados para el desarrollo de la fuerza en los deportistas de alto nivel (Cometti, 1990).

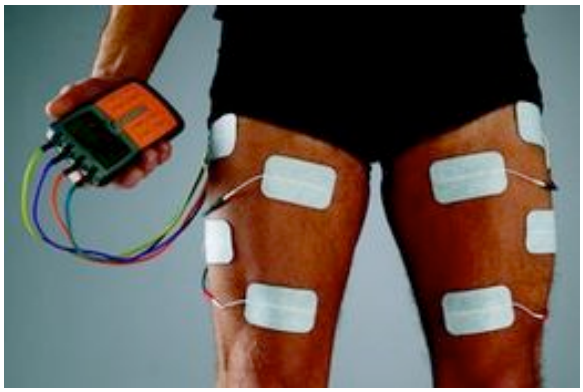


Figura 9. Electroestimulador (www.biolaster.com©)

IV. Tecnologías aplicadas a la evaluación táctica de los deportes.

IV.1 Concepto de táctica.

Gutiérrez (2006) propone la siguiente definición para la evaluación táctica: "el proceso sistematizado y continuo que nos da información sobre la idoneidad de uso de nuestros recursos tácticos y el comportamiento táctico del oponente". La evaluación táctica puede ser de tipo cuantitativa o de tipo cualitativa. Si la evaluación táctica se plantea en el alto rendimiento deportivo los fines serán: concreción

del grado de asimilación del sistema de juego, conocer la eficacia de nuestro juego colectivo, detectar errores en la asimilación de los contenidos tácticos, relacionarla con la actuación individual y colectiva y el uso de métodos que relacionen el sistema de juego diseñando con la actuación real a nivel individual y colectiva, así como la eficacia de esta situación real.

IV.2 Problemática en los procesos de evaluación táctica.

En los procesos de evaluación que se utilizan en el ámbito deportivo se suelen dar los siguientes errores:

1. Se realizan sin tener en cuenta lo que el deportista realmente conoce.
2. Se suelen utilizar parámetros poco relevantes.
3. Se sobredimensiona el valor de la experiencia en competiciones, sin tener en cuenta que cada partido y cada competición es diferente.

Por tanto, a la hora de planificar nuestra evaluación táctica, hay que considerar lo siguiente:

1. Hay que considerar la posición del deportista o del equipo.
2. Elegir indicadores tácticos que reflejen aspectos relevantes, específicos y fácilmente observables, considerando la relación entre ambos contendientes.
3. Elegir los indicadores más apropiados a las características del evento que se va a evaluar.

El mayor problema que se plantea en la evaluación de los deportes sociomotrices de colaboración con oposición es la propia valoración del acto táctico. Mahlo (1981) diferencia tres fases en cualquier acción táctica: la percepción de la situación, la decisión de la acción a desarrollar y la ejecución motriz de la misma. Por ese motivo, si el método de evaluación estuviera centrado en el tiempo de ejecución motriz o bien en el resultado de dicha ejecución, se deja de lado todo el proceso de decisión estratégica, que es evidente, puede constituir la parte diferenciadora de la acción táctica en los deportes sociomotrices de colaboración con oposición. Se plantea la cuestión de valorar las conductas de decisión y no sólo las acciones de juego.

A partir de la estructura funcional de los deportes sociomotrices de colaboración con oposición que establece Hernández (1984), se puede determinar que hay dos factores diferenciadores que no se toman en consideración en los métodos de evaluación utilizados en los deportes individuales o de combate: la conducta táctico-estratégica y a la interacción motriz.

Una vez delimitado el marco de observación hay que buscar un modelo integrador para la evaluación de los deportes sociomotrices de colaboración con oposición. En este sentido se toma como referencia el trabajo realizado por Lasierra y Escudero (1993), donde se centran en los deportes con

carácter de simultaneidad, referidos tanto a la interacción-participación y a la relación espacio-temporal. Plantean dos fases en el proceso de evaluación de los deportes de cooperación-oposición con carácter de simultaneidad.

1. La observación de las decisiones estratégicas.
2. Evaluación del nivel táctico-estratégico del jugador.

Tal y como plantea Argudo (2000) el proceso de evaluación táctica se divide en dos fases: la cuantificación de las variables de juego y la valoración de la eficacia de los sistemas de juego utilizados a través de los coeficientes de eficacia, obteniendo como producto los valores de eficacia.

Se puede distinguir en la revisión de la literatura especializada que existe cierta diversidad en cuanto a la elección de los parámetros determinantes del juego para organizar la observación. Hay otro tipo de estudios que se orientan más hacia el análisis cualitativo del juego. Otras líneas de investigación se centran en la observación de las decisiones estratégicas. Para concluir este apartado se resaltan los tres errores que se han venido produciendo en el análisis de partidos: el limitado número de variables utilizadas hace que se usen las obvias, reflejando conductas de juego evidentes y olvidando las menos evidentes; los escasos estudios que observan las acciones colectivas, incluidas las habilidades relacionales y que las compare con las acciones individuales y la relativa sencillez de recogida de datos relacionados con los aspectos de juego ofensivos ha provocado el olvido de los aspectos de juego defensivos y se ha caído en el error de identificar estilos de juego con estilos de ataque.

IV.3 Perspectivas en el análisis de la competición en deportes colectivos.

Las primeras investigaciones en las que se utilizaron los medios informáticos en el ámbito deportivo surgieron en los campos de las ciencias aplicadas al deporte. La poca implantación que esta tecnología tenía en esa época provocó que esos medios sólo estuvieran en laboratorios, instituciones y equipos poderosos.Es a partir de la década de los años ochenta cuando, paralela a la creciente popularidad de los medios informáticos, comienzan a proliferar los estudios científicos con el objetivo de aportar datos que sirvieran para mejorar el rendimiento deportivo. La aplicación de esta tecnología comenzó en las llamadas modalidades deportivas cerradas (natación, atletismo, etc.), encaminadas a la digitalización de las imágenes para el estudio de la técnica, al registro del rendimiento del deportista y a la valoración funcional de éste.

Posteriormente, comenzaron a aplicarse los medios tecnológicos a los deportes sociomotrices, adaptándose a las características específicas de este tipo de deportes. La actual popularidad que goza la informática genera una infinidad de software que el técnico deportivo puede aprovechar, avanzando cada

día más en la especificidad de la herramienta en relación al objetivo que buscamos. La diversidad de programas existentes en el ámbito del deporte abarca desde el ámbito de la gestión hasta el de la planificación y control de la actividad física y el entrenamiento, pasando por el análisis táctico y control estadístico del rendimiento. En este último campo es donde más se ha avanzado en la especificidad de su uso en relación al deporte estudiado. Las elevadas implicaciones tácticas de los deportes sociomotrices obligaba a desarrollar herramientas apropiadas que pudieran recoger la información que aporta un partido. Se podrían distinguir los programas cuyo objetivo es utilizarlos como medio de análisis táctico y los programas que se utilizan como control estadístico de los encuentros. A continuación se citan algunos de los más importantes, que unen el análisis estadístico de la competición con el tratamiento de la imagen: SORTABAL v1.0, NACSport, Video Stat, Amisco, Utilius VS, SoftoryMatch, Matchvision.

V. Análisis del comportamiento visual aplicado al deporte.

En los últimos años, se ha producido un incremento importante de la investigación de los procesos perceptivo y atencionales aplicados a situaciones deportivas, hasta el punto que el Internacional Council of Sports Sciences and Physical Education ha reconocido, en su última propuesta de áreas de investigación en las Ciencias del Deporte, la de "Visión y Deporte" (ICSSPE, 2000), donde la premisa fundamental es buscar y establecer relaciones entre el nivel de desarrollo de las habilidades visuales de los deportistas y su rendimiento deportivo (Arteaga, 1999).

Diversos investigadores han sugerido que el conocimiento de las áreas más pertinentes o informativas de la escena que se visualiza son cruciales para un rendimiento exitoso (e.g. Ripoll, 1988), requiriendo tanto de habilidad en la percepción como de una ejecución precisa del movimiento (e.g. Williams, Davids, Burwitz & Williams, 1994; Williams & Davids, 1998). Por el contrario, otros han argumentado que no es la localización de la atención lo importante, pero sí la habilidad para establecer relaciones significativas entre la información extraída y el posterior comportamiento (e.g. Abernethy, 1990a, 1990b). En este sentido, Abernethy (1990a) apunta que el factor limitante en el rendimiento perceptivo de los principiantes parece no ser tan tanto el acceso visual a la información oportuna, sino más bien la capacidad de extraer y utilizar la información disponible en lugares clave.

Cualquier jugador inmerso en una situación deportiva, sobre todo en aquellas en las que se requieran habilidades motrices abiertas (con altos niveles de incertidumbre, como los deportes colectivos de adversario -e.g. fútbol-), depende en gran medida de su sistema visual, que le proporciona la información necesaria para un desempeño exitoso. De hecho, las habilidades motrices abiertas requieren

de un nivel adecuado de atención selectiva que permita la percepción y procesamiento de todos los estímulos significativos para alcanzar la decisión óptima (Tenenbaum, Yuval, Elbaz, Bar-Eli y Weinberg, 1993). Así pues, para alcanzar un correcto desempeño u óptimo rendimiento, sería precisa una correcta comprensión del entorno en el que nos desenvolvemos, así como de los acontecimientos que ocurren en el mismo.

Partiendo de la premisa de que la información del entorno no está estructurada, es decir, acontecen una serie de procesos cognitivos que preceden a la emisión de una respuesta motriz, podemos interpretar que el proceso perceptivo, es decir, la información es captada, elaborada e interpretada por el sujeto, encontramos tres procesos secuenciales que acontecen para la realización habilidosa de cualquier movimiento: a) percepción, b) toma de decisiones, y c) ejecución del movimiento (Abernethy, 1996). La percepción sería el proceso a través del cual el sujeto determina qué está ocurriendo dentro del entorno que le rodea y de su propio cuerpo, extrapolando la relación existente entre ambas fuentes de información; la toma de decisiones sería el proceso por el cual se selecciona el movimiento apropiado (entre una serie de posibles opciones); y, finalmente, la ejecución del movimiento sería el proceso por el cual la respuesta seleccionada es organizada, iniciada y controlada. De esta manera, si la percepción del entorno no se hace de forma eficiente o correcta, sería difícil el tomar decisiones acertadas (McMorris, 1999).

V.1 Sistemas de seguimiento de la mirada.

Dada la importancia que el proceso perceptivo tiene para situaciones deportivas abierta o con altos niveles de incertidumbre, la aplicación de tecnologías que permiten el registro del comportamiento visual de forma directa ha sido aplicada de forma progresiva a situaciones deportivas. Desde estudios aplicados a situaciones de laboratorio con imágenes estáticas, el uso de proyecciones audiovisuales, hasta la medición en situaciones reales de juego o situaciones simuladas/reducidas del mismo (ver Moreno, Reina, Luis, Damas y Sabido, 2003). Evidentemente, la evolución ha situaciones más ecológicas ha estado unido a la optimización de esta tecnología, haciéndola menos pesada, menos invasiva y más fiable.

La tecnología utilizada para el estudio del comportamiento visual en situaciones deportivas son los Sistemas de Seguimiento de la Mirada. La exposición en este artículo hace referencia concreta al modelo ASL SE5000 de Applied Sciences Laboratories, tecnología utilizada para varios trabajos que expondremos brevemente con posterioridad. Se trata de un sistema de video monocular que trabaja

detectando la pupila y la reflexión corneal, permitiéndonos analizar datos de la localización de las fijaciones, su duración y su orden, todo ello a partir del punto de fijación visual en fóvea.

Para la evaluación del proceso de búsqueda visual que los sujetos elaboran, asumimos la localización de las fijaciones como un elemento que refleja los importante índices usados para la toma de decisiones, mientras que el número y la duración de esas fijaciones suponen un reflejo de las demandas de procesamiento de la información que esos índices (localizaciones) tienen para el ejecutante. Las características de la localización de las fijaciones y su duración son indicativas de la estrategia perceptiva usada por el ejecutante para extraer información relevante del entorno (Abernethy, 1985; en Williams, Davids y Williams, 1999), ya que las fijaciones visuales permiten al sujeto estabilizar un área informativa de la escena, permitiéndole un procesamiento más detallado de lo que ocurre.

El sistema incorpora dos cámaras de video en una estructura que se coloca y ajusta en la cabeza del sujeto. Una de las cámaras, de infrarrojos, filma al ojo en todo momento, de manera que nos permite, posteriormente, recoger el diámetro de la pupila y el punto de mayor brillo en el ojo, la reflexión corneal. Esta imagen del ojo se ve en uno de los dos monitores del sistema. Ambos parámetros oculares deben ajustarse a las características individuales del sujeto que se vaya a medir, mediante el empleo del computador que gestiona el sistema. La otra cámara, situada sobre un brazo articulado, recoge la imagen de la escena que el sujeto visualiza, tras reflejarse esa imagen en un cristal polarizado que también compone esta estructura (Figura 10a). La integración del diámetro de la pupila con la reflexión corneal, mediante un software específico, nos permite obtener el punto de fijación visual en tiempo real (intersección de una línea vertical y horizontal), sobre la imagen de la escena recogida por la otra cámara (Figura 10b), presentada en el segundo de los monitores empleados.

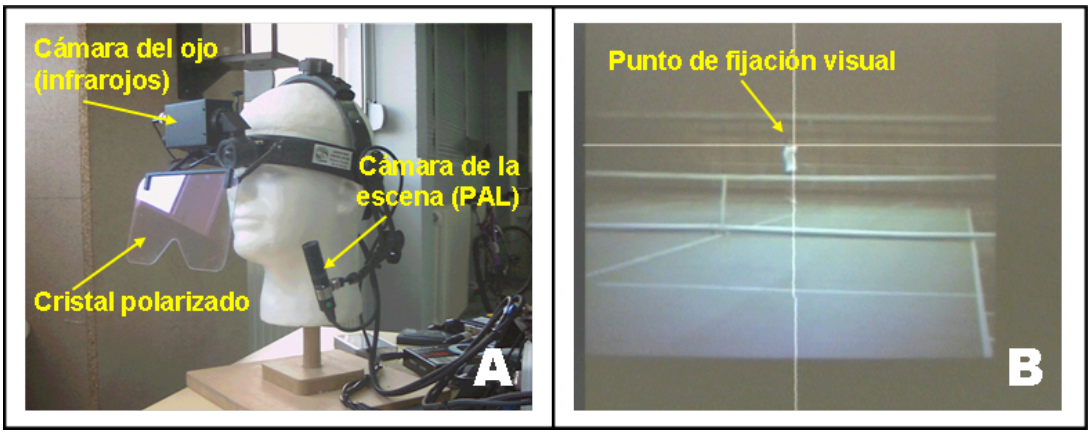


Figura 10. Componentes de la estructura que se coloca en la cabeza del sistema de seguimiento de la mirada (a) y detalle del punto de fijación visual en una situación de resto en tenis en situación de videoproyección (b).

El sistema incorpora una mochila con un soporte de grabación independiente en formato de video analógico (video walkman Sony GV-A500E PAL). No obstante, la imagen compuesta del punto de fijación visual sobre la escena que tiene el deportista ante sí puede ser almacenada en otros dispositivos externos (e.g. grabadores digitales de DVD o DV-Cam), lo que permite optimizar la calidad de las películas obtenidas del comportamiento visual. La figura 11 muestra, de forma gráfica, los diferentes componentes del sistema y su conexión con el resto de periféricos que lo componen. Dado que el sistema no graba sonido ambiente, mediante el empleo de dispositivos de grabación externos, podemos conectar un micrófono, el cual podemos utilizar con distintos fines (e.g. grabar sonido ambiente o grabar la voz del investigador).

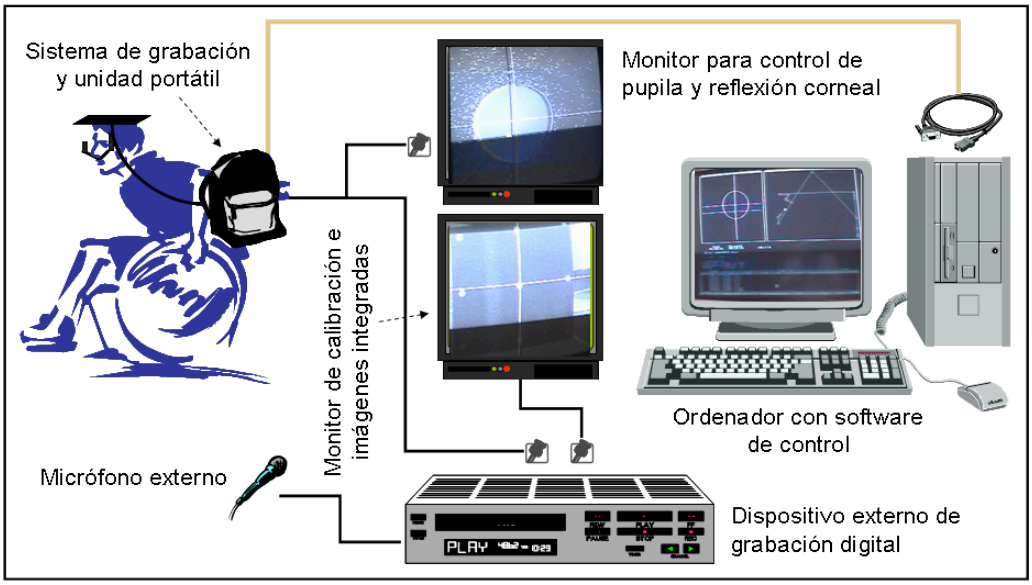
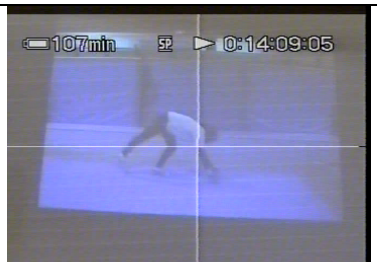


Figura 11. Esquema que representa los elementos que componen el sistema de registro del comportamiento visual.

V.2 Ejemplos de trabajos de control y aprendizaje motor.

Seguidamente, una expuesta la justificación de la importancia del estudio del comportamiento visual en situaciones deportivas, así como el instrumental empleado para ello, a continuación exponemos algunos de los trabajos realizados en el seno del Laboratorio de Control y Aprendizaje Motor de la

Universidad de Extremadura, del cual provienen los ahora profesores de la UMH, Raúl Reina y Francisco Javier Moreno. Para ello, haremos una síntesis de los mismos en una tabla que recoja los objetivos, métodos y principales resultados del mismo, indicando así la referencia de publicación para una mayor profundización.

Visual search strategies in experienced and inexperienced gymnastics coaches. Moreno, F.J., Reina, R., Luis, V. y Sabido, R. Perceptual and Motor Skills, 95, 901-902: 2002. ISSN: 0031-5125. (IF=0.258 JCR Social Science)	
OBJETIVOS: - Analizar el proceso de búsqueda visual para la detección de errores de elementos gimnásticos, elaborados por entrenador experimentados en este deporte. - Identificar información específica y útil para proporcionar a los entrenadores de gimnasia noveles sobre las estrategias visuales a seguir para evaluar con eficacia las distintas ejecuciones gimnásticas que se les presenten.	
MÉTODO: - Dos grupos de entrenadores (3 noveles y 3 experimentados) observaron la ejecución de un gimnasta experimentado, mediante videoproyección, de los siguientes elementos gimnásticos: apoyo invertido de manos ("pino"), paloma de manos, y enlaces de rondada y flic-flac.	
RESULTADOS: - Los observadores no experimentados realizan una mayor captación de errores cuando presentan estrategias visuales consideradas más inexpertas (más fijaciones y de menor duración),	

que cuando presentan estrategias consideradas más expertas.

- La aplicación de esta tecnología a jueces de gimnasia artística nos permite conocer las zonas de mayor relevancia informativa para los observadores, orientando así la formación de entrenadores o jueces.

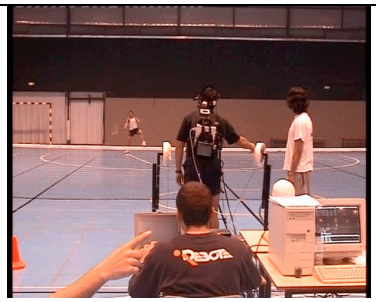
Análisis del comportamiento visual y de reacción de tenistas de diferente nivel ante la simulación en laboratorio de la situación de aproximación a red*.

Luis, V., Reina, R., Sanz, D., Fuentes, J.P. y Moreno, F.J.

Kronos. La Revista Universitaria de Actividad Física y el Deporte, 4, 29-38: 2003.

ISSN: 1579 - 5225.

* Estudio preliminar.



OBJETIVOS:

- Este trabajo sentó las bases de otro que aplica tres técnicas de entrenamiento de la anticipación: preíndices (decir que elementos del gesto dan información de lo que va a acontecer); oclusión temporal (la imagen desaparece de la pantalla, obligando al tenista a emitir una respuesta antes de que se produzca el golpeo); y práctica.

MÉTODO:

- 40 sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a cada uno de los tres grupos de entrenamiento, más un grupo de control, que sólo hacía los tests inicial y final.
- Tras un test inicial, los sujetos se sometieron a 8 sesiones de entrenamiento perceptivo en laboratorio, valorándose sus tiempos de respuesta y comportamiento visual, tanto en situación de laboratorio como de pista.

RESULTADOS:

- Los tenistas localizan su atención visual preferentemente en la zona de impacto con la pelota y en la línea de hombros del modelo.
- De igual modo los tenistas en general, muestran valores similares respecto a la predicción de los golpes aunque con respuestas de reacción más rápidas a favor de los tenistas expertos.
- Los resultados del trabajo posterior de entrenamiento de la anticipación están en fase de análisis (Tesis Doctoral de Vicente Luis del Campo).

Análisis del comportamiento visual de porteros de balonmano ante lanzamientos realizados a 6 y 9 metros de portería.

García, J.A., Moreno, F.J., Luis, V. y Reina, R.

Apunts de Educación Física y Deportes, 74, 40-45: 2004

ISSN: 1130 – 250X.

OBJETIVOS:

- Valorar la eficacia de porteros expertos e inexpertos de balonmano en la predicción de la localización de un lanzamiento sobre el que no pueden obtener información previa alguna.
- Identificar el comportamiento visual que esos dos grupos de sujetos (expertos e inexpertos) manifestaban durante la tarea.

MÉTODO:

- Lanzamiento de pelotas a una velocidad de 88 km/h. sin tener información de la dirección de la misma.
- Los lanzamientos se produjeron desde 6 y 9 metros.

- El portero debía indicar por qué zona de la portería había entrado la bola.

RESULTADOS:

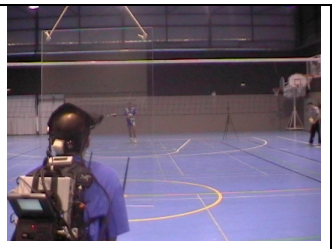
- Se constata que en los lanzamientos desde 6 metros no es posible realizar una estrategia de seguimiento de la bola (necesidad de anticiparse en el juego real).
- Más pronto inicio del seguimiento de la bola de los expertos en los lanzamientos a 9 metros.
- Mayor error en las indicaciones acerca del punto de entrada de la bola por parte del grupo con menos experiencia.

Presentación de un sistema automatizado para el análisis de la eficacia en los receptores en voleibol.

Damas, J.S., Moreno, F.J., Reina, R. y Luis, V.

Motricidad. European Journal of Human Movement, 11, 105-119: 2004.

ISSN: 0214 – 0071.



OBJETIVOS:

- Analizar el comportamiento visual de jugadores noveles y experimentados de voleibol, tanto en situación de pista como e videoproyección.
- Estudiar, de forma conjunta, los procesos perceptivos y motores de la acción de recepción en voleibol.

MÉTODO:

- Registro de la respuesta motriz mediante el movimiento de los pies hacia delante-atrás y derecha-izquierda, registrado a través de plantillas preso-sensibles.
- Registro del inicio del movimiento de los pies a través de acelerometría.

RESULTADOS:

- Resultados en proceso de análisis (Tesis Doctoral del profesor Jesús S. Damas: Universidad de Extremadura).

Effect of seated/biped opponents and differences between experienced and novice wheelchair tennis players. Reina, R., Moreno, F.J., Sanz, D. y Luis, V. Medicine and Science in Tennis, 9 (1), 12-13: 2004. ISSN: 1567 – 2352.	

OBJETIVOS:

- Analizar las estrategias de búsqueda visual elaboradas por tenistas en silla de ruedas cuando se encuentran ante oponentes en silla de ruedas o en bipedestación (situación frecuente en los entrenamientos).

MÉTODO:

- Se analizó el comportamiento visual y de respuesta de dos grupos de tenistas en silla de ruedas (uno experto y uno novel), tanto en situación de campo como de laboratorio.
- Los servicios fueron efectuados por dos tenistas en bipedestación y dos en silla de ruedas.

RESULTADOS:

- Se dedicó más tiempo a la observación de la bola en la fase de lanzamiento ante oponentes en silla de ruedas, seguramente debido a que éstos agarran con el brazo auxiliar la rueda para tener estabilidad en el servicio, por lo que es el acompañamiento con el brazo auxiliar es menor. De esta manera, se sigue más tiempo la bola ante los oponentes en bipedestación.

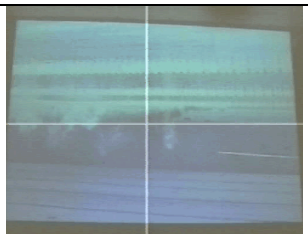
- El tiempo para iniciar la estrategia de seguimiento de la bola tras el golpeo es menor ante los oponentes en silla de ruedas, seguramente debido a la menor velocidad de sus servicios, ya que también manifiestan más dificultades para seguir la trayectoria de aproximación de la bola (mayores tiempos de fijación visual en áreas posteriores a su posición en el vuelo).
- Se recomienda que los técnicos de tenistas en silla de ruedas aprendan a jugar en silla, ya que la información que ofrecen a sus jugadores es diferente, en algunos aspectos, a la que se encuentran posteriormente en situación real de juego.

Visual search strategies of experienced and non-experienced swimming coaches

Moreno, F.J., Saavedra, J.M., Sabido, R., Luis, V. y Reina, R.

Perceptual and Motor Skills (en 2ª revisión)

ISSN: 0031-5125. (IF=0.363 JCR Social Science)



OBJETIVOS:

- Analizar las estrategias de búsqueda visual desarrolladas por entrenadores de natación de distinto nivel de experiencia en observación subacuática (a través de ventanas de observación), durante un proceso de detección de errores de la ejecución.

MÉTODO:

- Los dos grupos de entrenadores observaron la ejecución de una secuencia de movimiento de estilo libre (crol), desde diferentes perspectivas y velocidades: frontal vs. lateral, vista aérea vs. subacuática, y velocidad normal vs. ralentizada (8 secuencias en total).

RESULTADOS:

- La perspectiva lateral-aérea parece ser la menos efectiva para extraer información sobre los errores de ejecución de los brazos, y donde los entrenadores fijan su atención sobre el área de la cabeza para extraer información acerca del movimiento de los brazos.

- Las vistas subacuáticas se muestran como las más idóneas para el análisis del movimiento de las piernas (angulación de las rodillas y batido).

VI. Conclusiones.

Hemos podido comprobar a lo largo del artículo, como el apoyo tecnológico es hoy en día indispensable para el desarrollo del deporte de más alto nivel. Afortunadamente, el avance de la investigación en sistemas y estructuras del control del proceso de entrenamiento y competición, junto con la economización de los costes, están permitiendo la universalización en la distribución y el uso del aparataje aquí descrito. Las situaciones que hace 10 años nos parecían escenas de una película de ciencia ficción, son hoy en día, en el ámbito deportivo factibles, y no sólo eso, han superado las expectativas generadas con creces.

VII. Referencias bibliográficas.

ABERNETHY, B. "Expertise, visual search, and information pick-up in squash". En Perception, 1990a, 19, pp. 63-77.

ABERNETHY, B. "Anticipation in squash: Differences in advances cue utilization between expert and novice players". En Journal of Sport Sciences, 1990b, 8, pp.17-34.

ABERNETHY, B. "Training the visual-perceptual skills of athletes. Insights from the study of motor expertise". En The American Journal of Sports Medicine, 1996, 24 (6), pp.89-92.

ARGUDO, F. "Modelo de evaluación táctica en deportes de oposición con colaboración. Estudio práxico del waterpolo". Tesis doctoral. 2000. Facultad de Psicología. Universidad de Valencia Estudio General, Valencia, España.

ARTEAGA, M. "Influencia del esfuerzo físico anaeróbico en la percepción visual". Tesis Doctoral. 1999 Universidad de Granada.

COMETTI, G. “L´electromyostimulation dans l´entrenaiment des sportifs”. En Sport and Medicine, 1999, 18: pp.16-26.

DI PRAMPERO, P.E., ATCHOU, G., BRUECKNER, J.C., MOIA, C. “The energetics of endurance running”. En European Journal of Applied Physiology, 1986; 55: pp. 259-266.

GUTIÉRREZ, O. “Valoración del rendimiento táctico en balonmano a través de los Coeficientes de eficacia. Aplicación del software sortabal v1.0”. Tesis doctoral (no leída). Universidad Miguel Hernández, 2006, Elche, Alicante.

HERNÁNDEZ, J. (1984). “Factores que determinan la estructura funcional de los deportes colectivos”. En Apunts Revista de l´INEF, 1984, pág. 81.

HOLLMANN, W. (1961). “Zur frage der dauerleistungsfahigkeit”. En Fortschr.Medicine, 1961, 79, pp. 439-453.

INTERNATIONAL COUNCIL OF SPORT SCIENCE AND PHYSICAL EDUCATION. Sports Vision. En ICSSPE, Sports Vademecum, 2000, (pp. 303-315). Berlin: ICSSPE.

IVY, J.L., WITHERS, R.T., VAN HANDEL, P.J., ELGER, D.H., COSTILL, D.L. “Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold”. En Journal of Applied Physiology, 1980, 48, pp. 523-527.

KEITH, S.P., JACOBS, I., MCLELLAN, M.T. “Adaptations to training at the individual anaerobic threshold”. En European Journal of Applied Physiology, 1992, 65, pp. 316-323.

KINDERMAN, W., SIMON, G., KEUL, J. (1979). “The significance of aerobic anaerobic transition for determination of work load intensities during endurance training”. En European Journal of Applied Physiology, 1979, 42, pp. 25-34.

LASIERRA, G. Y ESCUDERO, P. “Observación y evaluación en los deportes de cooperación-oposición: en busca de sus aspectos distintivos”. En Apunts: Educació Física y Esports, 1993, 31, pp. 86-105.

LONDEREE, B.R., AMES, S. “Maximal steady-stade versus state of conditioning”. En European Journal of Applied Physiology, 1975, 34, pp. 269-278.

MADER, A., LIESEN, H., HECK, H., PHILIPPI, H., ROST, R., SCHURCH, P., HOLLMANN, W. “Zur beurteilung der sportastspezifischen ausdauerleistung fahigkeot in labor”. En Sportartz and Sportmedizin, 1976, 27, pp. 80-88 y 109-112.

MAHLO, F. “La acción táctica en el juego”. La Habana: Pueblo y Educación. 1981.

MCLELLAN, T.M., CHEUNG, K.S., JACOBS, I. “Incremental test protocol, recovery mode, and the individual anaerobic threshold”. En International Journal of Sports Medicine, 1991, 12, pp. 190-195.

MCMORRIS, T. “Cognitive development and the acquisition of decision-making skills”. En International Journal of Sport Psychology, 1999, 30, pp. 151-172.

MORENO, F.J., REINA, R., LUIS, V., DAMAS, J.S., SABIDO, R. “Desarrollo de un sistema tecnológico para el registro del comportamiento de jugadores de tenis y tenis en silla de ruedas en situaciones de respuesta de reacción”. En Motricidad. European Journal of Human Movement, 2003, 10, pp. 165-190.

NAZAROV, V., SPIVAK, G. “Development of athlete’s strength abilities by means of biomechanical stimulation method”. En Theor Pract Phys Cul; 1985, 12: pp. 445-50.

PICHOT, V., BUSSO, T., ROCHE, F., GARET, M., COSTES, F., DUVERNEY, D., LACOUR, J.R., BARTHELEMY, J.C. “Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study”. En Med Sci Sports Exerc.2002 , 34(10): pp.1660-6

PLATONOV, V.N. “La adaptación en el deporte”. Paidotribo. Barcelona, 1991

RIPOLL, H. (1988). “Analysis of visual scanning patterns of volleyball players in a problem solving task”. En International Journal of Sport Psychology, 1988, 19, pp. 9-25.

SJODIN, B., JACOBS, I. (1981). “Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance”. En International Journal of Sports Medicine, 1981, 2, pp. 23-26.

SUAY, F. “El síndrome de sobreentrenamiento: una visión desde la psicobiología del deporte”. Editorial Paidotribo. Barcelona, 2003

TENENBAUM, G., YUVAL, R., ELBAZ, G., BAR-ELI, M., Y WEINBERG. R. “The relationship between cognitive characteristics and decision making”. En Canadian Journal of Applied Psychology, 1993, 18 (1), pp. 48-62.

WASSERMAN, K., MCILROY, M.B. "Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise". En Americam M Cardiology, 1964, 14, pp. 844-852.

WILLIAMS, A.M., DAVIDS, K. “Visual search strategy, selective attention and expertise in soccer”. En Research Quarterly for Exercise and Sport, 1998, 69 (2), pp. 111-129.

WILLIAMS, A.M., DAVIDS, K., y WILLIAMS, J. G. Visual perception and action in sport. London: E & FN Spon. 1999

WILLIAMS, A.M., DAVIDS, K., BURWITZ, L., y WILLIAMS, J.G. (1994). “Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players”. En Research Quarterly for Exercise and Sport, 1994, 65 (2), pp. 127-135.

MANUEL MOYA RAMÓN es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Doctor en Psicología. Director del Máster universitario en Formación en Alto Rendimiento Deportivo de la UMH.

DR. FRANCISCO JOSÉ VERA-GARCÍA es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Líneas de investigación: Biomecánica del raquis, Acondicionamiento de la musculatura del tronco y Prevención de lesiones raquídeas.

DR. JOSE LUIS LÓPEZ ELVIRA es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Especialista en Biomecánica del Deporte.

ADOLFO ARACIL MARCO es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física y Deportiva, Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Licenciado en Medicina y Cirugía, DEA en Neurociencias. Unidad de Neurobiología Celular y de Sistemas, Instituto de Neurociencias de Alicante (Centro Mixto UMH-CSIC).

RAÚL REINA VAILLO es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Master Europeo en Actividad Física Adaptada.

OSCAR GUTIÉRREZ AGUILAR es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Licenciado en Educación Física y Deportes. Tercer entrenador de la Selección nacional absoluta de balonmano.

JESÚS PAREDES ORTIZ es Profesor de la Universidad Miguel Hernández de Elche en el Área de Educación Física del Departamento de Arte, Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas. Doctor en filosofía y letras. Especialista en Teoría y Antropología del Deporte.