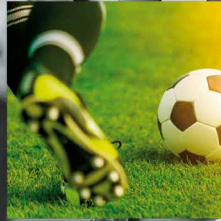
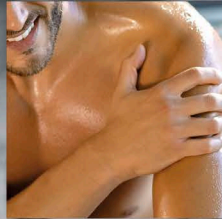


DSO

Nº 22 • FEBRERO 2024

DEPORTE, SALUD Y ENTRENAMIENTO



XII REUNIÓN DEL GRUPO "AVILÉS"

DOLOR MUSCULAR RELACIONADO CON EL DEPORTE

MECANISMOS DE FATIGA EN EL FÚTBOL Y SU RELACIÓN CON LAS LESIONES

VISIÓN DEPORTIVA. EVALUACIÓN MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL

NUEVAS APLICACIONES DEL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD/HIPOXIA



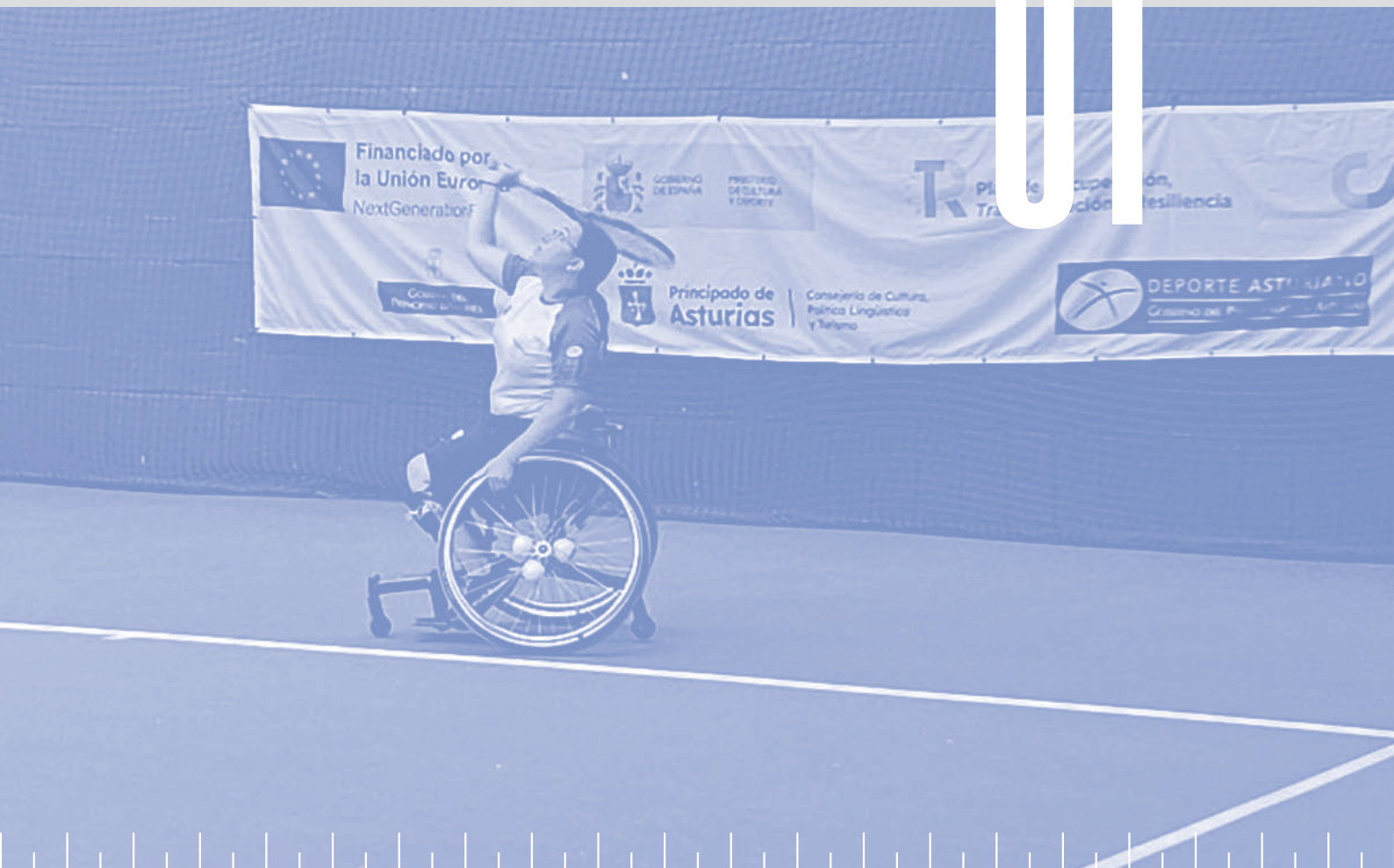


Dejando Huella

Porque desde 1978 estamos poniendo nuestro empeño en afianzar el deporte en Avilés a todos los niveles, dando sus frutos tanto en el entorno social local como en el contexto nacional, contribuyendo a la salud de nuestros ciudadanos/as y promocionando la imagen de nuestra ciudad por todo el territorio español.

SUMARIO

01



Editorial.	▶	02	06
Dolor muscular relacionado con el deporte. Nuevos conocimientos y aplicaciones prácticas.	▶	07	12
Mecanismos de fatiga en el fútbol y su relación con las lesiones.	▶	13	20
Visión Deportiva. Evaluación del rendimiento visual mediante Realidad Virtual.	▶	21	29
Nuevas aplicaciones del Entrenamiento en altitud/hipoxia.	▶	30	41
Bibliografía.	▶	42	44

Edita: CONSEJERÍA DE CULTURA, POLÍTICA LINGÜÍSTICA Y TURISMO.
DIRECCIÓN GENERAL DE DEPORTE.
Coordina: NICOLÁS TERRADOS CEPEDA.
UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS.
Depósito Legal: AS-3692-2002
Diseño y maquetación: SIGNUM COMUNICACIÓN Y DISEÑO.
Filmación: TIPO PRODUCCIÓN GRÁFICA.
Imprime: TIPO PRODUCCIÓN GRÁFICA.



* La revista Deporte, Salud y Entrenamiento no se responsabiliza de las opiniones aquí vertidas por los diferentes autores de los artículos.





Conclusiones de las XII Jornadas de Trabajo del Grupo “Avilés” de Medicina del Deporte, 2023

Autores



▶ Julián Álvarez García. *Centro de Tecnificación Deportiva de Alicante.*

▶ Melchor Jesús Andrés Puertas. *Centro Regional de Medicina Deportiva de Castilla y León. CEREMEDE.*

▶ Carmen Arnaudas Roy. *Coordinación Grupo Avilés. Subdirección General de Ciencias del Deporte. Consejo Superior de Deportes.*

▶ Montse Bellver Vives. *Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés (Barcelona).*

▶ Leonor Berlanga Navarro. *Centro Regional de Medicina Deportiva de Cantabria.*

▶ Daniel Brotons Cuixart. *Consell Català de l'Esport.*

▶ Lidia Carpio Rebull. *Centro de Tecnificación Deportiva de Islas Baleares.*

▶ Pablo Gasque Celma. *Ayuntamiento de Alcobendas (Madrid).*

▶ Fernando Gutierrez Ortega. *Centro Medicina del Deporte. Subdirección General de Ciencias del Deporte. Consejo Superior de Deportes.*

▶ Fernando Herrero Román. *Ayuntamiento de Miranda de Ebro (Burgos).*

▶ Jesús López Peral. *Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid.*

▶ Fernando Novella María-Fernández. *Ayuntamiento de Fuenlabrada (Madrid).*

▶ Santiago Perote Suarez-Rivero. *Centro Galego de Tecnificación Deportiva (CGTD).*

▶ José Antonio Ponce Blandón. *Centro Andaluz de Medicina del Deporte.*

▶ Diego Reyero Díez. *Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte. Navarra.*

▶ Fernando Salom Portella. *Ayuntamiento de Mahón (Consell Insular de Menorca).*



▶ Elena Saura Guillén. *Centro de Tecnificación Deportiva Infanta Cristina, Los Alcázares (Murcia).*

▶ Juan Carlos Tébar Rodrigo. *Ayuntamiento de Rivas (Madrid).*

▶ Nicolás Terrados Cepeda. *Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias.*

▶ Introducción

El Consejo Superior de Deportes convocó la **Reunión Anual del Grupo de Trabajo “Avilés” de Medicina del Deporte**. Y las **XII Jornadas de Trabajo** en Deporte y Salud, para los días 2 y 3 de Octubre en **Miranda de Ebro**.

El Grupo de trabajo en Deporte y Salud “Avilés” es un Grupo de Trabajo formado por los responsables de la Medicina del Deporte oficiales de cada una de las Comunidades Autónomas, de aquellas entidades locales que soliciten su admisión en el grupo y de los responsables de los servicios médicos de los Centros de Alto Rendimiento, Centros de Tecnificación Deportiva y de los Centros Especializados en Tecnificación Deportiva.

Se creó en Junio de 2009, al final de las II Jornadas de Trabajo en Deporte y Salud, en Avilés. Estas Jornadas se celebraron en Avilés los años 2006 y 2009, y fueron el embrión del grupo de trabajo sobre Deporte y Salud.



04

Se trata de un grupo de colaboración entre los responsables en Medicina del Deporte de las CCAA, de las entidades locales y de los Centros de Alto Rendimiento y Tecnificación Deportiva. El espíritu del grupo es el de compartir en un ambiente informal experiencias, problemas e inquietudes sobre la salud y el deporte, que permitan eliminar los compartimientos estancos en nuestra Medicina del Deporte.

A las reuniones del grupo de trabajo, también asisten expertos invitados de reconocido prestigio, que exponen su opinión sobre temas predeterminados.

A final de las reuniones se redacta un documento de consenso, con las conclusiones de los temas tratados. De esta forma el Grupo presenta reflexiones técnicas consensuadas procedentes de la experiencia de profesionales que desempeñan su labor en diferentes ámbitos.



En Junio de 2013, El CSD tomó la iniciativa de *"crear, en el seno de la Subdirección General de Deporte y Salud, de un Grupo de Trabajo formado por los responsables de la Medicina del Deporte de cada una de las Comunidades Autónomas, así como por los responsables de los servicios médicos de cada uno de los Centros de Alto Rendimiento, Centros de Tecnificación Deportiva y de los Centros Especializados en Tecnificación Deportiva. También se abrió este Grupo a representantes de Centros de Medicina del Deporte dependientes de aquellas entidades locales que hayan solicitado su admisión en el grupo.*

Los responsables en Medicina del Deporte de cada una de las CCAA debe ser nombrado por escrito por la autoridad competente de la CA. Los responsables médicos de los Centros de Alto Rendimiento, Centros de Tecnificación Deportiva y de los Centros Especializados en Tecnificación Deportiva, forman parte del Grupo de oficio, La entrada en el Grupo de representantes de Centros de Medicina del Deporte dependientes de entidades locales debe solicitarse a instancias de la entidad local.

Habiéndose celebrado las reuniones previas para la creación del Grupo en la ciudad asturiana de Avilés, los asistentes a estas reuniones previas y la alcaldesa de Avilés pidieron que el grupo lleve el nombre de esa localidad.



Son objetivos de este Grupo de Trabajo Avilés:

- ▶ *Armonizar el trabajo técnico y profesional de los Centros de Medicina del Deporte que dependen de las entidades públicas.*
- ▶ *Buscar soluciones a problemas de funcionamiento comunes.*
- ▶ *Compartir y mejorar el conocimiento técnico y científico.*
- ▶ *Mejorar la formación de los profesionales que prestan servicio en esos Centros.*
- ▶ *Disponer de un foro de intercambio de ideas, inquietudes e iniciativas en el ámbito profesional.*

El Grupo de Trabajo Avilés lleva a cabo sus actividades a través de medios electrónicos y mantiene una reunión física anual”.



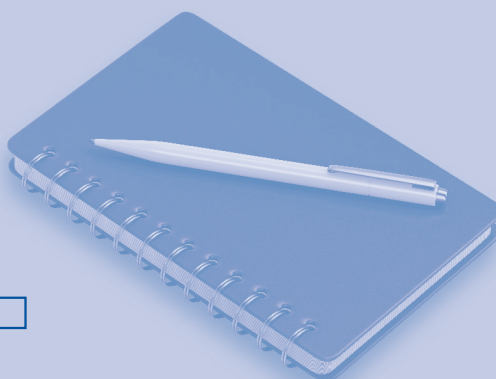
Conclusiones

- ▶ En el manejo del enfermo diabético, el ejercicio físico pautado por profesionales está entre las recomendaciones de primera línea en el tratamiento de dicha enfermedad.
- ▶ En las enfermedades neurodegenerativas es cada vez más clara, la importancia del ejercicio físico bien controlado y asesorado en programas centrados en las personas, lo que ayuda a aportar valor al servicio de salud.
- ▶ Los supervivientes de cáncer deben saber que el tratamiento no es solo la cirugía, la quimioterapia y la radioterapia. El ejercicio físico es un recurso terapéutico más desde el diagnóstico. El modelo de rehabilitación oncológica desarrollado, entre otros, por la Fundación GIAFyS Cáncer, en Miranda de Ebro, con un abordaje integral (ejercicio físico, nutrición y psicología) y profesionales que trabajan de forma interdisciplinar, con generosidad, compromiso y conocimiento, ha demostrado ser seguro y eficaz y debería ser exportado a otras ciudades.
- ▶ El Estudio PASOS sobre el sedentarismo y la obesidad de los niños y adolescentes españoles, muestra datos preocupantes de obesidad infantil y juvenil, sobre todo por el gran uso de pantallas y la poca actividad física. Este estudio también indica un deterioro en la salud mental de los niños y adolescentes.



06

- ▶ La Prescripción de Ejercicio Físico, es una actuación sanitaria de máximo rendimiento coste/ beneficio con importante impacto en la salud de la población y en el conjunto del gasto sanitario, es segura, eficaz, útil y contribuye a mejorar la calidad de vida de los practicantes.
- ▶ La prescripción de ejercicio físico como prevención o tratamiento en patologías debe ser llevada a cabo por un médico, formado en prescripción de ejercicio físico, preferentemente especialista en Medicina del Deporte.
- ▶ Es necesario que los Departamentos de Salud de las CCAA faciliten a los profesionales de los Centros de Atención Primaria los recursos necesarios para poder desarrollar Programas de Prescripción de Ejercicio Físico, que permitan implementar la Receta de Ejercicio Físico en el ámbito asistencial. En estos programas los Centros de Medicina del Deporte deberán tener un papel fundamental en materia de formación, asesoramiento y coordinación.
- ▶ Es importante que el profesional disponga de la formación y de los recursos necesarios para poder realizar esta prescripción de forma correcta y de la manera más precisa e individualizada posible. Por lo tanto, es conveniente que las comunidades autónomas implementen planes de prescripción de ejercicio. Se resalta la importancia de integrar los servicios de medicina del deporte dentro del sistema sanitario, así como la coordinación de los servicios sanitarios y deportivos ya que el deportista es también un paciente.
- ▶ La inteligencia artificial se presenta como una herramienta útil y aplicable en la investigación y el trabajo en medicina del deporte. Los conocimientos en esta materia serán cada vez más necesarios en Medicina del Deporte.
- ▶ Se recomienda el fomento de la digitalización de los centros de medicina del deporte de las comunidades autónomas para su mejor eficacia y coordinación en beneficio de la salud de los deportistas y se apoya la iniciativa del CSD para la digitalización de dichos centros.
- ▶ Si no se resuelve pronto la situación de la formación de especialistas en Medicina de la Educación Física y el Deporte, se llegará a una carencia casi total de dichos especialistas, que supondrá un perjuicio para la utilización del ejercicio físico para la salud y también un perjuicio para los deportistas de alto rendimiento. El Grupo Avilés aboga por la solución inmediata de la creación de plazas de formación para especialistas en Medicina de la educación física y el deporte.



DOLOR MUSCULAR RELACIONADO CON EL DEPORTE. NUEVOS CONOCIMIENTOS Y APLICACIONES PRÁCTICAS

07

- Introducción ◀
- Dolor por lesión muscular ◀
- Dolor por fatiga muscular. También llamada periférica ◀
- Dolor muscular por restricción de flujo sanguíneo ◀
- El dolor muscular producido por la inflamación muscular de inicio retardado ◀
- El dolor muscular por los síndromes compartimentales y por patologías neurológicas (neuropatías periféricas) ◀
- El dolor en el deportista ◀

▶ Introducción

*Nicolás Terrados
Ana Amelia Menéndez Bernardo*

EL DOLOR MUSCULAR EN EL DEPORTE DE ALTO RENDIMIENTO, SE HA RELACIONADO DURANTE MUCHOS AÑOS SÓLO CON LA ROTURA DE FIBRAS MUSCULARES.

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

En los últimos años, los avances que ha habido sobre la fisiología del músculo en ejercicio (Terrados, 1992) y sobre los mecanismos de fatiga muscular (Fernández-García y Terrados, 2004) han cambiado y ampliado mucho el conocimiento sobre el dolor muscular, así como los diferentes tipos de dolor muscular en el deporte.





A continuación revisaremos, de manera resumida, desde el punto de vista de la Medicina Deportiva, algunos de los tipos de dolor muscular. Incluyendo:

- ▶ Los diferentes tipos de lesión muscular (rotura fibrilar, rotura en la unión miotendinosa, rotura en la unión miofascial y rotura en el citoesqueleto) (A. Jokela *et al.*, 2022 y 2023).
- ▶ El dolor muscular por mecanismos de fatiga muscular, entre ellos; la fatiga y el dolor por falta de flujo sanguíneo (Fernández-García *et al.*, 2002) y/o la fatiga y el dolor por depleción del sustrato energético (Terrados *et al.*, 2009).
- ▶ El dolor muscular producido por la inflamación muscular de inicio retardado.
- ▶ El dolor muscular por los síndromes compartimentales y por patologías neurológicas (neuropatía periférica).

Dolor por lesión muscular



Las lesiones deportivas musculares, no solo son a nivel fibrilar, sino que, dependiendo del mecanismo de producción y del predominio del tipo de fibra muscular (rápida o lenta) hay diferentes tipos de lesión muscular (A. Jokela *et al.*, 2022 y 2023); rotura fibrilar, rotura en la unión miotendinosa, rotura en la unión miofascial y/o rotura en el citoesqueleto muscular. Por ser menos conocido, nos extenderemos específicamente en las lesiones del citoesqueleto muscular.

El citoesqueleto muscular

La célula muscular, además de las miofibrillas, tiene un esqueleto formado por tejido conectivo que lo sostiene y le da consistencia “y fuerza”.

Este citoesqueleto, es una de las estructuras que más se dañan con el ejercicio muy intenso. Y cursan con dolor, a veces diferido uno o dos días. Regenera bien, si se le da reposo activo.

El citoesqueleto responde a estímulos intensos reforzándose. Entre los estímulos que más aumentan la síntesis proteica del citoesqueleto están las microroturas de este citoesqueleto y la contracción muscular intensa, siendo mayor el estímulo de la contracción excéntrica (que tiene más posibilidad de producir micro roturas). (Fernández-García *et al.*, 2004).



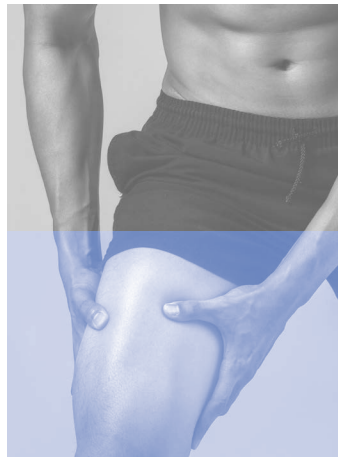
Dolor por fatiga muscular. También llamada periférica

Existe en deporte un dolor muscular por mecanismos de fatiga muscular (entre ellos, la falta de flujo sanguíneo (Fernández-García *et al.*, 2002) y/o de sustrato energético (Terrados *et al.*, 2009)).

En la fatiga muscular (también llamada fatiga periférica, para diferenciarla de la Fatiga Central) existe una alteración de la actividad contráctil muscular por debajo de la placa motora, generada por los mecanismos de fatiga que veremos mas adelante. Independientemente del lugar donde afecta la fatiga, el resultado es una disminución de fuerza y una alteración en la dinámica contráctil del músculo. Por último, son muchos los posibles lugares de aparición de la fatiga. El lugar de aparición de la fatiga dependerá del tipo de ejercicio o deporte que se realice y de su intensidad. (Fernández García y Terrados, 2004).

Los **principales mecanismos de la fatiga aguda** (Fernández García y Terrados, 2004):

1. Deplección de sustratos energéticos.
2. Acumulación de metabolitos.
3. Aumento de temperatura.
4. Alteraciones Hidroelectrolíticas.
5. Alteración en la captación de Aminoácidos Ramificados.
6. Alteración en las Enzimas kinasas.
7. Producción de Radicales libres.
8. Flujo sanguíneo.



A estos habría que añadirles el “Daño muscular inducido por el ejercicio”. Y además, cada vez se le da más importancia a los cambios en los niveles hormonales y en la inmunidad producidos por el ejercicio intenso. (Terrados *et al.*, 2009).



10

Ejemplo de mecanismos de fatiga que pueden cursar con dolor: Ejercicio dinámico de alta intensidad

Durante los ejercicios dinámicos de alta intensidad podríamos enunciar como factores fundamentales de **dolor muscular por fatiga** los siguientes mecanismos (Rodríguez-Alonso *et al.* 2003):

- ▶ Depleción del glucógeno muscular.
- ▶ Acúmulo de lactato con producción de hidrogeniones y caída de pH celular.
- ▶ Daño en el citoesqueleto.
- ▶ Menor flujo sanguíneo.



Dolor muscular por restricción de flujo sanguíneo



Se puede dar en el deporte de larga duración y movimientos cíclicos (por ejemplo; ciclismo de carretera, remo, etc). Y es parecido a la claudicación intermitente. Se produce, por una combinación de varios factores (movimientos repetidos, cizallamiento de una arteria, factores genéticos, flujos arteriales altos etc), un engrosamiento del endotelio arterial “endofibrosis”, que reduce la luz de la arteria y el flujo sanguíneo. Cursa con dolor e impotencia funcional de los grupos musculares irrigados.

La más conocida en la endofibrosis de la arteria iliaca en ciclistas profesionales (Fernández-García *et al.* 2002).



El dolor muscular producido por la inflamación muscular de inicio retardado

La inflamación-dolor muscular de inicio retardado (D.O.M.S.) se define como disconfort o sensibilidad dolorosa en la musculatura esquelética tras una actividad física desacostumbrada, con cierto grado de rigidez, tanto a la palpación como al movimiento.

Aparece en las primeras 24 horas tras el esfuerzo físico, con un pico entre 24 y 72 horas y suele desaparecer, dependiendo de su intensidad, entre los 3 y 7 días tras su inicio. En España se le denomina "agujetas".

Las agujetas son una alteración histopatológica del tejido muscular tras ser sometido a grandes tracciones, ya sea por la intensidad del ejercicio, por la falta de adaptación (ejercicios nuevos) o por el tipo de ejercicio (ejercicios excéntricos y/o estiramientos) (Owens *et al.* 2019). Curiosamente, en España, se ha relacionado con la producción de Lactato en el músculo. Lo cual es totalmente erróneo.

Actualmente se conoce más del daño muscular inducidos por ejercicios muy intensos y sobre todo de la importancia que tienen las microlesiones inducidas por el ejercicio, tanto a nivel de la miofibrilla como del tejido conectivo muscular. Así como de la importancia de los procesos de síntesis de colágeno y proteínas musculares. (Terrados y Calleja-González, 2008)

En resumen. Los ejercicios muy intensos (y nuevos), sobre todo con componente exceéntrico, pueden causar microlesiones musculares y salida de proteínas, junto con reacciones inflamatorias inducidas por infiltraciones de fagocitos. Cuando son leves, se las llama agujetas en España, pero en el mundo anglosajón se las llama; DOMS, es decir: Inflamación muscular de inicio retardado.

El dolor muscular por los síndromes compartimentales y por patologías neurológicas (neuropatías periféricas)

El dolor muscular por los síndromes compartimentales y por patologías neurológicas (neuropatías periféricas), como el Síndrome de Baxter (del nervio plantar), o la neuropatía del Nervio Tibial, o del nervio peroneo, son patologías que serán tratadas por otros especialistas. Principalmente por los especialistas en Dolor.





El dolor en el deportista

Los deportistas pueden mostrar una mayor tolerancia al dolor debido a varios factores:

- ▶ **Adaptación fisiológica** a los mecanismos de fatiga (ya mencionados anteriormente).
- ▶ **Adaptación mental.** Los deportistas desarrollan habilidades mentales para gestionar el dolor (una experiencia constante en su día a día) y no siempre señal de “alarma”. Esta gestión les permite mantenerse enfocados en sus objetivos durante largos periodos de entrenamiento y también durante la competición. Además, les permite diferenciar el dolor “benigno” del entrenamiento y las señales de lesiones graves (Kress, 1999).
- ▶ **Habitación.** La exposición repetida al dolor lleva a una habitación gradual pudiendo reducir la percepción subjetiva del mismo (Gauron y Bowers, 1986).

Es importante destacar que la tolerancia al dolor varía entre individuos y depende de múltiples factores (experiencias previas, situación emocional del deportista, genética, etc.). La finísima “línea” entre el dolor “productivo” del entrenamiento y el dolor que indica lesión requiere una gestión exhaustiva tanto por parte del deportista como del entrenador para poder prevenir lesiones o estados de sobre entrenamiento (Prokop, 2000).

La mentalidad competitiva puede llevar a los deportistas y técnicos a ignorar o minimizar el dolor en aras de la competición, lo que puede tener implicaciones negativas para la salud del deportista a medio y largo plazo (Lazarus, 2000).

En resumen, la relación entre los deportistas y el dolor es multifacética siendo definitorias la adaptación fisiológica, la gestión mental y el equilibrio entre Rendimiento y Salud.



MECANISMOS DE FATIGA EN EL FÚTBOL Y SU RELACIÓN CON LAS LESIONES

13

Mecanismos y causas de la fatiga en el fútbol ◀

Otros factores a considerar en el análisis de la fatiga en el fútbol ◀

Factores de riesgos de lesiones ◀

Conclusiones ◀

▶ Mecanismos y causas de la fatiga en el fútbol



Francisco Prieto Rodríguez

EL TIPO E INTENSIDAD DE DESPLAZAMIENTO HA SIDO TRADICIONALMENTE UTILIZADO COMO INDICADOR DE FATIGA EN FÚTBOL. SE HA PODIDO CONSTATAR QUE LOS FUTBOLISTAS RECORREN MÁS DISTANCIA EN EL PRIMER TIEMPO QUE EN EL SEGUNDO, PUDIENDO SER UN 18% MAYOR, INDEPENDIEMENTE DE LAS POSICIONES (BRADLEY, DI MASCIO, PEART, OLSEN, Y SHELDON, 2010). ES MÁS, PARECE QUE EXISTE UN DESCENSO EN LA CANTIDAD DE ESFUERZOS DE ALTA INTENSIDAD REALIZADOS POR LOS JUGADORES HACIA EL FINAL DEL ENCUENTRO.

CENTRO OLÍMPICO DE ESTUDIOS SUPERIORES, COE, MADRID.

Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi e Impellizzeri (2007) demostraron que la distancia total recorrida a diferentes intensidades en la primera mitad influye significativamente las distancias recorridas en la segunda mitad, y Bradley *et al.* (2009) señalaron que en los últimos 15 minutos del partido, la distancia recorrida a alta intensidad es un 20% menor respecto los 15 primeros minutos, independientemente de la posición del jugador. Además, el descenso en la carrera de alta intensidad inmediatamente posterior al periodo de 5 minutos más intenso se sitúa alrededor del 8% (Bradley y Noakes, 2013), y parece ser más evidente en los delanteros y en los defensores centrales (Bradley *et al.*, 2009).



Recientemente se ha demostrado que los **perfiles de actividades realizadas en la primera parte tienen un** impacto significativo en la recuperación posterior a periodos de 5 minutos de elevada intensidad realizados en la segunda parte (Sparks, Coetzee, y Gabbett, 2016).

Mientras dichas diferencias entre la respuesta física entre la primera y segunda mitad siguen observándose por ejemplo en ligas de menor nivel competitivo o en el fútbol femenino, existen otros contextos de entrenamiento en los que estas diferencias ya no se observan (Bradley, Dellal, Mohr, Castellano, y Wilkie, 2014; Ingebrigtsen, Dalen, Hjelde, Drust, y Wisløff, 2015). Es posible, por tanto, que en ciertos niveles de rendimiento, con equipos y jugadores del más alto nivel estas diferencias ya no se aprecien. Utilizar rangos de alta velocidad para determinar la variabilidad de los esfuerzos entre un los jugadores también puede ser debatible, pues la individualización de los umbrales de carrera a alta velocidad de acuerdo a las características físicas podrían ser unos indicadores más estables del rendimiento en distancias recorridas y de la aparición de la fatiga (Carling, Bradley, McCall, y Dupont, 2016).

Además, no se han observado **descensos en la velocidad de sprint** durante las secuencias de, al menos, 3 sprints consecutivos con una recuperación menor de 30 segundos entre los esfuerzos, sugiriendo que las cortas aceleraciones podrían ser más importantes en situaciones específicas de partido (Schimpchen, Skorski, Nopp, y Meyer, 2016).



Las mediciones de rendimiento físico también se han utilizado como indicadores de fatiga. Así, la fatiga post-partido puede ser evidente por la reducción del rendimiento en sprint y salto vertical (Rampinini *et al.*, 2011). Estas pérdidas se asocian a la actividad desarrollada durante el partido (Krustrup *et al.*, 2011). Esa disminución del potencial físico se han asociado tradicionalmente a fatiga fisiológica (Mohr, Krustrup, y Bangsbo, 2005; Rampinini *et al.*, 2007), diferenciando los mecanismos causantes en función del periodo temporal. La fatiga después de periodos de ejercicio intenso en ambas partes se relaciona con alteraciones en la homeostasis de los iones musculares y una deteriorada excitación del sarcolema muscular; en la fase inicial de la segunda mitad parece deberse a la menor temperatura muscular en comparación con el final de la primera mitad; y en la fase final del partido puede ser causada por bajas concentraciones de glucógeno muscular (Mohr *et al.*, 2005).





El deterioro de la fuerza absoluta en presencia de fatiga muscular aguda aparece reflejado en la paralela depleción de las reservas de glucógeno en los músculos activos. Las reservas de glucógeno no siempre llegan a la depleción total durante un partido de fútbol, pero se han constatado importantes reducciones musculares de este sustrato energético (Bangsbo, Mohr, y Krusturp, 2006), aunque depende de un gran número de diferencias interindividuales como la motivación, capacidad física, rol táctico, etc. El descenso de la capacidad glucolítica y del glucógeno muscular se asocian a la disminución de la concentración de lactato sanguíneo ([La]) en la segunda parte respecto de la primera, y a su vez, a la reducción de la distancia e intensidad con el transcurso del partido. Esta reducción del lactato, unida al incremento de la concentración plasmática de ácidos grasos libres, se ha interpretado como una modificación de la tendencia en la utilización de los sustratos energéticos (Bangsbo, 1994; Krusturp *et al.*, 2006) en tanto que la modificación y reducción de los esfuerzos predominantes en torno a los últimos minutos sugiere una alteración en la manifestación físico-condicional del jugador en la fase final de los encuentros.

La competición también puede ocasionar **estrés hormonal** que conduzca a un aumento de diversas sustancias conocidas por su influencia sobre la función leucocitaria, cuya número y funcionalidad puede verse reducida tras el ejercicio intenso (Nieman y Bishop, 2006). Junto a ello, la deshidratación y la hipertermia también han sido propuestas como agentes responsables de la fatiga aguda en el fútbol. Los jugadores pueden experimentar pérdidas de más de tres litros de fluido, llegando hasta los 4-5 l. en condiciones de elevada temperatura y humedad (Bangsbo, 1994), las cuales están ligadas a descensos en el rendimiento. Se ha observado una gran correlación ($r = 0,73$) entre la pérdida neta de líquido durante el partido y el índice de fatiga en pruebas de sprint posteriores al partido (Mohr *et al.*, 2010). Conjuntamente, pérdidas de masa corporal de 1-2 % contribuyen a la aparición de hipertermia (Cable y Bullock, 1996). En el fútbol, la temperatura central media oscila entre los 39.0 y los 39.5° C, alcanzándose valores por encima de los 40° C, que podrían ser lo suficientemente elevados como para inducir fatiga central por deterioración de la función cerebral (Mohr *et al.*, 2005).



La fatiga central podría ser un factor inherente en el juego, siendo más importante hacia el final del partido. Parece ser que no tiene un efecto claro en algunas de las variables de rendimiento físico, pero deteriora el rendimiento técnico (Badin, Smith, Conte, y Coutts, 2016), la precisión y la velocidad en la toma de decisiones (Smith *et al.*, 2016). Consecuentemente, también debería considerarse en el proceso de entrenamiento y recuperación en fútbol. De hecho, estudios de nuestro grupo de trabajo en baloncesto (Schelling, Calleja-González, Torres-Ronda, y Terrados, 2015) muestran alteraciones en los ejes hormonales relacionados con fatiga central, y que pueden extrapolarse al fútbol.

Por tanto, la fatiga está determinada por una combinación de factores centrales (reguladores de la actividad de la célula muscular y la producción de energía) y periféricos (Rampinini *et al.*, 2011) y que pueden verse alterados en ambientes cálidos y húmedos, y en sujetos deshidratados. Aun así, es complicado estimar la influencia que tiene la fatiga de los futbolistas en relación a sus patrones de actividad física si no se analiza teniendo en cuenta los diferentes factores que pueden influir en ella.

Otros factores a considerar en el análisis de la fatiga en el fútbol

El descenso de actividad física durante un partido de fútbol no es una única consecuencia de la fatiga fisiológica de los futbolistas. El fútbol es un deporte predominantemente técnico-táctico y desarrollado en un contexto estratégico. Por ello, los jugadores de fútbol regulan sus esfuerzos de acuerdo a las demandas específicas de cada partido, así que las variables contextuales deben tenerse en cuenta durante la evaluación de los aspectos físicos de rendimiento en el fútbol (Lago - Peñas, 2012). De hecho, los descensos en el tipo e intensidad de desplazamientos podrían deberse a estrategias conscientes o inconscientes de los jugadores que les permitan estar a un buen nivel técnico-táctico durante las últimas fases del partido.

El ritmo de trabajo de los futbolistas está influenciado por el perfil de actividad de los oponentes. Una de las posibles razones de la disminución en el rendimiento podría ser la repetida presión de los oponentes sobre un jugador en concreto, generando eventualmente una incapacidad para responder a las demandas del juego (Lago - Peñas, 2009). Rampinini *et al.* (2007) señalaron que la distancia total y distancia recorrida a alta intensidad es mayor cuando se compite contra mejores equipos en comparación a la competición con peores equipos. Otros estudios también sugieren que cuanto peor es la calidad del oponente, menor es la distancia recorrida por el equipo de referencia (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2005).



Además, el sistema táctico utilizado parece influir en el tipo e intensidad de los desplazamientos (Bradley *et al.*, 2011), así como en intercambio de posiciones durante el partido (Schuth, Carr, Barnes, Carling, y Bradley, 2016). Iniciar el partido como titular o suplente también determina la intensidad de los desplazamientos durante el mismo periodo de tiempo, siendo un 15% mayor en los suplentes durante ese periodo de tiempo (Bradley y Noakes, 2013).



El marcador es un factor fundamental, pues se ha observado que recorren menos distancia a alta intensidad cuando tienen el marcador a favor (Bloomfield *et al.*, 2005), ya que cuando pierden necesita aumentar la intensidad con el fin de hacerse con el móvil e intentar anotar gol, y cuando se anota un gol puede haber relajación debido a su ventaja. La localización del partido (jugar en casa o fuera) también parece influir, en tanto que los jugadores que compiten como local cubren una distancia a baja intensidad mayor que los visitantes (Lago-Peñas, 2009). Las causas precisas no están claras, pero las explicaciones más plausibles son: efectos de los espectadores, efectos del viaje, familiaridad, influencia en el árbitro, territorialidad, tácticas específicas y factores psicológicos (Pollard, 2008). Otros factores que pueden determinar el ritmo de trabajo de los jugadores son las condiciones climáticas y el tipo de terreno (por ejemplo, hierba natural, fangosa, nevadas, artificial) (Pinnington y Dawson, 2001).

La respuesta física de los futbolistas tampoco parece relacionarse con el éxito en un partido o la clasificación final obtenida en una competición (Solla, 2014), así que el rendimiento físico de los equipos debe analizarse valorando las características concretas de cada partido.





Factores de riesgos de lesiones

Como señala Merayo, (2011) los deportistas en su búsqueda por el perfeccionamiento de técnicas propias del deporte y la obtención de un estado físico que lleve a la obtención de logros deportivos pueden realizar incrementos desmedidos en las cargas de entrenamiento. Esto podría desencadenar en un sobre entrenamiento, estado que hace que disminuya el rendimiento y que exista una causa física, enfermedad o lesión evidente. Situación que persiste en el tiempo a pesar de existir periodos semanales o mensuales de recuperación.

Refieren Read *et al.* (2016b) que la acumulación de horas altas de entrenamiento y el impacto del aumento del volumen para atletas jóvenes que están experimentando un rango de crecimiento y maduración inciden en el riesgo de lesión. En este sentido los autores recomiendan propuestas que incluyan un volumen reducido de entrenamiento en las fases de crecimiento y maduración y pautas para la provisión de una variedad mayor de actividades físicas que se integren en los componentes del programa.

El estudio de Todeschini *et al.* (2019) analizó a 39 futbolistas profesionales, registrando datos como: la edad, la posición en el campo, el Índice de Masa Corporal (IMC), la carga de entrenamiento semanal, la duración de la carrera y el historial de lesiones en el muslo / rodilla y dolor lumbar encontrando en 15 jugadores con pubalgia de ellos dos con hernia inguinal, refiriendo una asociación entre pubalgia e IMC alto ($p=0,032$). Cuatro jugadores con pubalgia tenían alteraciones en la aponeurosis común de los músculos rectos abdominales/ abductores largos, mientras que ningún participante del grupo de control presentaba estas alteraciones ($p=0,017$).

En esa perspectiva Todeschini *et al.* (2019) concluyen que la evaluación de la pubalgia atlética debe realizarse con radiografía, ecografía y resonancia magnética. Un IMC alto, lesiones musculares, geodas y osteofitos son hallazgos asociados con la pubalgia; la ecografía tiene una sensibilidad baja para detectar lesiones de la aponeurosis común de los músculos recto del abdomen/aductor largo.



Orejel *et al.* (2021) mencionan como factores de riesgo determinantes la: biomecánica alterada del movimiento Rum *et al.* (2021), morfología y factores anatómicos Sandrey *et al.* (2018), composición corporal Rappole *et al.* (2017), alteración de la densidad ósea o nivel de vitamina D, Rappole *et al.* (2017), edad Nagai *et al.* (2017), fracturas por estrés Nagai *et al.* (2017), así mismo se pueden mencionar:

- ▶ Lesiones previas.
- ▶ Sobrecarga física y fatiga.
- ▶ Déficit de flexibilidad.
- ▶ Insuficiente desarrollo de la resistencia a la fuerza isométrica de los músculos estabilizadores.
- ▶ Desbalance músculo-tendón entre la contracción muscular de los cuádriceps, el tendón de la corva y los músculos isquiotibiales.
- ▶ Altos volúmenes de cargas y horas de entrenamiento.
- ▶ Escaso entrenamiento excéntrico.
- ▶ Trabajos específicos como coordinación intramuscular.

Siguiendo la identificación de los factores de riesgo de lesiones, Read *et al.* (2016a) aboga por un **necesario desarrollo de programas individualizados para reducir su riesgo y las lesiones más frecuentes**. Cabe señalar que, desde el campo de intervención de la actividad física y el deporte, se pueden implementar como medidas de prevención primaria el ejercicio físico, calentamiento, entrenamiento postural, de fuerza, de flexibilidad, de equilibrio, excéntrico, propioceptivo, para los músculos estabilizadores y trabajo en desequilibrios artromusculares, son alternativa viable, accesible y factible para prevenir lesiones en el fútbol.



Conclusiones



Prestar una especial atención a las demandas que el entrenamiento y la competición generan en el futbolista, analizar las causas del rendimiento físico mostrado por el jugador en cada partido o entrenamiento y evitar aplicar ciertos estímulos y en determinados momentos que puedan afectar negativamente al rendimiento. De hecho, conocer el tipo de fatiga es fundamental para poder identificar la estrategia de recuperación idónea.

Consecuentemente, y a pesar de que los factores que influyen en la fatiga y el EIMD en el fútbol son muy diversos, deben conseguir un óptimo balance entre el estrés fisiológico y la recuperación necesaria. Así se aseguraría una condición física suficiente para dar soporte a la respuesta física que exige cada modelo de juego propuesto por el cuerpo técnico, y que dicha respuesta sea estable durante toda la competición, para que los jugadores puedan expresar sin limitaciones físicas su potencial técnico-táctico en entrenamientos o partidos.





La respuesta motora de un deportista es el resultado de tres sistemas de procesamiento: el **perceptivo-interpretativo**, el de **decisión**, y el de **acción (Figura 1)**. Estos tres sistemas funcionan secuencialmente, si bien con realimentación intrínseca y extrínseca entre ellos y con contribución de la memoria experimental del deportista. Este modelo básico, propuesto por Welford (1960)^[3] ha sido revisado y enriquecido por otros investigadores, si bien se mantiene aceptado en su descripción fundamental.

El **sistema perceptivo-interpretativo** recibe una cantidad enorme de información sensorial externa a través de los sentidos (visual, auditivo, táctil, olfativo, gustativo) e información sensorial interna (propioceptiva y vestibular). Es el responsable de dirigir la atención del atleta para la organización e interpretación de la información sensorial relevante, descartar la irrelevante, y así maximizar el rendimiento. Tradicionalmente, la **percepción visual** se ha modelado como un proceso ascendente, con una cadena neuronal de la señal visual desde la retina hacia el núcleo geniculado lateral, llegando al córtex visual primario. Desde este punto, la señal neuronal se remite a regiones más complejas de procesamiento visual sintonizadas con propiedades específicas del estímulo visual. La señal se divide en dos canales neuronales: el canal dorsal que proyecta desde la corteza occipital hasta la corteza parietal posterior proporciona información de propiedades espaciales (el "dónde") y el canal ventral, a través del córtex temporal inferior, proporciona más información sobre detalles e identificación de los objetos percibidos (el "qué"). Estos dos canales convergen en áreas del córtex prefrontal y del córtex parietal posterior, proporcionando información significativa para asistir a la toma de decisiones.

Este modelo tradicional ascendente ha sido modificado con procesamiento descendente complementario. Los nuevos modelos indican que el foco atencional y la experiencia previa dirigen el proceso de selección de la información relevante^[4,5]. De esta forma mejora la eficiencia y se reduce el tiempo de reacción. El córtex prefrontal y el córtex parietal posterior dirigen este proceso.

En el caso de información visual disruptiva (por ejemplo, la aparición de una amenaza inmediata), el proceso es básicamente ascendente, mientras que en la atención dirigida a un reto (por ejemplo, el lanzamiento de un penalti en fútbol), el proceso es descendente y dirigido por el córtex prefrontal y el córtex parietal posterior.



La información sensorial procesada por el mecanismo perceptivo se comunica al **sistema de decisión** para determinar las estrategias de respuesta motora apropiadas. El mecanismo de decisión puede incluso inhibir la respuesta, pues en ocasiones la mejor reacción es no hacer nada o hacer justo lo contrario. La experiencia del deportista es básica en la efectividad de esta segunda etapa. El sistema de decisión selecciona y envía al **sistema de acción** la respuesta motora deseada. En la acción se organizan, inician y controlan las señales neuronales adecuadas de respuesta. Información sensorial propioceptiva y exterior es procesada de forma continua por los mecanismos anteriores para permitir el control y ajuste de la respuesta motora cuando se dispone de tiempo suficiente para modificarla.

Este modelo proporciona una estructura conceptual para entender el rendimiento de un deportista ante un estímulo visual. Permite organizar las propiedades del sistema visual del deportista que debemos evaluar y entrenar para maximizar su rendimiento.

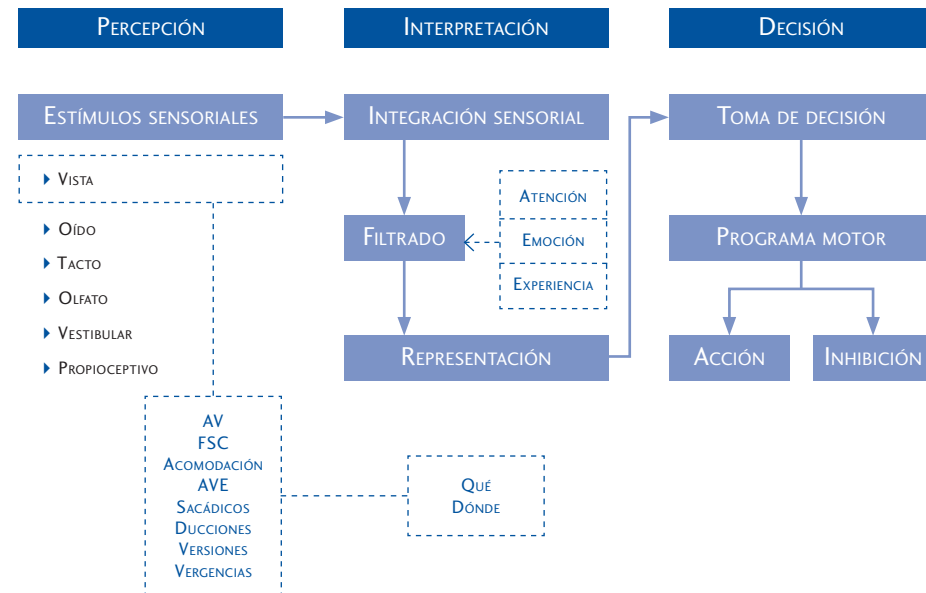
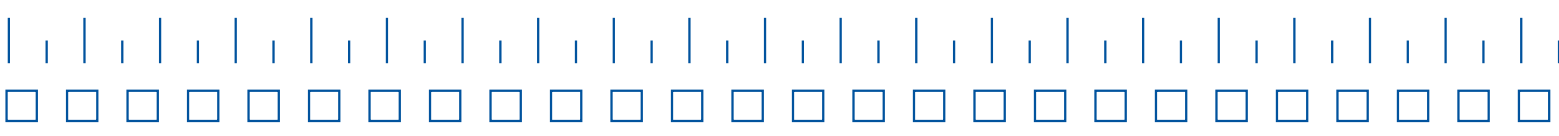
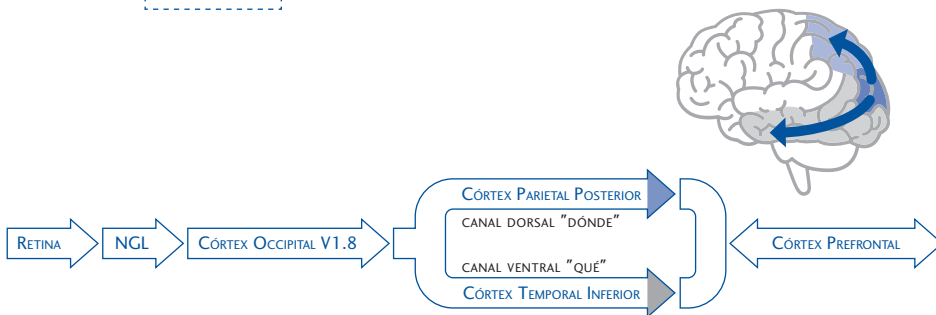


Figura 1. Etapas del procesamiento visual.



Abordaje optométrico ◀ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻ ◻

El éxito del deportista, desde el punto de vista visual, se logra optimizando cada eslabón de la cadena de procesamiento visual. La titulación que cualifica en España para esta tarea es la Óptica-Optometría. Evidentemente en cada deporte las demandas visuales son diferentes: **identificar las habilidades visuales relevantes** para una práctica deportiva determinada es la primera tarea del responsable del entrenamiento visual deportivo. Numerosas publicaciones científicas han abordado el problema, y sus conclusiones se han recogido en instituciones como la American Optometric Association - Sports Vision Section (www.aoa.org).



El Óptico-Optometrista responsable del entrenamiento, una vez definidas las **habilidades visuales** críticas, debe **evaluar** la visión del deportista y diseñar un programa de **entrenamiento** adecuado. La **evaluación del mecanismo perceptivo** incluye el estado refractivo, la agudeza visual estática y dinámica, la sensibilidad al contraste, la estereoagudeza, estado binocular, rangos y flexibilidad vergencial, la evaluación del sistema acomodativo, movimientos oculares (versiones, sacádicos, fijación), campo visual, etc.

Muchos deportes implican tareas de discriminación visual en condiciones de iluminación no óptimas debido a condiciones ambientales variables, y los atletas deben realizar juicios sobre estímulos en movimiento, siendo la agudeza visual dinámica y la sensibilidad al contraste relevante^[6]. En otros se requiere una sincronización rápida del sistema acomodación-vergencia, alternando entre estímulos cercanos y lejanos, lo que requiere analizar la flexibilidad vergencial y el sistema acomodativo en más detalle^[7]. En otros deportes, como el golf o el tiro, la habilidad de mantener una fijación estable es vital para un buen rendimiento^[8]. Finalizando estos ejemplos, la velocidad de respuesta ante estímulos periféricos es una habilidad clave en otras disciplinas^[9].





La **interpretación** que el atleta realiza a partir de la percepción de su entorno debe ser rápida y precisa. Los estudios evidencian una mejor velocidad de inspección en atletas frente a no atletas^[10]. En deportes dinámicos es habitual que el atleta deba hacer un seguimiento visual de sus compañeros y oponentes mientras, simultáneamente, se mueve en respuesta al juego. Debe extraer información visual de un entorno dinámico con múltiples elementos para tomar decisiones motoras (atención distribuida)^[11]. Conforme el número de elementos se incrementa, los recursos atencionales del atleta se someten a mayor estrés, disminuyendo el rendimiento del atleta. La visualización o creación de una imagen mental permite al deportista recrear en su imaginación objetos, eventos o situaciones a las que se puede enfrentar durante el juego. Las investigaciones sugieren que esos mapas mentales conviven con los procesos cognitivos durante el juego^[12].

El aspecto final a evaluar es el rendimiento de los sistemas de **decisión-acción**. El tiempo de reacción visuo-motor se refiere al tiempo entre la exposición a un estímulo visual y la respuesta motora asociada. Incluye todos los elementos considerados hasta aquí, desde la percepción del estímulo por las células de la retina, la interpretación en el córtex visual, y la selección y ejecución del programa motor muscular apropiado de respuesta^[13]. El tiempo de respuesta periférico, es la habilidad de realizar respuestas ante estímulos visuales que se muestran en la periferia del campo visual^[14]. Para evaluar la capacidad del deportista de controlar la respuesta se recurre a estímulos “go/no-go” o “stroop” en la literatura sajona, que podemos traducir por respuesta inhibida^[15]. Otra habilidad que se debería evaluar es la coordinación de los movimientos oculares con el movimiento del cuerpo durante el juego. Se han diseñado test donde el atleta debe mantener el equilibrio mientras su sistema visual está realizando seguimientos o movimientos sacádicos^[16]. Finalmente, el tiempo de anticipación es la capacidad de predecir la trayectoria y momento adecuado de respuesta frente a un objeto o estímulo en movimiento, relevante en deportes como el tenis, por ejemplo^[17].





Objetivo



Evaluar el rendimiento del sistema visual de una población utilizando un sistema de realidad virtual y correlacionar los resultados con el nivel de actividad deportiva.

Material y métodos



Se realizó un estudio prospectivo de una serie de casos, con un total de 45 voluntarios de entre 23 y 54 años, 30 mujeres y 15 hombres, para conocer las diferencias en el tiempo de localización visual de un estímulo y el tiempo de reacción al mismo.

Todos los voluntarios se encontraban en un estado de salud y físico óptimo y se descartó cualquier patología ocular mediante un examen optométrico y oftalmológico completo.

Los examinados cumplimentaron inicialmente el cuestionario corto IPAQ, International Physical Activity Questionnaire^[18], mediante el cual se puede clasificar el nivel de actividad física en baja, media o alta según las respuestas.

Seguidamente realizaron un test con el programa de realidad virtual VSport® (www.visionarysport.com, Visionary Tool, S.L.®) con la gafa HTC Vive Pro Eye™, la cual lleva incorporada un sistema de seguimiento ocular (eye tracker).

El test consistió en la repetición de una prueba básica de localización–interpretación –respuesta de un minuto de duración (**Figuras 2 y 3**). El estímulo visual utilizado era una esfera con la imagen de una flecha dirigida aleatoriamente a derecha o a izquierda.



Esta esfera se mostraba en cada prueba durante 3 segundos, en una posición aleatoria dentro de un espacio virtual de 1,5 metros de alto, 2 metros de ancho y 1,5 metros de profundidad. El voluntario debía localizar visualmente la esfera e inmediatamente golpear uno de los dos pulsadores virtuales frente a él, indicando si la dirección del estímulo era derecha o izquierda. Para ello disponía de dos mandos físicos, uno en cada mano, que se proyectan de forma virtual en la escena. En cada prueba se registraba el tiempo de localización (gracias al eye tracker), el tiempo de respuesta (golpe sobre el pulsador virtual) y el acierto/fallo de la respuesta.

Los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS®.

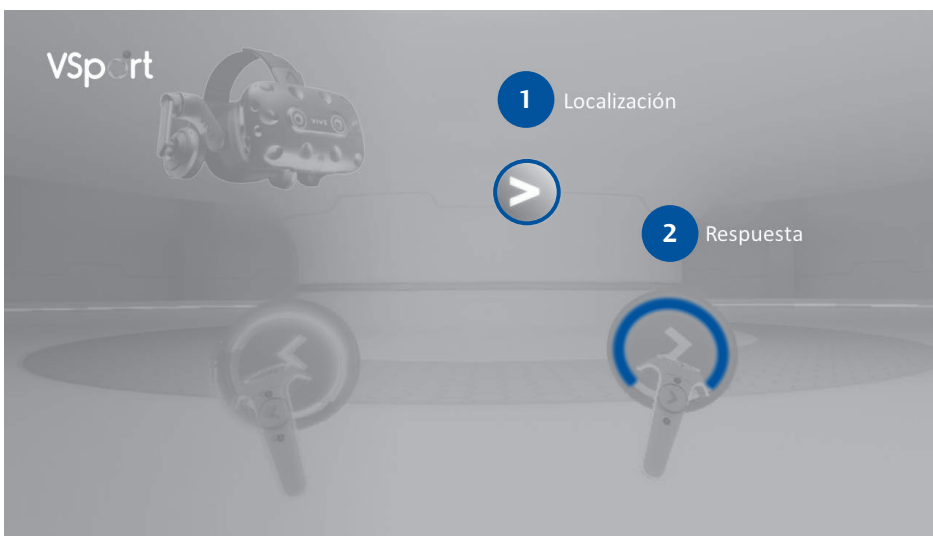


Figura 2. Prueba básica localización-interpretación-respuesta (VSport): vista del jugador en el espacio virtual.

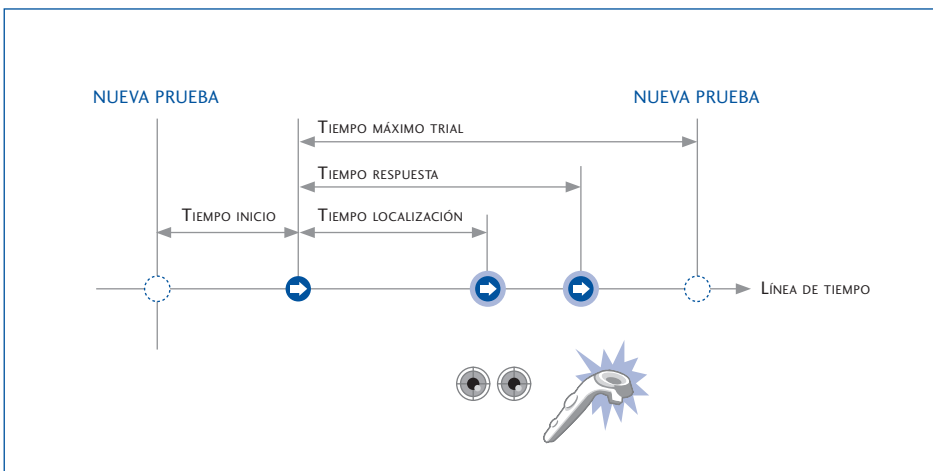


Figura 2. Prueba básica localización-interpretación-respuesta (VSport): diagrama de tiempos de localización y respuesta.



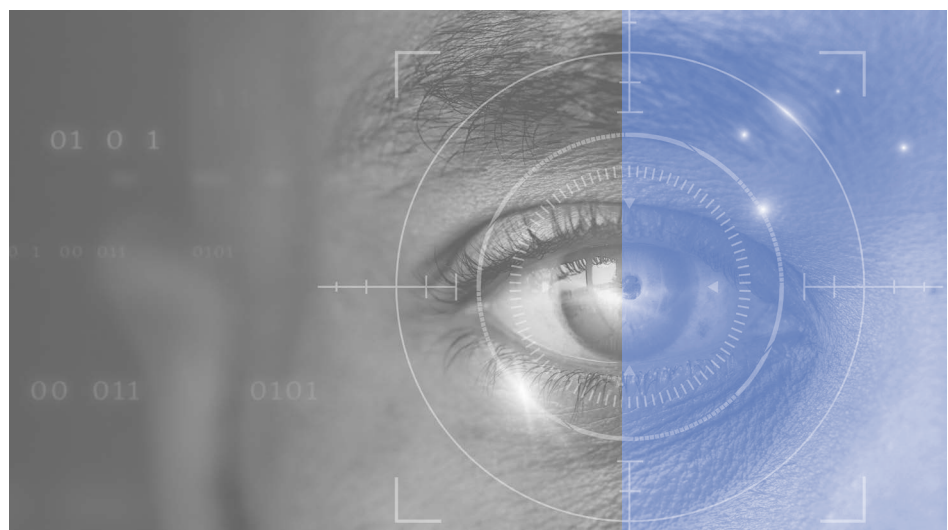
Resultados



Los voluntarios fueron clasificados según el cuestionario IPAQ en 3 grupos según el nivel de actividad física. Los grupos más numerosos son los que tienen una actividad física baja y media, mientras que el grupo de actividad física alta es más reducido. Los rangos de edad son similares entre ellos. Para cada voluntario se obtuvo el tiempo de localización visual (gracias al sistema de eye-tracker), el tiempo de reacción motora, así como el número de aciertos y errores durante el test. Las medias y desviaciones se muestran en la **Tabla 1**.

TABLA 1

ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)	BAJA	MEDIA	ALTA
N (PERSONAS)	15	27	3
EDAD (AÑOS)	38,00 1 10,31	38,77 1 8,07	36,76 1 8,62
TIEMPO DE LOCALIZACIÓN VISUAL (MS)	434 1 64	344 1 61	284 1 19
TIEMPO DE REACCIÓN (MS)	1003 1 208	824 1 88	750 1 124
ACIERTOS	24,27 1 3,53	28 1 2,01	28,33 1 0,57
ERRORES	2,71 1 2,23	1,52 1 1,55	1 1 0,99





Discusión

Los resultados muestran que el tiempo de localización visual, el tiempo de reacción y el número de errores cometidos al señalar la dirección del estímulo es menor cuanto mayor es el nivel de actividad física. No por esperado resulta menos interesante la posibilidad de detectar estas diferencias con una prueba sencilla.

El sistema utilizado, un juego específicamente diseñado utilizando gafas de realidad virtual, es una actualización de un dispositivo habitualmente utilizado en entrenamiento visual deportivo, los denominados semáforos. Los semáforos son dispositivos del tamaño de un teléfono móvil que se conectan a una centralita: cada semáforo muestra una información gracias a una pantalla de leds (generalmente letras o flechas, en distintos colores) y detecta si el deportista acerca la mano gracias a un sensor de proximidad. Aunque el sistema de semáforos es muy versátil, admitiendo distintas configuraciones, su traslado a un entorno de realidad virtual tiene ventajas importantes: los semáforos virtuales pueden desplazarse a diferentes velocidades y en diferentes direcciones, perciben si sobre ellos se dirige la mirada del jugador (gracias al eye tracker) o si se actúa con el mando virtual, su apariencia puede variar con infinitas opciones, pueden mostrarse sólo en posiciones predefinidas del campo visual del jugador (para entrenar su visión periférica) e incluso es posible simular el efecto estroboscópico (para entrenar la anticipación).

Este estudio aborda la evaluación del procesamiento visual en deportistas. La principal limitación del estudio es el reducido tamaño de muestra del grupo de alta actividad física. La prueba realizada es básica, respuesta a un estímulo en dos posibles direcciones, aunque el sistema permite realizar test más complejos: por ejemplo incorporando distractores y dotando de movimiento a los semáforos (para aumentar la dificultad de la búsqueda visual), o incorporando el efecto go-no go en la respuesta (tiempo de respuesta inhibida). Todo ello permitiría una mejor caracterización del deportista.



Conclusiones

La visión deportiva como disciplina pretende ayudar a los atletas a mejorar su rendimiento y ganar una ventaja competitiva mediante la mejora de sus habilidades visuales. Los datos analizados muestran que el rendimiento en una prueba en un sistema de realidad virtual de localización, interpretación y respuesta está relacionado con la actividad deportiva.



NUEVAS APLICACIONES DEL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD/HIPOXIA

- ▶ Introducción
- ▶ Vivir abajo y entrenar arriba; “living low-training high” (LLTH)
- ▶ Posibles mecanismos de adaptación al LLTH
- ▶ Modalidades de LLTH
- ▶ El uso terapéutico de la hipoxia. Ejercicio en hipoxia para tratamiento o prevención de patologías

Introducción ◀

Nicolás Terrados



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

EN ENTRENAMIENTO EN ALTURA Y/O EN SIMULADORES DE ALTURA, SIGUE SIENDO MUY UTILIZADO EN EL DEPORTE DE ALTO NIVEL. CON LOS NUEVOS HALLAZGOS RELACIONADOS PRODUCCIÓN EL ALTURA DE LOS FACTORES DE CRECIMIENTO INDUCIDOS POR LA HIPOXIA (HIF), LA APLICACIÓN DE LA HIPOXIA, SE UTILIZA MAS Y SE CENTRA EN CUATRO ÁREAS (MILLET Y GIRARD , 2017):

- ▶ El ejercicio continuado de alta intensidad en hipoxia.
- ▶ El entrenamiento de esprines repetidos en hipoxia.
- ▶ El entrenamiento de fuerza en hipoxia.
- ▶ El uso terapéutico de la hipoxia.



Siendo todos ellos, cada vez más, realizados de manera intermitente y a veces con simuladores de altura/hipoxia, para no tener que desplazar al deportista. Siguiendo el modelo general de vivir abajo y entrenar arriba, “living low-training high” (LLTH), con todas sus variantes; entrenar en altura real (hipoxia hipobárica), altura simulada (hipoxia normobárica o hipobárica), restricción de flujo sanguíneo, hipoventilación, etc.

El modelo de entrenamiento “living low-training high” (LLTH) vuelve a ser muy utilizado en el deporte de alto rendimiento.

Desde los Juegos Olímpicos de 1968 en México, las estancias en altura han sido muy populares en los deportistas de resistencia, para mejorar su rendimiento aeróbico. Este entrenamiento en altura o en hipoxia (Altitud/hipoxia) se utiliza con frecuencia por deportistas de elite, generalmente a moderada altitud (1,800–2,500 m), este método es llamado “living high-training high” (LHTH) (Millet *et al.*, 2010). Después se añadió una variación; entrenado a nivel del mar y viviendo en altura; “living high-training low” (LHTL). (Terrados, 1992)

Más recientemente se está utilizando el entrenamiento en altitud/hipoxia en deportes de equipo (Girard *et al.*, 2020). Pero las dificultades para desplazar el equipo a localizaciones de altura (hipoxia hipobárica) lo hacen más difícil y costoso económicamente, por lo que se está tendiendo a la utilización de “habitaciones de altitud simulada” o aparatos simuladores (hipoxia normobárica). Así pues, cada vez es más frecuente ver a deportistas de elite entrenando en hipoxia, utilizando diferentes tecnologías, siendo este método llamado “living low-training high” (LLTH). Este método no necesita que el deportista se desplace, ni que altere su rutina y descanso diario.

Vivir abajo y entrenar arriba; “living low-training high” (LLTH)

Posibles mecanismos de adaptación al LLTH

Si bien hay dudas sobre la posibilidad de que el LLTH puede inducir beneficios hematológicos, lo que sí parece claro es que la exposición aguda a la hipoxia, sumada a la hipoxia local que produce el propio ejercicio, aumenta unas determinadas transcripciones, inducidas por los aumentos en los factores de crecimiento inducidos por la hipoxia (HIF) en concreto los HIF-1 α (Ameln *et al.* 2005). La combinación de estos dos “estresores”; ejercicio+hipoxia ejercerán un estímulo mayor de la actividad de la HIF-1 α , que regula genes relacionados, entre otros, con la eritropoyesis, la respuesta vasodilatadora, la glucólisis y la regulación del pH. Por ello, con entrenamientos LLTH se han descrito adaptaciones musculares mayores que el mismo entrenamiento a nivel del mar. Entre ellas; el número de capilares por fibra, el grosor de la fibra, el contenido de mioglobina y la actividad de las enzimas oxidativas (Terrados y col., 1990; Brocherie y Millet, 2020). Y a nivel práctico; mayor capacidad tampón muscular, mayor tolerancia al lactato y mejor extracción y utilización del O₂ en el músculo. Todo ello mejoraría la tolerancia al ejercicio.

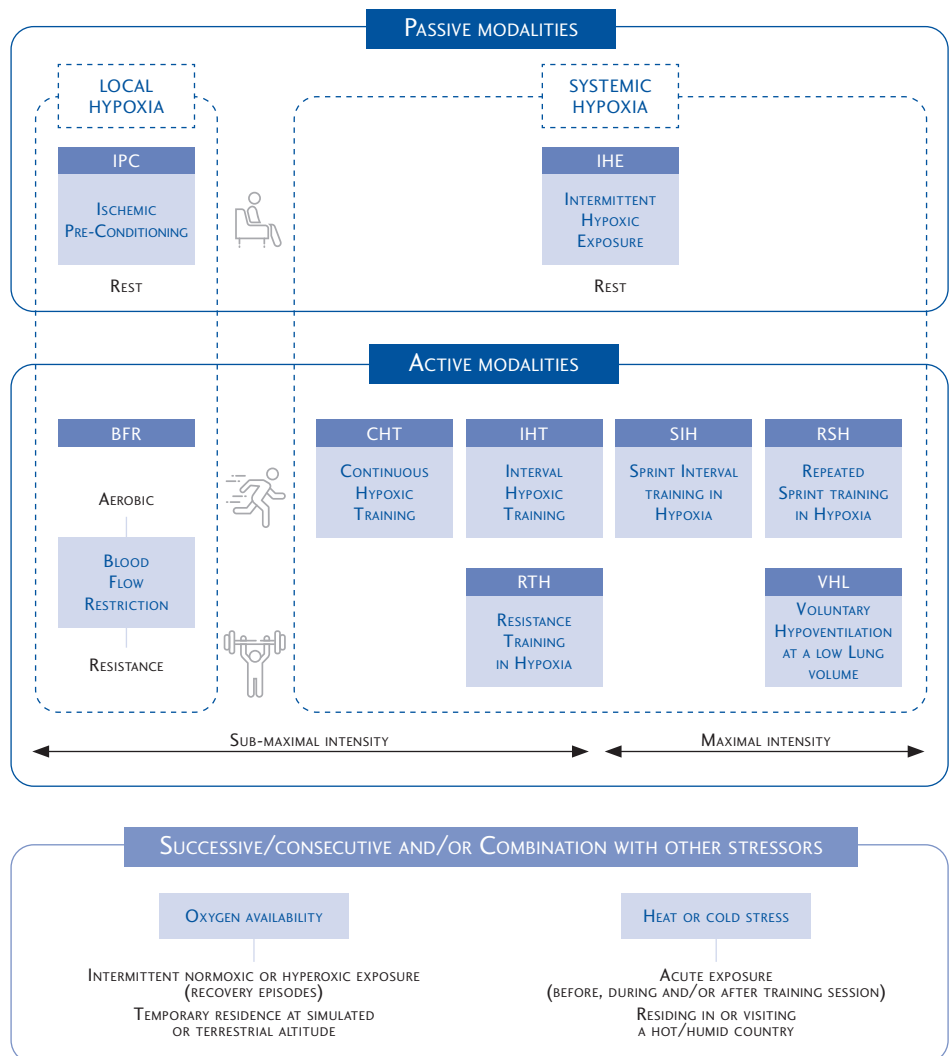


Hay que recordar que los posibles beneficios del LLTH, al igual que de los otros métodos de entrenamiento en hipoxia, varían de un individuo a otro.

Y que, en los deportistas de élite que ya tienen unos niveles muy altos de adaptaciones fisiológicas, los cambios que se pueden producir son relativamente pequeños en valor absoluto, pero grandes a nivel de rendimiento deportivo.

La hipoxia es un estímulo y un estresante grande para el organismo y puede no ser beneficioso, dependiendo de la cantidad aplicada. A nivel deportivo se considera que en el caso de la hipoxia no se cumple la frase de “más es mejor”, por lo que hay que ajustar muy bien, no sólo las cargas de trabajo, sino las dosis de hipoxia, para no llevar al deportista a una situación de sobrecarga no funcional o de sobreentrenamiento. (Terrados y col.; 1985, 1988)

No está suficientemente estudiado los periodos del año en los que se debería de utilizar el LLTH, ni el tiempo que duran los efectos en el organismo del deportista.



Esquema de los diferentes métodos de “Living Low-Training High” (LLTH), usando altura y/o hipoxia simulada. (Girard et al., 2020).



Este método no es nuevo, pues está descrito que se utilizó e investigó en la antigua Unión Soviética en 1940, usando cámaras hipobáricas (Sirotinin, 1940).

En la actualidad se han perfeccionado las tecnologías para simular la altura/hipoxia, ya sea mediante la reducción de la presión atmosférica de la habitación “hipoxia hipobárica” (cámara hipobárica) o reduciendo la fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) “hipoxia normobárica” (p.e.; tienda de altura, máquinas hipóxicas, etc), lo cual ha aumentado el uso del LLTH.

Modalidades de LLTH

Hay dos grupos de modalidades; uno “pasiva” (que en realidad no son entrenamiento en altura/hipoxia), y otro “activa”.

Las modalidades “pasivas” son: Exposición intermitente a hipoxia en reposo (IHE) y el Pre-acondicionamiento con isquemia (IPC).

Las modalidades “activas” son: Hipoxia local, mediante restricción de flujo durante el ejercicio (BFR). Hipoxia sistémica, mediante diferentes métodos; Entrenamiento continuo de baja intensidad en Hipoxia (CHT); Entrenamiento interválico en hipoxia (IHT); Entrenamiento con Sprines repetidos en hipoxia (RSH), Entrenamiento interválico con sprines en hipoxia (SIH) y Entrenamiento de fuerza en hipoxia (RTH).

Muchas veces se está utilizando una combinación de los diferentes métodos de entrenamiento en hipoxia, según el objetivo del entrenamiento.



Modalidades pasivas

Exposición intermitente a hipoxia en reposo (IHE)

Este método, utiliza breves periodos (3–6 min) de hipoxia severa ($FiO_2 = 0.15-0.09$; que equivale a altitudes simuladas entre 2,800–5,500 m), alternados con periodos de similar duración con normoxia. En total, esta exposición intermitente puede durar entre 30 min y 5 horas (esta exposiciones de varias horas, se han utilizado para protocolos de pre-aclimatización a la alta altitud, para expediciones de alta montaña). Hay que recordar que no es entrenamiento y que el efecto en el rendimiento es muy dudoso (Lundby, 2016).





Pre-acondicionamiento con isquemia (IPC)



En este método, se crea una isquemia local mediante un compresor que limita la circulación sanguínea en uno o varios miembros, seguido de un periodo en el que se elimina la compresión y se produce una re-perfusión sanguínea. El protocolo más frecuente consiste en 3 ó 4 ciclos de 5 minutos de oclusión y 5 min de re-perfusión, realizados 30–45 min antes de un ejercicio.

Algunos estudios muestran mejoras en el rendimiento (Patterson *et al.* 2019). Posiblemente debidas a la hiperemia local que se produce.

Existe otra posible aplicación, usando el IPC de manera crónica, relacionada con estímulos para los genes relacionados con el metabolismo oxidativo mitocondrial. (Jones *et al.*, 2015, Depre *et al.*, 2010).

Modalidades activas: entrenamiento en altitud/hipoxia



Las modalidades “activas” son:

- ▶ **Hipoxia local**, mediante restricción de flujo durante el ejercicio (BFR).
- ▶ **Hipoxia sistémica**, mediante diferentes métodos;
 - Entrenamiento continuo de baja intensidad en Hipoxia (CHT);
 - Entrenamiento interválico en hipoxia (IHT);
 - Entrenamiento con Sprines repetidos en hipoxia (RSH),
 - Entrenamiento interválico con sprines en hipoxia (SIH),
 - Entrenamiento de fuerza en hipoxia (RTH).





Hipoxia local. Restricción de flujo durante el ejercicio (BFR)

El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo (BFR) se realiza aplicando algún medio mecánico que limite el flujo sanguíneo de una extremidad, lo que produce una isquemia local y una hipoxia local. En deportistas, este método puede inducir mejoras en la fuerza muscular e hipertrofia muscular con cargas menores que en circunstancias normales. Puede que sea debido a una mayor regulación del K⁺ y a una mejora del flujo de la extremidad (Hwang y Willoughby, 2017).

En la actualidad se está utilizando también como ejercicio terapéutico en diferentes patologías y como ejercicio en la rehabilitación de deportistas lesionados (Patterson *et al.* 2019).

En los últimos años se ha investigado mucho sobre la posibilidad de realizar trabajo de fuerza muscular, en un músculo isquémico (con menor aporte de sustratos y de oxígeno), usando la restricción de flujo sanguíneo (BFR) con cargas moderadas (20–50% 1RM), utilizándose para la rehabilitación clínica y para el entrenamiento de deportistas de alto rendimiento.

Usando la BFR durante el entrenamiento, parece que es mayor la respuesta hipertrófica y la mejora de fuerza que las mismas cargas realizadas sin BFR.

En algunos casos, la mejora de masa y fuerza muscular son mayores que las inducidas por entrenamientos de fuerza con cargas altas.



BASE CIENTÍFICA DE LA RESTRICCIÓN DE FLUJO DURANTE EL EJERCICIO



Posible explicación:

Las células satélite musculares (SCs) son células madre musculares no-diferenciadas, con la de reentrar el ciclo celular para generar nuevas fibras musculares y/o proveer de nuevos mionúcleos a las células musculares, durante el proceso de hipertrofia. El proceso de activación y proliferación de estas SCs musculares, se considera esencial cuando la síntesis protéica muscular está aumentada ya que aporta mas capacidad de transcripción a la célula muscular.

Investigaciones recientes demuestran que el entrenamiento con BFR puede producir un claro aumento en la proliferación de SCs y aumento de mionúcleos tanto en personas poco entrenadas como en deportistas de elite. Con ello se contribuye a una aceleración en el proceso de hipertrofia muscular. Por ello el entrenamiento con BFR puede ser una herramienta efectiva para aumentar la adaptación y regeneración del músculo humano, ya que con entrenamientos de fuerza con cargas bajas o moderadas pueden mejorar mucho las ganancias en fuerza y potencia muscular y pueden ayudar a prevenir la pérdida de masa muscular en pacientes con atrofia/sarcopenia o en deportistas lesionados.

Son muchos los mecanismos que se han propuesto para explicar la respuesta hipertrófica del músculo al entrenamiento con BFR. Entre ellas están; aumento de los niveles de testosterona y hormona de crecimiento, aumento en la expresión de IGF-1, disminución en la expresión de Miostatina en los músculos entrenados, y los elevados niveles de estrés metabólico muscular durante y después del entrenamiento con BFR. (Hwang y Willoughby, 2017).

Influencia de los Factores de crecimiento Inducidos por la Hipoxia (HIF): Hay que recordar que el HIF-1 que se estimula con la hipoxia y activa la expresión de múltiples genes, se puede activar sólo con el ejercicio (Ameln et al. 2005), con lo que se cree que la suma de los dos factores (ejercicio mas hipoxia) lo aumentará mas. En general, el aumento de HIF-1 es paralelo a un aumento en la expresión de diferentes genes como; los genes de VEGF y EPO.

□ □ □ □ □ □ □ ▶
**POSIBLES EFECTOS
 INDESEABLES**

En una editorial muy reciente, Wernbom *et al.* (2020) comentan la posibilidad (cada vez con mas evidencia) de que los entrenamientos muy intensos de fuerza con BFR, en personas no acostumbradas, de que se produzca un daño muscular grande o incluso una rabdomiolisis.





Entrenamiento de fuerza en hipoxia (RTH)

Hay que destacar la revisión realizada por Feriche y cols, en 2017, en la que describe los diferentes factores que pueden influir en el efecto del entrenamiento de fuerza en hipoxia.

En ella se afirma que en los últimos años se está investigando mucho sobre la posibilidad de que la fuerza, la hipertrofia y la potencia muscular se pueden beneficiar del entrenamiento de fuerza realizado en condiciones ambientales de hipoxia (o con reducción de flujo sanguíneo, que conlleva una hipoxia local). El mecanismo principal propuesto, es la acumulación de metabolitos acumulados durante la hipoxia así como la inducción de aumentos locales de HIF-1.



Además la altura puede favorecer la habilidad para realizar acciones a velocidades muy altas con cargas moderadas. Este tipo de entrenamiento podría servir para mejorar la velocidad y las habilidades técnicas en deportes relacionados con la velocidad y/o potencia.



Entrenamiento con Sprines repetidos en hipoxia (RSH)

El RSH es un método de entrenamiento reciente, similar al IHT. Y consiste, de manera resumida, en sprines a máxima intensidad de <30 segundos, con recuperación incompleta (<60 seg) realizados en hipoxia, que conllevan un stress metabólico mayor que los realizados a en normoxia, y que mejorarían la capacidad de realizar sprines repetidos (más rápidos y/o más veces) (Millet *et al.*, 2019).

Datos parecidos se están encontrando con la realización de estos sprines repetidos con “hipoventilación voluntaria”. Esta hipoventilación también induciría una hipoxemia similar a latitudes moderadas. Se ha utilizado con buenos resultados en jugadores de rugby, en nadadores y jugadores de baloncesto (Lapointe *et al.* 2020).

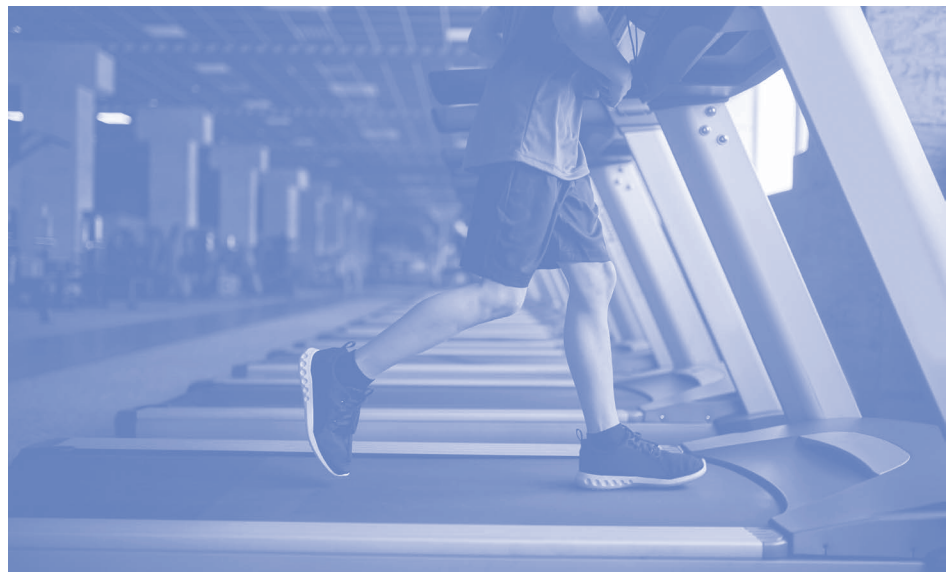


38

Entrenamiento interválico con sprints en hipoxia (SIH)



El SIH es similar al RSH y normalmente consiste en esfuerzos máximos de 20-s a 30-seg, intercalados con 3 a 5 min de recuperación pasiva o a baja intensidad. De este entrenamiento se ha descrito que podría producir mejoras en algunos aspectos, utilizando menos tiempo y menos sesiones. En concreto, sería un posible estímulo para la mejora del gasto cardíaco, el VO_2 máx y del contenido mitocondrial muscular. Tanto del RSH como del SIH hay comentarios favorables de deportistas de alto rendimiento (ver Faiss y Rapillard, 2020).



Combinación de varios métodos



Actualmente muchos entrenadores están utilizando una combinación de diferentes métodos de hipoxia, según los objetivos. Por ejemplo es muy frecuente que cuando se realice una planificación de “living high-training low” (LHTL), se añadan algunas sesiones a la semana de entrenamiento en hipoxia, altitud simulada o natural, método llamado “living high-training low and high” (LHTLH),

También se han combinado HPC con el entrenamiento con BFR, para aumentar la magnitud de las respuestas hemodinámicas.





También se está empezando a probar en deportistas de elite, la combinación de hypoxia sistémica con BFR. Es decir hacer entrenamientos con BFR, en situaciones de altitud moderada, para maximizar los efectos y estímulos de la hipoxia. (Girard *et al.*, 2019).

Algunos centros de entrenamiento en altura moderada, como Font-Romeu (Francia) y Colorado Springs (USA), combinan la estancia en altura con RTH y/o RSH en una cámara hipóxica. También en Aspire (Qatar) y en el Western Australia Institute of Sport (Australia), situados a nivel del mar se ofrece la posibilidad de esta combinación de métodos con altura simulada.

También hay que mencionar que se está investigando la posibilidad de combinar el estímulo/stress de la hypoxia con otros estímulos ambientales, como por ejemplo **el calor**. Lee y cols., mostraron en 2016 que la aclimatación al calor mejoraba la tolerancia celular y sistémica al calor, mencionando la posibilidad de que existiera una aclimatación cruzada y que el ejercicio en calor mejora el rendimiento en hipoxia.

En todos estos métodos combinados, hay que cuantificar muy bien las cargas y la fatiga.

La hipoxia es un estímulo y un estresante grande para el organismo y que puede no ser beneficioso, dependiendo de la cantidad. A nivel deportivo se considera que en el caso de la hipoxia no se cumple la frase de “más es mejor”, por lo que hay que ajustar muy bien, no sólo las cargas de trabajo, sino las dosis de hipoxia, para no llevar al deportista a una situación de sobrecarga no funcional o de sobreentrenamiento.

No está suficientemente estudiado los periodos del año en los que se debería de utilizar el LLTH, ni el tiempo que duran los efectos en el organismo del deportista.



El uso terapéutico de la hipoxia. Ejercicio en hipoxia para tratamiento o prevención de patologías



Cada vez es mayor la evidencia de que el entrenamiento en hipoxia, puede ser utilizado para el tratamiento o la rehabilitación de algunas patologías. Entre ellas están; las enfermedades cardiovasculares, la obesidad, la artritis reumatoidea, la vascular periférica, la claudicación intermitente, algunos tipos de cáncer y las lesiones deportivas. (Brocherie F, Millet 2020)



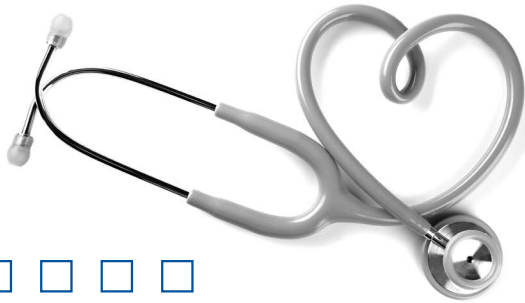
Hipoxia y Enfermedades Cardiovasculares



Muchos estudios han sugerido que el vivir en Alturas moderadas o incluso altas puede tener un efecto protector de las enfermedades cardiovasculares (CVD), incluso la hipoxia, podría ser parte de la terapia después de un infarto de miocardio.

En general se han descrito mejoras en el perfil lipídico, la perfusión cardíaca, la capacidad de realizar ejercicio, el endotelio vascular, la circulación sanguínea periférica y el balance autonómico. (Lizamore *et al.*, 2017. Savla *et al.*, 2018)





Hipoxia en otras patologías

Obesidad

Hay muchos autores que han descrito efectos beneficiosos del ejercicio en hypoxia, en el tratamiento de la obesidad. Zihong, 2012, Girard, 2017, Camacho-Cardenosa, 2018.

Cáncer

Hay que recordar que los aumentos en HIF pueden tener un papel importante en la expresión de diferentes genes. La mayoría saludables, pero en algún caso podría estimular algún oncogene. (Calzada MJ, del Peso 2007)

Se están haciendo estudios sobre el efecto de la hipoxia, a través de la estimulación de los HIF, en diversos tipos de cáncer. (Lee *et al.*, 2007)

Otros: uso en rehabilitación, artritis, etc

Se está utilizando la hipoxia en otras patologías, como es la artritis reumatoidea (Rodrigues *et al.*, 2019) y la claudicación intermitente (Shimizu, 2016).

Además se utiliza en enfermos con limitaciones físicas o poca movilidad. Y en la rehabilitación de lesiones, donde se utiliza el ejercicio de fuerza con restricción de flujo, para entrenar con cargas bajas o moderadas durante la rehabilitación y/o la readaptación. (Hughes *et al.*, 2017. Lixandrão *et al.*, 2018).



Artículo 1

Fernández-García, B. y N. Terrados Cepeda "La Fatiga del Deportista". Editorial Gymnos, Madrid. 2004.

Fernández-García, B., Álvarez Fernández J., Vega García F., Terrados N., Rodríguez-Alonso M., Álvarez Rodríguez E., Rodríguez Olay J.J., Llana Coso J.M., Carreño Morroondo J.A., Menéndez-Herrero M.A. and Gutiérrez Julián J.M. Diagnosing external iliac endofibrosis by postexercise ankle to arm index in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 34, No. 2 pp. 222-227, 2002.

Gauron, E. F., & Bowers, W. A (1986). Pain control techniques in college-age athletes. *Psychological Reports* 59, 1163-1169.

Jokela, A., Mechó, S., Pasta, G., Pleshkov, P., García-Romero-Pérez, A., Mazzoni, S., & Lempainen, L. (2022). Indirect Rectus Femoris Injury Mechanisms in Professional Soccer Players: Video Analysis and Magnetic Resonance Imaging Findings. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10-1097.

Jokela, A., Valle, X., Kosola, J., Rodas, G., Til, L., Burova, M., ... & Lempainen, L. (2023). Mechanisms of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: Video Analysis and Magnetic Resonance Imaging Findings. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 33(3), 217.

Kress, J. L (1999). A naturalistic investigation of former Olympic cyclists cognitive strategies for coping with exertion pain during performance. *Journal of Sport Behavior* 30, 336-405.

Lazarus, R. S. (2000). How emotions influence performance in competitive sport. *The Sport Psychologist* 14, 229-252.

Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel I, Delextrat A, Terrados N. Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiol Behav*. 2016 Jan 1;153:133-48.

Owens, D.J, Twist, C., Cogley, J.N., Howatson, G. & G.L. Close (2019) Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions?, *European Journal of Sport Science*, 19:1, 715.

Prokop, L (2000). The significance of pain in sport. *Kinesiology*, 32, 77-84.

Rodríguez-Alonso M, Fernández-García B, Pérez-Landaluce J, and Terrados N. Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 43(4): 432-436, 2003.

Schelling, X, Calleja-González, J, Torres-Ronda, L, and Terrados, N. Using testosterone and cortisol as biomarker for training individualization in elite basketball. A 4-year follow-up study. *J Strength Cond Res* 29(2): 368-378, 2015.

Terrados Cepeda N., Mora Rodríguez R. y S. Padilla Magunacelaya. "La Recuperación de la Fatiga del Deportista". Editorial Gymnos, Madrid. 2004.

Terrados Cepeda, Nicolás y Calleja González, Julio (eds). "Fisiología, entrenamiento y medicina del baloncesto". Editorial Paidotribo, Barcelona, España. 2008.

Terrados, N. Metabolismo energético durante la actividad física. En: *Fisiología de la Actividad Física y del Deporte*. J.Gonzalez-Gallego (ed). Madrid, Spain. McGraw-Hill. Interamericana. 1992, p 75-94.

Terrados, N., Calleja-González, J., Jukic, I. and S.M. Ostojic. Physiological and medical strategies in post-competition recovery—practical implications based on scientific evidence. *Serbian Journal of Sports Sciences*. 2009, 3(1): 29-37.

Terrados, N., J. Melichna, C. Sylven, and E. Jansson. Decrease in skeletal muscle myoglobin with intensive training in man. *Acta Physiologica Scandinavica*. 128: 651-652, 1986.

Artículo 2

Arazi, H., Eston, R., Asadi, A., Roozbeh, B., y Saati Zarei, A. (2016). Type of Ground Surface during Plyometric Training Affects the Severity of Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports*, 4(1), 15.

Ascensão, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., y Magalhães, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, 41(10), 841-851.

Badin, O. O., Smith, M. R., Conte, D., y Coutts, A. J. (2016). Mental Fatigue Impairs Technical Performance in Small-Sided Soccer Games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.

Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer— with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 619, 1-155.

Bangsbo, J., Mohr, M., y Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 665-674.



Bloomfield, J. R., Polman, R. C. J., y O'Donoghue, P. G. (2005). Effects of score-line on team strategies in FA Premier League Soccer. *Journal of Sports Sciences*, 23(2), 192-193.

Bradley, P. S., Carling, C., Archer, D., Roberts, J., Dodds, A., Di Mascio, M., Paul, D., et al. (2011). The effect of playing formation on highintensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 821-830.

Bradley, P. S., Dellal, A., Mohr, M., Castellano, J., y Wilkie, A. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Human movement science*, 33, 159-171.

Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., y Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2343-2351.

Bradley, P. S., y Noakes, T. D. (2013). Match running performance fluctuations in elite soccer: Indicative of fatigue, pacing or situational influences? *Journal of Sports Sciences*, 31(15), 1627-1638.

Cable, N. T., y Bullock, S. (1996). Thermoregulatory response during and in recovery from aerobic and anaerobic exercise 1201. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(5), 202.

Carling, C., Bradley, P., McCall, A., y Dupont, G. (2016). Match-to-match variability in high-speed running activity in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 1-9.

Djaoui, L., Diaz-Cidoncha Garcia, J., Hautier, C., y Dellal, A. (2016). Kinetic Post-match Fatigue in Professional and Youth Soccer Players During the Competitive Period. *Asian Journal of Sports Medicine (Inpress)*.



Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Douroudos, I. I., Nikolaidis, M. G., Kyparos, A., Margonis, K., Michailidis, Y., et al. (2010). Timecourse of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3278–3286.

Ingebrigtsen, J., Dalen, T., Hjelde, G. H. avard, Drust, B., y Wisløff, U. (2015). Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 101–110.

Lago-Peñas, C. (2009). The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1463–1469.

Lago-Peñas, C. (2012). The Role of Situational Variables in Analysing Physical Performance in Soccer. *Journal of Human Kinetics*, 35, 89–95.

Mohr, M., Krstrup, P., y Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 593–599.

Krstrup, P., Ørtenblad, N., Nielsen, J., Nybo, L., Gunnarsson, T. P., Iaia, F. M., Madsen, K., et al. (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *European Journal of Applied Physiology*, 111(12), 2987–2995.

Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., Hewitt, A., et al. (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(5), 125–132.

Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., y Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 1018–24.

Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., y Sassi, A. (2011). Matchrelated fatigue in soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(11), 2161–2170.

Schuth, G., Carr, G., Barnes, C., Carling, C., y Bradley, P. S. (2016). Positional interchanges influence the physical and technical match performance variables of elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 501–508.

Smith, M. R., Zeuwts, L., Lenoir, M., Hens, N., De Jong, L. M., y Coutts, A. J. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific decision-making skill. *Journal of sports sciences*, 1–8.

Solla, J. (2014). Actividad física competitiva en primera división española: relación entre la distancia recorrida y el rendimiento competitivo. *Futbolpf: Revista de Preparación física en el Fútbol*, 16(1), 12–21.

Sparks, M., Coetzee, B., y Gabbett, T. J. (2016). Variations in high-intensity running and fatigue during semi-professional soccer matches. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(1), 122–132.

Merayo, E. V. (2011). Niveles de estrés-recuperación en deportistas varones de la provincia de León a través del cuestionario RESTQ-76. *Cuadernos de psicología del deporte*, 11(2), 7-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=227019296002>.

Orejel, A., Belluscio, V., Camomilla, V., Lucangeli, L., Rizzo, F., Sciarra, T., Martelli, F., & Giacomozzi, C. (2021). Overuse-Related Injuries of the Musculoskeletal System: Systematic Review and Quantitative Synthesis of Injuries, Locations, Risk Factors and Assessment Techniques. *Sensors*, 21(7), 2438. <https://doi.org/10.3390/s21072438>

Read, P. J., Oliver, J. L., De Ste Croix, M. B. A., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2016b). The scientific foundations and associated injury risks of early soccer specialisation. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2295-2302. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1173221>

Shalaj, I., Tishukaj, F., Bachl, N., Tschan, H., Wessner, B., & Csapo, R. (2016). Injuries in professional male football players in Kosovo: A descriptive epidemiological study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 17(1), 338. <https://doi.org/10.1186/s12891-016-1202-9>

Todeschini, K., Daruge, P., Bordalo-Rodrigues, M., Pedrinelli, A., & Busetto, A. M. (2019). Imaging Assessment of the Pubis in Soccer Players. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 54, 118-127. <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2017.12.012>

Artículo 3

[1] Erickson GB. Topical Review: Visual Performance Assessments for Sport. *Optom Vis Sci*. 2021 Jul;98(7):672-680.

[2] Erickson GB. Sports Vision: Vision Care for the Enhancement of Sports Performance. Ed. Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN-13 978-0750675772.

[3] Welford AT. The Measurement of Sensory-motor Performance: Survey and Reappraisal of Twelve Years Progress. *Ergonomics* 1960;3:89–230.

[4] Wolfe JM, Horowitz TS. What Attributes Guide the Deployment of Visual Attention and How Do They Do It? *Nat Rev Neurosci* 2004;5:495–501.

[5] Singer W. Consciousness and the Binding Problem. *Ann N Y Acad Sci* 2001;929:123–46.

[6] Laby DM, Kirschen DG, Pantall P. The Visual Function of Olympic-level Athletes—An Initial Report. *Eye Contact Lens* 2011;37:116–22.

[7] Gao Y, Chen L, Yang S, et al. Contributions of Visuo-oculomotor Abilities to Interceptive Skills in Sports. *Optom Vis Sci* 2015;92:679–89.

[8] Di Russo F, Pitzalis S, Spinelli D. Fixation Stability and Saccadic Latency in Elite Shooters. *Vision Res*. 2003;43:1837–45.

[9] Quintana MS, Roman IR, Calvo AL, et al. Perceptual Visual Skills in Young Highly Skilled Basketball Players. *Percept Mot Skills* 2007;104:547–61.

[10] Burris K, Vittetoe K, Ramger B, et al. Sensorimotor Abilities Predict On-field Performance in Professional Baseball. *Sci Rep* 2018;8:116.

[11] Pylyshyn ZW, Storm RW. Tracking Multiple Independent Targets: Evidence for a Parallel Tracking Mechanism. *Spat Vis* 1988;3:179–97.

[12] Schuster C, Hilfiker R, Amft O, et al. Best Practice for Motor Imagery: A Systematic Literature Review on Motor Imagery Training Elements in Five Different Disciplines. *BMC Med* 2011;9:75.

[13] Ando S, Kida N, Oda S. Central and Peripheral Visual Reaction Time of Soccer Players and Nonathletes. *Percept Mot Skills* 2001;92:786–94.

[14] Omar R, Kuan YM, Zuhairi NA, et al. Visual Efficiency among Teenaged Athletes and Non-athletes. *Int J Ophthalmol* 2017;10:1460–4.

[15] Willms A, Dalton KN. Establishment of Standard Methods for the Measurement of Eye-hand Visuomotor Reaction Time. *Optom Vis Perf* 2017;5:49–56.

[16] Robertson S, Elliott D. The Influence of Skill in Gymnastics and Vision on Dynamic Balance. *Int J Sport Psychol* 1996;27:361–8.

[17] Akpınar S, Devrilmez E, Kirazci S. Coincidence anticipation Timing Requirements Are Different in Racket Sports. *Percept Mot Skills* 2012;115:581–93.



[18] Mantilla-Tolosa SC; Gómez-Conesa A. El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol* 2007;10(1):48-52

Artículo 4

Ameln, H., Gustafsson, T., Sundberg, C.J., Okamoto, K., Jansson, E., Poellinger, L. and Y. Makino. Physiological activation of hypoxia inducible factor-1 in human skeletal muscle. *The FASEB Journal*. Published online April 5, 2005.

Biazon TMPC, Ugrinowitsch C, Soligon SD, Oliveira RM, Bergamasco JG, Borghi-Silva A, Libardi CA. The Association Between Muscle Deoxygenation and Muscle Hypertrophy to Blood Flow Restricted Training Performed at High and Low Loads. *Front Physiol*. 2019 Apr 17

Brocherie F, Millet GP. Hypoxic exercise as an effective nonpharmacological therapeutic intervention. *Exp Mol Med*. 2020 Mar 16. doi: 10.1038/s12276-020-0400-6.

Calzada MJ, del Peso L. Hypoxia-inducible factors and cancer. *Clin Trans Oncol*;9(5):278-89. 2007.

Camacho-Cardenosa A, Camacho-Cardenosa M, Brazo-Sayavera J, Burtcher M, Timón R, Olcina G. Effects of High-Intensity Interval Training Under Normobaric Hypoxia on Cardiometabolic Risk Markers in Overweight/Obese Women. *High Alt Med Biol*. 2018 Dec;19(4):356-366.

Camacho-Cardenosa A, Camacho-Cardenosa M, Burtcher M, Martínez-Guardado I, Timón R, Brazo-Sayavera J, Olcina G. High-Intensity Interval Training in Normobaric Hypoxia Leads to Greater Body Fat Loss in Overweight/Obese Women than High-Intensity Interval Training in Normoxia. *Front Physiol*. 2018 Feb 7;9:60.

Faiss R and Rapillard A (2020). Repeated Sprint Training in Hypoxia: Case Report of Performance Benefits in a Professional Cyclist. *Front. Sports Act. Living* 2:35. doi: 10.3389/fspor.2020.00035

Ferliche B, García-Ramos A, Morales-Artacho AJ, Padial P. Resistance Training Using Different Hypoxic Training Strategies: a Basis for Hypertrophy and Muscle Power Development. *Sports Med Open*. 2017 Dec;3(1):12. doi: 10.1186/s40798-017-0078-z. Epub 2017 Mar 17.

Girard O, Brocherie F, Goods PSR and Millet GP (2020). An Updated Panorama of "Living Low-Training High" Altitude/Hypoxic Methods. *Front. Sports Act. Living* 2:26. doi: 10.3389/fspor.2020.00026.

Girard O, Malatesta D and Millet GP (2017). Walking in Hypoxia: An Efficient Treatment to Lessen Mechanical Constraints and Improve Health in Obese Individuals? *Front. Physiol*. 8:73. doi: 10.3389/fphys.2017.00073

Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017 Jul;51(13):1003-1011. doi: 10.1136/bjsports-2016-097071. Epub 2017 Mar 4.

Hwang P, Willoughby DS. Mechanisms Behind Blood Flow Restricted Training and its Effect Towards Muscle Growth. *J Strength Cond Res*. 2017 Dec 4.

Lapointe J, Paradis-Deschênes P, Woornos X, Lemaitre F and Billaut F (2020). Impact of Hypoventilation Training on Muscle Oxygenation, Myoelectrical Changes, Systemic [K⁺], and Repeated-Sprint Ability in Basketball Players. *Front. Sports Act. Living* 2:29. doi: 10.3389/fspor.2020.00029

Lee S, Garner EI, Welch WR, Berkowitz RS, Mok SC. Over-expression of hypoxia-inducible factor 1 alpha in ovarian clear cell carcinoma. *Gynecol Oncol*. 2007.

Lee, B. J., Miller, A., James R S and C.D. Thake. Cross Acclimation between Heat and Hypoxia: Heat Acclimation Improves Cellular Tolerance and Exercise Performance in Acute Normobaric Hypoxia. *Front. Physiol.*, 08 March 2016.

Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Bertoni R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, Libardi CA, Roschel H. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2018 Feb;48(2):361-378.

Lizamore, Catherine A., and Michael J. Hamlin. The use of simulated altitude techniques for beneficial cardiovascular health outcomes in nonathletic, sedentary, and clinical populations: A literature review. *High Alt Med Biol* 18:305-321, 2017.

Lundby C. Skeletal muscle adaptations to endurance training: is tissue hypoxia the main signal? *Exp Physiol*. 2016 Jan;101(1):15-6. doi: 10.1113/EP085320.

Millet GP and Girard O (2017) Editorial: High-Intensity Exercise in Hypoxia: Beneficial Aspects and Potential Drawbacks. *Front. Physiol*. 8:1017.

Patterson SD, Hughes L, Warrington S, Burr J, Scott BR, Owens J, Abe T, Nielsen JL, Libardi CA, Laurentino G, Neto GR, Brandner C, Martin-Hernandez J and Loenneke J (2019). Blood Flow Restriction Exercise Position Stand: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol*; 10: 533.

Rodrigues R, Ferraz RB, Kurimori CO, Guedes LK, Lima FR, de Sá-Pinto AL, Gualano B, Roschel H. Low-load resistance training with blood flow restriction increases muscle function, mass and functionality in women with rheumatoid arthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2019 Apr 29. doi: 10.1002/acr.23911. [Epub ahead of print].

Savla, Jainy J., Benjamin D. Levine, and Hesham A. Sadek. The effect of hypoxia on cardiovascular disease: Friend or foe? *High Alt Med Biol*. Volume 19:124-130, 2018.

Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, Hamazaki N, Kamekawa D, Akiyama A, Kamada Y, Tanaka S, Masuda T. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *Eur J Appl Physiol*. 2016 Apr;116(4):749-57. doi: 10.1007/s00421-016-3328-8.

Terrados, N. Altitude training and muscular metabolism. *International Journal of Sports Medicine*. 13, Suppl.1:206-209, 1992.

Terrados, N., E. Jansson, C. Sylven, and L. Kaijser. Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin? *Journal of Applied Physiology*. 68: 2369-2372, 1990.

Terrados N, Melichna J, Sylven C, Jansson E, Kaijser L. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988;57(2):203-9.

Terrados, N., M. Mizuno, and E. Andersen. Reduction in maximal oxygen uptake at low altitudes: role of training status and lung function. *Clinical Physiology (Oxf)*. 5 (supp.3): 75-80, 1985.

Wernbom M, Schoenfeld BJ, Paulsen G, Bjørnsen T, Cumming KT, Agaard P, Clark BC and Raastad T (2020). Commentary: Can Blood Flow Restricted Exercise Cause Muscle Damage? Commentary on Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front. Physiol* 11:243. doi: 10.3389/fphys.2020.00243.

Zihong, H.,; Lianshi, F., Zhang, L., Yingli, L., Jianfang, X. and A. Lucia. Effects of Hypoxic Living and Training on Gene Expression in an Obese Rat Model *Medicine & Science in Sports & Exercise*: June 2012 - Volume 44 - Issue 6 - p 1013-1020.

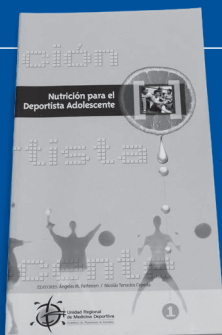


► Monografías

Nº 1 NUTRICIÓN PARA EL
DEPORTISTA ADOLESCENTE

Editores: Ángeles M. Patterson
Nicolás Terrados Cepeda

Eduardo Iglesias
Ángeles M. Patterson
Xabier Leibar
Nicolás Terrados



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

Nº 2 ACTUALIZACIONES EN EL
ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA

Editor: Nicolás Terrados Cepeda

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



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



46

▶ Revistas



Nº1 _____

- ▶ EJERCICIO FÍSICO PARA LA SALUD DE LOS ADULTOS
Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce
Benjamín Fernández García
- ▶ NUEVOS ASPECTOS DEL METABOLISMO ENERGÉTICO
Y DE LA FATIGA EN DEPORTES DE LARGA DURACIÓN
Nicolás Terrados Cepeda / Javier Pérez-Landaluce
Benjamín Fernández García

Nº2 _____

- ▶ EJERCICIO FÍSICO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES. LA FUERZA
Javier Pérez-Landaluce / Raquel Ortolano Ríos
Benjamín Fernández García / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ RESPUESTAS Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS AL EJERCICIO
DE ALTA INTENSIDAD: APLICACIONES AL ENTRENAMIENTO
Benjamín Fernández García / Javier Pérez-Landaluce
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ ANTIOXIDANTES Y DEPORTE
Dr. Juan Carlos Bango Melcón

Nº3 _____

- ▶ LA ACTIVIDAD FÍSICA EN EDAD ESCOLAR.
SU RELACIÓN CON LA SALUD
Javier Rodríguez Ordax / Sara Márquez Rosa
Serafín de Abajo Olea / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ CICLO MENSTRUAL Y DEPORTE
María Luisa Ruiz Fernández / Luis María Gutiérrez Glez.
- ▶ EJERCICIO FÍSICO DURANTE EL EMBARAZO
María Esther Álvarez Cueto

Nº4 _____

- ▶ MEDICINA DEPORTIVA APLICADA A DEPORTES DE EQUIPO (BALONCESTO)
Antonio Tramullas
- ▶ EL ENTRENAMIENTO DE LA RESISTENCIA EN EL FÚTBOL MODERNO
Ricardo Rodríguez Suárez
- ▶ NUTRICIÓN Y FÚTBOL: NECESIDADES NUTRICIONALES
Y PRÁCTICAS DIETÉTICAS RECOMENDADAS
Eduardo Iglesias / Ángeles M Patterson
- ▶ NOVEDADES EN GENÉTICA Y EJERCICIO
Raquel Ortolano Ríos / Nicolás Terrados Cepeda

Nº5 _____

- ▶ EL ESQUÍ ALPINO. ACONDICIONAMIENTO FÍSICO
PREVIO AL INICIO DE LA TEMPORADA
Javier Pérez-Landaluce López
- ▶ ACTUALIZACIONES SOBRE LA ACIDOSIS LÁCTICA
Y EL ENTRENAMIENTO AERÓBICO
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ OBESIDAD Y EJERCICIO. METABOLISMO DE LA GRASA DURANTE EL EJERCICIO
Nicolás Terrados Cepeda

Nº6 _____

- ▶ CARGAS DE TRABAJO SALUDABLES EN EL DEPORTE
Y APLICACIÓN DE LA GENÉTICA
María Ramos Bueno / Tania Fernández González
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL TENIS DE COMPETICIÓN
Jaime Fernández Fernández / Alberto Méndez Villanueva
Babette Pluim / Nicolás Terrados Cepeda





47

Nº7

- ▶ IMPORTANCIA DEL EJERCICIO FÍSICO EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE CIERTAS PATOLOGÍAS
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ METABOLISMO DEL BALONCESTO
Nicolás Terrados Cepeda / Enrique Salinas
Julio Calleja
- ▶ AYUDAS ERGOGÉNICAS NATURALES EN LA SALUD Y EL RENDIMIENTO DEPORTIVO. UTILIZACIÓN DE SUBSTANCIAS TAMPÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DEPORTIVO
Manuel Rodríguez Alonso
- ▶ PAPEL DE LA FISIOTERAPIA EN LA RECUPERACIÓN DEL DEPORTISTA
Tania Fernández González

Nº8

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

Nº9

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

Nº10

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

Nº11

- ▶ EXIGENCIA EN BALONCESTO: CARGA EXTERNA E INTERNA
Xavi Schelling i del Alcázar
- ▶ DEMANDA FÍSICA DEL BADMINTON EN CATEGORÍA JUNIOR
Francisco Félix Álvarez Dacal
- ▶ BASES COMUNES PARA LA RECUPERACIÓN DEL JUGADOR EN DEPORTES DE EQUIPO
Nicolás Terrados Cepeda / Julio Calleja-González
- ▶ REFLEXIONES DESPUÉS DE LOS JUEGOS OLÍMPICOS DE LONDRES 2012
Nicolás Terrados Cepeda / Julio Calleja-González
Xabier Leibar Mendarte

Nº12

- ▶ APLICACIÓN DE LA CUANTIFICACIÓN Y CONTROL DE LA CARGA EN EL FÚTBOL, PARA LA RECUPERACIÓN DEL FUTBOLISTA
Ramón Moré García / Álvaro Vázquez García
- ▶ ACTUALIZACIÓN SOBRE EL METABOLISMO ANAERÓBICO
Nicolás Terrados Cepeda
Francisco Sánchez Sotomayor
- ▶ EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 EN LA RECUPERACIÓN MUSCULAR
Juan Martínez Fernández



48

Nº13

- ▶ **PLATOS Q-RING - BUSCANDO LA PEDALADA PERFECTA**
José Luis de Santosa
- ▶ **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD**
Luis Camacho Mateo
- ▶ **HIDROXIMETILBUTIRATO Y SU POSIBLE APLICACIÓN DEL DEPORTE A LA SALUD**
Sergio Martínez López

Nº14

- ▶ **ASMA INDUCIDA POR EL EJERCICIO. CUIDADOS DE ENFERMERÍA Y FISIOTERAPIA**
Pedro Luis del Mazo Tomé / Belén Fernández Alonso
- ▶ **EFFECTOS DEL CALOR AMBIENTAL EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD**
Juan Andrés Jiménez Luna / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **LOS MONITORES DEPORTIVOS DE LA FUNDACIÓN DEPORTIVA MUNICIPAL DE AVILÉS ANTE LA PARADA CARDÍACA**
Coral Castro Cuervo / Tatiana Cuartas Álvarez
Rafael Castro Delgado / Pedro Arcos González
- ▶ **LAS TÉCNICAS DE HIDROCINESITERAPIA EN EL ENTRENAMIENTO Y EN LA RECUPERACIÓN**
Ana Amelia Menéndez Bernardo
- ▶ **LAS GRASAS COMO APORTE ENERGÉTICO DURANTE EL EJERCICIO**
Alberto Mourinho Cabaleiro / Nicolás Terrados Cepeda

Nº15

- ▶ **EL TENIS DESDE UN PUNTO DE VISTA FÍSICO Y FISIOLÓGICO**
Iago Hermida Beneitez
- ▶ **LAS AYUDAS ERGOGÉNICAS DEPORTIVAS Y LA PROBLEMÁTICA DE SU CONTAMINACIÓN**
Juan Ruiz López
- ▶ **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO ELECTROESTIMULADO**
Marta Fernández Troyano
- ▶ **EL METODO HALLIWICK, UNA FORMA ESPECÍFICA DE TERAPIA EN EL AGUA**
Ana Amelia Menéndez Bernardo

Nº16

- ▶ **ANÁLISIS DE LA FATIGA DEL CROSSFIT Y SUS MÉTODOS DE RECUPERACIÓN**
Jorge Méndez Almeida / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **EL DAÑO MUSCULAR INDUCIDO POR EL EJERCICIO Y LAS "AGUJETAS": MECANISMOS DE PRODUCCIÓN, MANIFESTACIONES Y RELACIÓN CON LA FATIGA Y LA GENÉTICA**
Diego Marqués-Jiménez / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **MECANISMOS DE REGULACIÓN ÁCIDO-BÁSICA DURANTE EJERCICIO FÍSICO INTENSO Y MÉTODOS PRÁCTICOS PARA MAXIMIZAR SU EFICACIA**
Eneko Castañeda Etxebarria / Nicolás Terrados Cepeda

Nº17

- ▶ **EFFECTOS EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ÁCIDO FOSFÁTICO**
Miguel Sanjuán Otero / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **WATSU; UNA NUEVA FORMA DE TRABAJO EN EL AGUA**
Ana Amelia Menéndez Bernardo
- ▶ **MARCADORES INFLAMATORIOS Y MITOCONDRIALES RELACIONADOS CON EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA**
Alberto Mourinho Cabaleiro / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ **EFFECTOS DE LA DIETA VEGANA EN EL ALTO RENDIMIENTO DEPORTIVO**
Ana Amelia Menéndez Bernardo



Nº18

- ▶ EFECTO DE LAS EPICATEQUINAS SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD
Hugo Gámir Ríos
- ▶ REHABILITACIÓN DE LA MUSCULATURA ISQUIOTIBIAL EN FUTBOLISTAS
Bárbara Camblor García
- ▶ COMPOSICIÓN CORPORAL EN EL FÚTBOL
Iñaki Uncetabarrenechea Urdangarin
- ▶ ASPECTOS FISIOLÓGICOS DEL ESQUÍ DE MONTAÑA
Lide Leibar Eraso

Nº19

- ▶ LA VITAMINA D Y SU IMPORTANCIA PARA LOS DEPORTISTAS
Adenis Manrique Betancourt
- ▶ EL YOGA COMO MÉTODO PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS SÍNTOMAS DE LA FIBROMIALGIA
Susana Pulgar Muñoz
- ▶ COVID-19, EJERCICIO FÍSICO PARA MEJORAR LA INMUNIDAD
Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ VITAMINA C Y RENDIMIENTO DEPORTIVO
Javier Morán Tiesta

Nº20

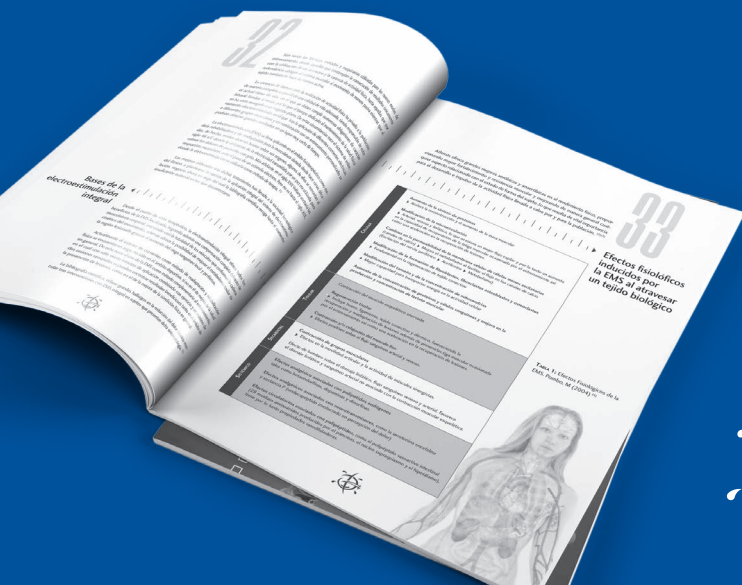
- ▶ POSIBLES BENEFICIOS FISIOLÓGICOS DEL ENTRENAMIENTO EN AMBIENTE CALUROSO Y DEL ENTRENAMIENTO COMBINADO DE CALOR Y ALTURA MODERADA
Iker Baztarrika Prieto
- ▶ ENTRENAMIENTO DE FUERZA APLICADO AL CICLISMO DE ALTO RENDIMIENTO
Oscar Martínez Castro / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ LA ACTIVIDAD FÍSICA EN LA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA OSTEOPOROSIS
Adenis Manrique Betancourt
- ▶ REHABILITAR EN EL AGUA CON EL MÉTODO DE LOS ANILLOS DE BAD RAGAZ (BRRM)
Ana Amelia Menéndez Bernardo

Nº21

- ▶ MECANISMOS DE FATIGA EN EL TIRO CON ARCO
Dr. Álvaro González Miranda
- ▶ INGESTA DE MENTOL Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA SENSACIÓN TÉRMICA
Guillem Vizcaíno Muñoz
- ▶ VITAMINA C Y SU INFLUENCIA EN EL FACTOR DE CRECIMIENTO INDUCIDO POR LA HIPOXIA
Javier Morán Tiesta

Nº22

- ▶ DOLOR MUSCULAR RELACIONADO CON EL DEPORTE. NUEVOS CONOCIMIENTOS Y APLICACIONES PRÁCTICAS
Nicolás Terrados / Ana Amelia Menéndez Bernardo
- ▶ MECANISMOS DE FATIGA EN EL FÚTBOL Y SU RELACIÓN CON LAS LESIONES
Francisco Prieto Rodríguez
- ▶ VISIÓN DEPORTIVA. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO VISUAL MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL
Manuel Álvarez Prada / Teresa Calderón González
Jesús Merayo Llove / Santiago Martín González
- ▶ NUEVAS APLICACIONES DEL ENTRENAMIENTO EN ALTITUD/HIPOXIA
Nicolás Terrados



CON EL DEPORTE,
de toda
la vida



FDM
avilés



DEPORTE ASTURIANO

GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

www.asturias.es/deporteasturiano