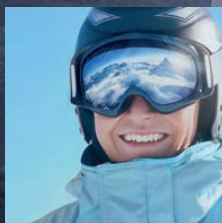
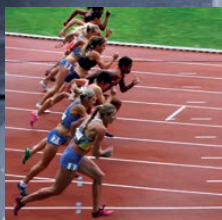




Nº 24 • FEBRERO 2026

DEPORTE, SALUD Y ENTRENAMIENTO



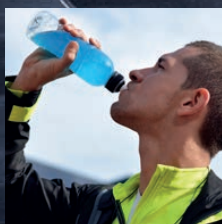
XIV REUNIÓN DEL
GRUPO "AVILÉS" ☒

VALORACIÓN
FUNCIONAL DEL
ESQUIADOR ALPINO ☐

ALTO RENDIMIENTO
EN EL ATLETA DE
CATEGORÍA MÁSTER ☐

NUTRICIÓN PARA
EL BALONMANO ☐

GLUCOSA Y
FRUCTOSA APLICADAS
A LA PRUEBA DE
400 METROS LISOS ☐



GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS
CONSEJERÍA DE CULTURA,
POLÍTICA LINGÜÍSTICA Y TURISMO



FUNDACIÓN
DEPORTIVA MUNICIPAL
Ayuntamiento de Avilés



Unidad Regional
de Medicina Deportiva
GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS



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

Valoración funcional del esquiador alpino: Protocolos de campo para la determinación del perfil fisiológico. ▶ 07 11

Novedades sobre el alto rendimiento en el atleta de categoría máster. ▶ 12 19

Nutrición para el balonmano. ▶ 20 27

Co-ingestión de glucosa y fructosa aplicadas a la prueba de 400 metros lisos en atletismo. ▶ 28 39

Bibliografía. ▶ 40 43

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

Imprime: ASTURCOPIA.



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





Conclusiones de las XIV Jornadas de Trabajo del Grupo “Avilés” de Medicina del Deporte, 2025

Málaga ha sido el epicentro de la coordinación y el avance científico en medicina deportiva con la celebración de las XIV Jornadas de Trabajo. Reunión del Grupo de Trabajo Avilés de Medicina del Deporte, que se han desarrollado los días 6 y 7 de octubre en las sedes de la Empresa Pública para la Gestión del Turismo y el Deporte de Andalucía y el Instituto Andaluz del Deporte.

Este evento es el fruto de una sólida y necesaria colaboración entre dos instituciones esenciales: el Consejo Superior de Deportes (CSD), que ejerce el liderazgo de este importante grupo de trabajo, y que estuvo representado por el subdirector general de Ciencias del Deporte, Ignacio Melendro; y el Centro Andaluz de Medicina del Deporte (CAMD), órgano dependiente de la Junta de Andalucía y coorganizador de estas jornadas, representado por la directora general de Sistemas y Valores del Deporte, Mariola Rus. Esta cooperación simboliza el compromiso compartido de las administraciones públicas con la excelencia en la atención al deportista.

Coorganizadas por ambas instituciones, las jornadas congregaron a 21 responsables de los centros de medicina del deporte de todas las comunidades autónomas, asegurando una representación completa y de máximo nivel. El Grupo Avilés se ha consolidado como el foro de consenso y la principal herramienta de coordinación para unificar criterios, compartir buenas prácticas y, en última instancia, ofrecer el mejor servicio médico-deportivo a nivel nacional.

La calidad científica de las ponencias fue el punto central de esta edición, con un programa intensivo que abordó las cuestiones más relevantes para la salud del deportista. **Los temas principales se estructuraron en cuatro mesas de trabajo: reconocimiento médico deportivo; alto rendimiento y salud; dermatología y deporte; y actualidad en medicina deportiva en España.**

Las jornadas culminaron con la elaboración final de propuestas y conclusiones.



- ▶ Resaltamos la importancia del reconocimiento médico-deportivo correctamente realizado cuyo objetivo es detectar factores de riesgo o patologías que pongan en riesgo la salud y el rendimiento. Este debe ser efectuado, de manera precisa e individualizada, por un médico especialista en medicina de la Educación Física y el Deporte quien debe contar con un profundo conocimiento de las alertas cardiológicas en deportistas y de las contraindicaciones cardiológicas para la práctica deportiva, prestando especial atención a los antecedentes familiares y personales.
 - ▶ El certificado de aptitud para la práctica deportiva, obtenido como resultado de un reconocimiento médico deportivo, es un documento de suma importancia que conlleva implicaciones legales. Debe ser elaborado con estricta rigurosidad y precisión, y tiene que ser concluyente: apto o no apto.
 - ▶ Para el adecuado estudio de los deportistas de alto nivel, las pruebas de esfuerzo realizadas deben ser específicas, objetivas y útiles, ajustadas a la especialidad y modalidad deportiva. Esto es particularmente importante en deportes que se desarrollan en condiciones ambientales específicas; la prueba de esfuerzo debería intentar replicar, de la forma más fiel posible, las circunstancias de la actividad deportiva, con el fin de lograr resultados que reflejen lo que ocurre en la práctica real.
 - ▶ En el control analítico de un deportista, se realiza un primer análisis completo previo inicio de temporada y una monitorización durante la temporada para controlar tanto temas de salud como de rendimiento deportivo. Los parámetros incluidos varían según la especialidad deportiva: monitorización del estrés oxidativo, parámetros inflamatorios, parámetros para detectar estados de déficit energético (RED), daño muscular, respuesta inmunológica, respuesta endocrina, sobrecargas o sobreentrenamientos.
- Su valoración, en conjunto, debe ser realizada, única y exclusivamente, por un médico especialista en Medicina del Deporte, como máximo responsable de la salud del deportista evaluado.
- ▶ La medicina hiperbárica se está definiendo como una herramienta de gran utilidad, no solo en el ámbito de la práctica de actividades subacuáticas sino también en la práctica médica en general, especialmente en la recuperación de lesiones. Pero hay que destacar que sólo es efectiva, siempre que se utilice con las presiones y aparataje adecuados. Se debe realizar una revisión médica previa, para descartar posibles contraindicaciones.
 - ▶ Hay que utilizar las nuevas tendencias en el entrenamiento de fuerza desde la perspectiva de la prescripción del ejercicio físico para la mejora de la salud a todas las edades.



- ▶ Dado el gran aumento de casos de cáncer de piel, el médico deportivo debe insistir en estrategias de prevención de cáncer de piel, siguiendo las recomendaciones de la OMS. Los deportistas tienen un alto riesgo de cáncer de piel, por lo que el médico deportivo puede ser un primer eslabón en la cadena de prevención de este tipo de cáncer, siendo necesario potenciar la formación del médico deportivo en la detección de esta patología.



- ▶ El deportista debe ser conocedor de los riesgos de la exposición solar inadecuada y de los mecanismos de protección existentes. Por esta razón, es necesario informar y formar a los deportistas para que puedan adoptar las medidas necesarias.
- ▶ El ejercicio físico adecuadamente prescrito, programado y ejecutado, debe ser un componente importante del estilo de vida saludable para las personas que han sufrido un trasplante de órgano.
- ▶ Reiteramos la necesidad de reanudar la formación de la especialidad de medicina del deporte para poder atender adecuadamente las necesidades médicas de los deportistas. La falta, cada vez más evidente, de profesionales de esta especialidad en los centros de medicina que atienden a deportistas, está ocasionando la dificultad para cubrir estas plazas con el consecuente detrimento de calidad asistencial a nuestros deportistas. Para ello es esencial las sinergias entre organismos administradores del deporte y de la sanidad.



▶ María Esther Álvarez Cueto. *Patronato Deportivo Municipal de Gijón.*

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

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

▶ Markel Aitor Arregui Martín. *Centro BASQUE TEAM zentroa. País Vasco.*

▶ 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.*

▶ Carmen Calderón Soto. *Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada. Consejo Superior de Deportes.*

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

▶ Vicente Elías Ruiz. *CTD "Adarraga". Logroño.*

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

▶ Fernando Novella María-Fernández. *Servicio Médico del Patronato Municipal de Deportes. Ayuntamiento de Fuenlabrada (Madrid).*

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

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

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

▶ Eduardo Ribot Rodríguez. *Centro de Medicina del Deporte de Madrid. Consejo Superior de Deportes.*



► Fernando Salom Portella, *Gabinete de Medicina Deportiva. Consell Insular de Menorca.*

► Rodrigo Santos Santamarta, *Centro Regional de Medicina Deportiva de Castilla y León. CEREMEDE.*

► Juan Carlos Tébar Rodrigo, *Centro de Medicina Deportiva. Ayuntamiento de Rivas (Madrid).*

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



Infografía, cortesía del Dr. Fernando Novella María-Fernández.



VALORACIÓN FUNCIONAL DEL ESQUIADOR ALPINO: PROTOCOLOS DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PERFIL FISIOLÓGICO

07

- 1. Introducción: La necesidad de objetivar el rendimiento ◀
- 2. El Calentamiento: Protocolo de Activación Pre-Test ◀
- 3. El Pilar de la Potencia: Test de Salto con ◀
Contramovimiento (CMJ)
- 4. Evaluación de la Capacidad Anaeróbica Láctica ◀
- 5. Evaluación de la Agilidad y Coordinación ◀
- Conclusión ◀



Juan Pérez-Landaluce González

CONTINUANDO CON LO EXPLICADO EN NUESTRO ARTÍCULO ANTERIOR SOBRE EL ACONDICIONAMIENTO FÍSICO, EN ESTA ENTREGA PROFUNDIZAREMOS EN LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL ESQUIADOR ALPINO. EXPONDREMOS PROTOCOLOS DE CAMPO ESPECÍFICOS PARA DETERMINAR EL PERFIL FISIOLÓGICO DEL DEPORTISTA, UNA HERRAMIENTA INDISPENSABLE PARA CUALQUIER PREPARADOR FÍSICO QUE BUSQUE OBJETIVIDAD EN SU TRABAJO.

REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE
DEPORTES DE INVIERNO



1. Introducción: La necesidad de objetivar el rendimiento

El esquí alpino es mucho más que un deporte invernal; es una sinfonía de movimientos precisos y coordinados, donde se entrelazan la fuerza explosiva, la agilidad y una resistencia metabólica muy específica¹. A menudo, nos enfrentamos al error de iniciar la temporada basándonos en sensaciones subjetivas, sin una valoración cuantitativa previa².

En el ámbito deportivo, nos regimos por una máxima fundamental: "Lo que no se evalúa, se devalúa"³. Es imposible planificar un entrenamiento eficaz o programar cargas si desconocemos el punto de partida⁴. Como bien señala la literatura científica, la preparación física del equipo de élite exige una periodización rigurosa basada en datos objetivos (Diez Rodríguez, 1991)⁵.



Para comprender qué debemos evaluar, primero debemos entender la demanda. A nivel fisiológico, el esquí alpino se define como un deporte de resistencia intermitente que requiere altos niveles de fuerza isométrica y excéntrica, así como una elevada capacidad anaeróbica. Diversos autores, como [Turnbull et al. \(2009\)](#), han detallado cómo la frecuencia cardíaca puede alcanzar valores del 90-190% del $\text{VO}_2\text{máx}$ durante la competición, exigiendo una base metabólica sólida. Como ya expusimos en nuestra anterior publicación sobre el [acondicionamiento físico en el esquiador \(Pérez-Landaluce, 2025\)](#), no basta con "estar en forma"; se requiere una adaptación específica de los sistemas energéticos y neuromusculares antes de enfrentarse a la pendiente.

El objetivo de este artículo es proponer una batería de tests de campo (CM), Hexágono y Saltos Laterales) que nos permitan dibujar el mapa completo de las capacidades del esquiador antes de pisar la nieve⁶. Esta evaluación busca responder a una pregunta crítica: ¿Está tu atleta realmente preparado para la carga excéntrica del esquí?⁷. Solo así podremos pasar del diagnóstico a la planificación y ajustar con precisión las cargas de entrenamiento⁸.



2. El Calentamiento: Protocolo de Activación Pre-Test

La validez de cualquier test físico depende de una preparación adecuada; un calentamiento genérico no prepara el cuerpo para los requerimientos específicos de un test de potencia o agilidad⁹. Debemos buscar disminuir el riesgo de lesión y potenciar los resultados¹⁰.

Siguiendo las directrices actuales en ciencias del deporte, sugerimos aplicar la estructura **RAMP** (Raise, Activate, Mobilize, Potentiate) propuesta por [Jeffreys \(2007\)](#). Este enfoque estructura la activación de la siguiente manera:

- ▶ **Fase Aeróbica (Raise):** Actividad de baja intensidad (trotar, bicicleta) no superior a 10 minutos para elevar la temperatura corporal¹¹.
- ▶ **Movilidad Articular Dinámica (Mobilize):** Trabajo de las articulaciones principales (tobillo, rodilla, cadera) para ganar amplitud de movimiento¹².
- ▶ **Fase Específica y Potenciación (Activate & Potentiate):** Ejercicios que simulen los movimientos del test, como saltos reactivos o desplazamientos laterales cortos, para activar el sistema neuromuscular¹³.

3. El Pilar de la Potencia: Test de Salto con Contramovimiento (CMJ)

La fuerza es un componente esencial, pero malinterpretada si se analiza de forma aislada¹⁴. La verdadera clave para el esquiador reside en la potencia ($P = F \times V$), es decir, la capacidad de aplicar fuerza a gran velocidad¹⁵. Tal y como establecen [Badillo y Ayestarán \(2002\)](#) en los fundamentos del alto rendimiento, la manifestación explosiva de la fuerza es determinante para el éxito deportivo¹⁶.

El CMJ (*Countermovement Jump*) es la herramienta "Gold Standard" de campo para medir esta cualidad¹⁷.



► Protocolo de Ejecución:

- **Posición:** Bipedestación, manos fijas en la cadera (en jarra) para aislar el tren inferior¹⁸.
- **Ejecución:** Flexión rápida de rodillas (aprox. 90°) seguida inmediatamente de una extensión explosiva buscando la máxima altura¹⁹.
- **Medición:** Usando plataformas de contacto o apps validadas, medimos la altura del vuelo²⁰.

TABLA DE REFERENCIA

ALTURA DEL SALTO (CM)	NIVEL ESTIMADO
> 60 CM	Corredor de Copa del Mundo
40 - 60 CM	Corredor de Copa de Europa
30 - 40 CM	Excelente nivel amateur / Competición
25 - 30 CM	Nivel Amateur

4.

Evaluación de la Capacidad Anaeróbica Láctica

El esquí alpino no es un maratón; es un esfuerzo de alta intensidad que suele durar entre 60 y 90 segundos, generando una alta concentración de lactato²². Necesitamos evaluar si el esquiador es capaz de mantener la coordinación técnica bajo fatiga metabólica²³. La evidencia sugiere que combinar fuerza y resistencia específica es clave para el rendimiento (Vogt y Hoppeler, 2012)²⁴.

► Test Propuesto: Test de Saltos Laterales (90 segundos).

Este test simula la demanda metabólica de una bajada de Slalom Gigante²⁵.

- **Protocolo:** Se coloca una línea o pequeña valla (15-20 cm) en el suelo²⁶. El atleta debe saltar lateralmente de un lado a otro, con pies juntos, durante 90 segundos continuos²⁷.
- **Objetivo:** Contar el número total de toques (saltos) realizados²⁸.
- **Interpretación:** Evaluamos no solo la cantidad, sino la calidad de los últimos 20 segundos²⁹. Si el ritmo cae drásticamente o la técnica se descompone, indica una baja tolerancia al lactato, lo que en pista se traduciría en errores técnicos al final de la bajada³⁰.





5. Evaluación de la Agilidad y Coordinación

El esquí es una "danza sobre la nieve" que exige ajustes constantes del centro de gravedad³¹. Estudios específicos han demostrado que el entrenamiento propioceptivo y la agilidad son fundamentales para el aprendizaje y la prevención de lesiones (Malliou et al., 2004)³².

► Test Propuesto: Test del Hexágono

Este test, validado por la NSCA (Baechle & Earle, 2008) y utilizado frecuentemente en deportes de invierno, evalúa la agilidad, el equilibrio dinámico y la rapidez de pies en múltiples vectores de fuerza. Es especialmente útil en el esquí para valorar la capacidad de mantener el centro de gravedad bajo control mientras se realizan apoyos rápidos en distintas direcciones.

- **Protocolo:** Se dibuja un hexágono en el suelo con lados de 66 cm (24 pulgadas) y ángulos de 120 grados. El atleta comienza en el centro y debe saltar cruzando cada línea hacia afuera y volver al centro inmediatamente, siguiendo el sentido de las agujas del reloj.
- **Ejecución:** Se deben completar tres vueltas completas (18 saltos en total) lo más rápido posible.
- **Interpretación:** Un tiempo elevado (>12-13 segundos en varones competitivos) indica lentitud en la transición excéntrica-concéntrica y falta de coordinación fina, esencial para los cambios de canto rápidos.

► Conclusión

La preparación física para el esquí debe ser un "traje a medida". No podemos confiar el rendimiento al azar³³. El perfil fisiológico del esquiador de alto nivel es multifacético: requiere la potencia del CMJ, la resistencia láctica de los saltos laterales y la agilidad del hexágono³⁴.

Como profesionales, debemos recordar: lo que no se evalúa mediante tecnología y rigor —como el uso de herramientas de medición objetiva (Álvarez-San Emeterio y González-Badillo, 2010)— difícilmente podrá mejorarse con precisión³⁵.



NOVEDADES SOBRE EL ALTO RENDIMIENTO EN EL ATLETA DE CATEGORÍA MÁSTER

- ▶ Introducción
- ▶ Sistema inmune y la importancia en el envejecimiento
- ▶ El óxido nítrico, un gran aporte en el atletismo máster
- ▶ Músculo esquelético como órgano endocrino
- ▶ Conclusiones

Introducción ◀

Mario Peinado Garrido

CENTRO OLÍMPICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
(COMITÉ OLÍMPICO ESPAÑOL). MADRID.



LA EVOLUCIÓN DE LOS HÁBITOS DEPORTIVOS EN LA POBLACIÓN ADULTA ESPAÑOLA HA CAMBIADO CONSIDERABLEMENTE, HABIENDO EN LA ACTUALIDAD CADA VEZ MÁS ATLETAS MÁSTER CON GRANDES RESULTADOS, INCLUSO EN CATEGORÍAS SUPERIORES A 60 AÑOS.

EL ENVEJECIMIENTO ES UNA PARTE NATURAL E INEVITABLE DEL PROCESO DE LA VIDA DEL ATLETA MÁSTER, SE CARACTERIZA POR UNA DISMINUCIÓN GRADUAL Y GENERAL DE LAS FUNCIONES FISIOLÓGICAS QUE FINALMENTE CONDUCEN A LA PÉRDIDA DE FUERZA Y DISMINUCIÓN DEL RENDIMIENTO. EL PROCESO DE ENVEJECIMIENTO NO SE COMPRENDE EN SU TOTALIDAD, DE AHÍ LAS DIFERENTES TEORÍAS QUE PRETENDEN EXPLICARLO. SIN EMBARGO, SE HAN HECHO CONSIDERABLES PROGRESOS PARA COMPRENDER Y EXPLICAR LOS EFECTOS DE LOS OXIDANTES, ESPECIES REACTIVAS DE OXÍGENO Y DE NITRÓGENO, EN EL ESTRÉS OXIDATIVO DE LÍPIDOS, PROTEÍNAS Y ADN, QUE CONTRIBUYEN A LA MANIFESTACIÓN DE ESTE PROCESO⁽¹⁻³⁾.



Varios autores han apuntado que una de las causas importantes del envejecimiento celular es la producción de radicales libres (ROS)⁽⁴⁻⁶⁾ definieron el envejecimiento de la siguiente manera: *“En un entorno dado, las células sufren una cantidad de daño; si la velocidad a la cual éste se acumula excede al potencial genético de las células para corregirlo por división, biosíntesis o reparación, el daño se irá acumulando y conducirá al envejecimiento o la enfermedad”*. En esta definición va implícita la idea de daño acumulativo y por tanto la capacidad de evitar el daño y/o de repararlo puede enlentecer el proceso de envejecimiento⁽⁷⁾. Una de las teorías más avaladas hipotetiza que el envejecimiento y las enfermedades degenerativas se derivan de una acumulación de daño en el ADN mitocondrial (mtDNA) y en otras importantes biomoléculas en células somáticas tras la mitosis, tales como el músculo esquelético, corazón, o el cerebro, resultando en una acumulación de daño a proteínas críticas y vías enzimáticas responsables de producción de ATP por fosforilación oxidativa y de la cadena respiratoria^(8,9). Algunos estudios han puesto de manifiesto que tanto el contenido como la producción muscular de ATP disminuye con la edad, afectando la funcionalidad del tejido⁽¹⁰⁾. Se ha observado que esta disminución se correlaciona con la acumulación de deleciones/mutaciones en el mtADN^(8,10,11). Se ha propuesto que la pérdida de mtADN conduce a la atrofia y pérdida de la fibra muscular lo que causa sarcopenia⁽¹²⁾, produce disfunción mitocondrial que puede desencadenar en necrosis y/o apoptosis⁽¹³⁻¹⁴⁾.



En esta teoría del envejecimiento en la que la acumulación de especies reactivas de oxígeno es la causa de la senescencia celular tiene algunas evidencias contradictorias. Sabemos que algunos mecanismos que median en la longevidad actúan a través de la inducción de estrés oxidativo. Por ejemplo, la restricción calórica y el ejercicio físico, dos situaciones que potencian la producción de ROS, son dos factores reconocidos que incrementan la longevidad⁽¹⁵⁾; en la misma línea se ha evidenciado que las terapias antioxidantes son perjudiciales en el proceso de envejecimiento saludable⁽¹⁵⁻¹⁶⁾. Quizás esta disyuntiva se enmarca en el doble papel dañino y a la vez de señalización que presentan muchas de las especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno (RONS). Las RONS tienen funciones de mediación en la expresión de genes, en la dinámica mitocondrial, en la angiogénesis. Pero a la vez unos niveles excesivamente altos inducen daño celular y estrés oxidativo perjudicial. De forma similar, se ha puesto de manifiesto que un desequilibrio pro-/anti-inflamatorio puede ser responsable del proceso natural de envejecimiento.





De hecho, estudios de envejecimiento en humanos ponen de manifiesto que una parte importante del fenotipo propio del envejecimiento, incluyendo la inmunosecescencia, puede explicarse por un desequilibrio entre las redes inflamatorias y anti-inflamatorias, resultando en un estado crónico pro-inflamatorio asociado al envejecimiento. La inflamación crónica juega un importante papel en el desarrollo de enfermedades asociadas al envejecimiento, a la vez que los procesos inflamatorios reducen la capacidad antioxidante celular e inducen estrés oxidativo⁽¹⁷⁾.



El envejecimiento y pérdida de rendimiento en la competición en atletas veteranos está asociado con un descenso significativo de la función neuromuscular, su solicitud y la nutrición y también al desarrollo de patologías derivadas de situaciones de inflamación crónica (muchas veces aumentada por el entrenamiento o sobre entrenamiento inadecuado para estas edades) y síndrome metabólico. El descenso de la función neuromuscular deriva en una inevitable reducción de la masa muscular y la pérdida de fuerza que se le asocia a medida que nos hacemos mayores^(18, 19). El término sarcopenia se utiliza para describir la pérdida de masa muscular y todos aquellos cambios que acompañan y condicionan su instauración: la inervación del sistema nervioso central y periférico, la variación de las concentraciones hormonales con la edad, los procesos inflamatorios y la modificación del aporte y asimilación nutricional⁽²⁰⁾. El envejecimiento es un proceso fisiológico complejo y natural influenciado por múltiples factores, alguno de los cuales son modificables⁽²¹⁾. El conocimiento de los mecanismos de defensa frente al estrés oxidativo y su regulación, la dinámica de biogénesis, remodelación y reparación mitocondrial y la situación de equilibrio entre los marcadores pro-/anti-inflamatorios pueden contribuir a la comprensión y ralentización del proceso de envejecimiento y mejora del rendimiento deportivo.



El deterioro progresivo de las funciones biológicas del organismo que acompaña a la edad avanzada es algo menos pronunciado en las personas que practican ejercicio de forma regular que en los individuos sedentarios^(21,22). El entrenamiento estimula la adaptación del músculo esquelético, aumentando su masa y fuerza, y mejorando su eficiencia⁽²³⁾. Así, el seguimiento de ex-deportistas veteranos que continuaron practicando ejercicio y compitiendo con muy buenos resultados demuestra una senescencia con mejor calidad de vida y menor afectación de los diversos sistemas orgánicos^(23,24). Se ha puesto de manifiesto que el $\text{VO}_2\text{máx}$ de atletas octogenarios entrenados llega a duplicar el de octogenarios no entrenados⁽²⁵⁾ e incluso se ha cuestionado que este dato esté infravalorado⁽²⁶⁾. Estos estudios dan soporte a la idea de que un estilo de vida que incorpora ejercicios de resistencia y potencia combinados ayuda a mantener la plasticidad de los sistemas fisiológicos más allá de 80 años de edad y que tiene beneficios directos para la salud en general⁽²¹⁾. Los deportistas veteranos son un buen modelo de “envejecimiento excepcionalmente exitoso” y por lo tanto su estudio puede permitir evidenciar aquellos mecanismos que son modificables y tienen importancia para conseguir un envejecimiento exitoso. En el lado opuesto y como modelo de estudio de envejecimiento no saludable se encuentran los individuos que manifiestan las características del síndrome metabólico; es una enfermedad asociada al envejecimiento en la que personas mayores presentan una constelación de factores de riesgo cardiovascular y metabólico, relacionados con acumulación de adiposidad central y de infiltración de grasa ectópica en hígado y músculo, ligados a una sobrealimentación y al sedentarismo con efectos muy perjudiciales en la salud de la edad adulta⁽²⁷⁾.

El cambio de estilo de vida, incorporando la práctica de actividad física de forma regular, tiene que permitir adquirir algunas de las características propias de los deportistas veteranos con importantes beneficios en la salud. Estas estrategias de mejora de la salud incorporando la actividad física de forma regular son objeto de ensayos clínicos multicéntricos con personas mayores afectadas de síndrome metabólico como es el estudio PREDIMED, en el que se combina la realización de actividad física regular con una adhesión a la dieta mediterránea para reducir o revertir manifestaciones del síndrome metabólico como obesidad, hipertensión o diabetes⁽²⁸⁾.

Sistema inmune y la importancia en el envejecimiento



El envejecimiento altera los marcadores circulantes de inflamación⁽²⁹⁻³¹⁾. Por otro lado, el ejercicio físico induce una respuesta antiinflamatoria⁽³²⁾, mediada con probabilidad por la secreción de diversas mioquinas⁽³³⁾, que podría evidenciarse en que los deportistas de edad que han continuado practicando deporte e incluso compitiendo a largo de toda su vida mantengan una alta capacidad de secreción de mioquinas frente a un ejercicio intenso y que en condiciones basales esté ausente la inflamación crónica de baja intensidad. Aunque no se han encontrado correlaciones entre la pérdida de fuerza y de capacidad aeróbica que se produce con la edad y marcadores pro-inflamatorios en músculo esquelético⁽³⁰⁾.





Se ha sugerido que la inflamación crónica de baja intensidad contribuye a la aparición de las enfermedades relacionadas con la edad⁽³⁴⁻³⁵⁾. La situación de síndrome metabólico asociada al envejecimiento se acompaña de un estatus pro-inflamatorio, con activación del inflama soma que podría desencadenar una acumulación anormal de lípidos empeorando la patología. Las células del sistema inmune no están exentas de envejecimiento⁽³⁶⁾, y es posible que la mitocondria desempeñe un papel relevante en la inmunodeficiencia relacionada con la edad y en la activación del inflama soma y aparición de marcadores pro-inflamatorios en síndrome metabólico⁽³⁷⁾. Se ha observado que el daño en DNA linfocitario incrementa con la edad de forma similar a como incrementa la capacidad linfocitaria de producción de peróxido de hidrógeno. El entrenamiento aeróbico parece jugar un papel atenuando la acumulación de DNA dañado con la edad⁽³⁸⁾. La realización de actividad física podría afectar la calidad mitocondrial de las células del sistema inmune influyendo en su capacidad pro/anti-inflamatoria. La realización de actividad física en el modelo de envejecimiento saludable de los deportistas máster y en su uso como terapia para atenuar o revertir el síndrome metabólico podría contribuir a mejorar la calidad mitocondrial y a reducir la activación del inflama soma y el perfil pro-inflamatorio de células inmunitarias. De hecho, la actividad física induce una respuesta antioxidante y anti-inflamatoria que puede asociarse con los beneficios que genera en la prevención del síndrome metabólico y en el envejecimiento saludable. La realización de una actividad física intensa induce cambios adaptativos en el nivel y actividad de defensas antioxidantes linfocitarias⁽²⁶⁾, en la capacidad de producción de NO y de peróxido de hidrógeno^(26,28), disminuye la expresión de genes antioxidantes (UCP3) y anti-apoptóticos (Bcl-2) donde parece ser que la expresión de PGC1- α y de Sirt 3 juega un papel clave en esta respuesta adaptativa linfocitaria a la actividad física intensa⁽³⁹⁾. Tanto el ejercicio físico de larga duración y de alta intensidad como largos periodos de entrenamiento se encuentran asociados a cambios en el número y tipo de células inmunitarias circulantes⁽⁴⁰⁾, así como cambios funcionales y fenotípicos importantes en la respuesta inmune adaptativa de manera que los jóvenes ya presentan unas características fenotípicas y funcionales similares a los no-atletas mayores, no observándose diferencias con los atletas mayores⁽⁴¹⁾.

La acumulación de grasa asociada al síndrome metabólico promueve la activación del inflama soma que a su vez podría inducir senescencia celular en otros tejidos, incluido las células inmunitarias, que a su vez responderían de forma pro-inflamatoria⁽⁴²⁾





El óxido nítrico, un gran aporte en el atletismo máster

El papel del óxido nítrico (NO) en envejecimiento ha recibido una considerable atención en los últimos años^(15,40,41). El NO se produce en tejidos por la acción del óxido nítrico sintetasa (NOS), que transforma la L-arginina en L-citrulina produciendo NO, aunque otros precursores como el nitrato también se contemplan, en este caso es una ruta alternativa a la acción de las NOS⁽⁴³⁾. Existen diversas isoformas de NOS y un complejo sistema de regulación de su actividad enzimática, de su expresión génica y de su función⁽⁴⁴⁾. El NO generado se oxida en la sangre y en los tejidos para formar nitrito y nitrato⁽⁴⁵⁾. La NOS contribuye significativamente a la producción de nitrato y nitrito en general. Paralelamente, el nitrato parece ser reducido a nitrito por la flora bacteriana bucal y, éste es rápidamente asimilado en sangre. El nitrito es susceptible de ser reducido a NO por acción enzimática (xantina oxidasa, otras flavoproteínas oxidasas) siendo ésta una fuente adicional de NO, independiente de NOS, dependiente de la acción bacteriana de la flora bucal⁽⁴⁶⁾.

El NO es una molécula lipofílica no cargada que contiene un solo electrón desapareado⁽⁴⁷⁾ que hace que sea reactivo con otras moléculas, tales como el oxígeno, el glutatión, y los radicales superóxidos. Por lo tanto, el óxido nítrico podría funcionar como un donador de electrones (oxidante) o un aceptor de electrones (antioxidante), difunde a través de las membranas celulares y en las células adyacentes⁽⁴⁴⁾, y es un importante modulador del flujo sanguíneo y la respiración mitocondrial durante el ejercicio físico⁽⁴⁸⁾.

Muchos de los estudios sobre el efecto de NO sobre el envejecimiento demuestran que hay una disminución del nivel basal con la edad^(38,49) y que algunas enfermedades neurodegenerativas tales como la enfermedad de Alzheimer, enfermedad cardiovascular, cáncer, accidente cerebrovascular, y una disminución en la respuesta inmune a los agentes patógenos⁽⁵⁰⁾ han demostrado estar directamente relacionadas con la cantidad de óxido nítrico disponible en el anciano^(44,51). Así mismo se ha evidenciado que la pérdida de NOS muscular con la edad incrementa la degradación de miofibrillas y la sarcopenia⁽⁵²⁾. La práctica de actividad física a lo largo de toda la vida previene la reducción de la biodisponibilidad muscular y arterial de NO relacionada con la edad⁽⁴¹⁾. Por lo tanto, las alteraciones en la producción de NO podría tener un profundo efecto sobre el envejecimiento normal y las condiciones de enfermedad⁽⁵³⁾.



Músculo esquelético como órgano endocrino



El músculo esquelético es un órgano endocrino, productor y secretor de mioquinas durante la contracción muscular que puede influir en el metabolismo de otros tejidos⁽⁵²⁾. Se ha establecido interacciones entre la contracción muscular y el funcionamiento de tejidos como el adiposo, el hígado, el sistema inmune y el cerebro mediadas por la secreción de mioquinas como las IL-6, IL-8 y IL-15⁽⁵⁵⁾. Hay fuertes evidencias que un incremento agudo de IL-6 potencia la oxidación de grasa, mejor la captación de glucosa estimulada por insulina y tiene efectos antiinflamatorios⁽⁵⁶⁾. La IL-8 y la IL-15 secretada por el músculo parecen tener más una función a nivel local con efectos autocrinos o paracrinos teniendo un papel en la inducción de angiogénesis la primera⁽⁵⁷⁾ y como un factor anabólico en el músculo en crecimiento la segunda⁽⁵⁸⁾ y que se secreta durante la contracción muscular, participando en el mecanismo de interacción músculo esquelético-tejido adiposo⁽⁵⁹⁾, estimula la diferenciación miogénica de forma independiente del factor de crecimiento dependientes de insulina⁽⁶⁰⁾. Otras mioquinas son secretadas por el músculo como la leptina⁽⁶¹⁾, irisina⁽⁶²⁾ relacionadas con el control del peso corporal. La leptina está considerada como una adipocina con funciones importantes en el control de la ingesta y del peso corporal⁽⁶³⁾. La Irisina es una nueva hormona secretada por los miocitos que se ha propuesto media en los beneficiosos efectos del ejercicio sobre el metabolismo⁽⁶⁴⁾. Los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre la salud podrían estar mediados por la acción de estas mioquinas. En una revisión reciente⁽⁵⁴⁾ ha puesto de manifiesto que la secreción de mioquinas como las mencionadas anteriormente y otras como el Factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) por parte del músculo esquelético interacciona con las enfermedades degenerativas asociadas a la edad proporcionando vías por las que el ejercicio continuado puede desempeñar efectos beneficiosos en la senescencia. De hecho, se ha asociado la situación de síndrome metabólico con déficits en la secreción de mioquinas en respuesta a la contracción muscular.



La práctica regular de actividad física (incluida la competición) y el consumo de cantidades adecuadas de nitrato y/o precursores de óxido nítrico podrían contribuir a la secreción de mioquinas por parte del músculo en ejercicio.



Conclusiones

Durante el proceso de envejecimiento, los atletas en categoría máster se vuelven más vulnerables a padecer enfermedades y hay una disminución de la capacidad para mejorar el rendimiento. El mantenimiento de la independencia y la capacidad de realizar actividades/entrenamientos diarios, pueden ser marcadores más fiables del proceso de envejecimiento, que la edad cronológica. Varios autores han apuntado que una de las causas importantes del envejecimiento celular es la producción de radicales libres (ROS). La restricción calórica y el ejercicio físico, dos situaciones que potencian la producción de ROS, son dos factores reconocidos que incrementan la longevidad y el rendimiento. Por otra parte, un número considerable de investigaciones asocian la edad con un incremento en las concentraciones de biomarcadores de inflamación.

El mantenimiento activo de un buen nivel de defensas antioxidantes, de secreción muscular de mioquinas y de una buena y adecuada suplementación con nitratos pueden ser unas de las características que permitan mantener el nivel de masa muscular, de fuerza, un bajo nivel de inflamación crónica y de resistencia a la infección característicos del "envejecimiento excepcionalmente exitoso" que presentan los atletas y personas que han mantenido el ritmo de entrenamiento a largo de su vida, e incluso su mejora en el rendimiento enfocado al atletismo o deportes relacionados.



- ▶ 1. Introducción
- ▶ 2. Nutrición en el jugador de Balonmano
- ▶ 3. Conclusión

Introducción ◀

Laia Soler García



FEDERACIÓN CATALANA DE HOCKEY

DURANTE LA PRÁCTICA DEPORTIVA DEL BALONMANO LOS JUGADORES ESTÁN SOMETIDOS A UN RITMO RÁPIDO EN LA ACCIÓN DEFENSIVA Y OFENSIVA, EN EL QUE VARÍA CONSTANTEMENTE LA DIRECCIÓN Y LA VELOCIDAD DE MOVIMIENTO. ADEMÁS, LOS JUGADORES TIENEN QUE COORDINAR SUS MOVIMIENTOS PARA CORRER, SALTAR O CAMBIAR DE DIRECCIÓN, ASÍ COMO PARA CONSEGUIR UN BUEN CONTROL DE LA PELOTA INDIVIDUAL Y DE EQUIPO. LAS CARACTERÍSTICAS DEL JUEGO EXIGEN UNA CARGA DE ENTRENAMIENTO FÍSICA ELEVADA, Y LA COMPETICIÓN CONDUCE A LA APARICIÓN DE ESTRÉS FISIOLÓGICO, BIOMECÁNICO Y PSICOLÓGICO DEL DEPORTISTA.

SI BIEN LA CARGA GENÉTICA DESARROLLA UN PAPEL IMPORTANTE EN EL ÉXITO DEPORTIVO, LOS FACTORES AMBIENTALES COMO EL ENTRENAMIENTO Y LA NUTRICIÓN TAMBIÉN SON DETERMINANTES; UN ENTRENAMIENTO FÍSICO BIEN ESTRUCTURADO ES FUNDAMENTAL PARA FOMENTAR EL DESARROLLO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS DEL DEPORTISTA, Y UNA NUTRICIÓN ADECUADA FACILITA LA ADAPTACIÓN ÓPTIMA AL ENTRENAMIENTO.



(Burke L., 1999) define la nutrición en el deporte como la aplicación de estrategias alimentarias para promover la buena salud y la adaptación al entrenamiento, para recuperarse con rapidez después de cada sesión de entrenamiento deportivo y para desarrollarse óptimamente durante la competición.

Por tanto, según (Williams, 2005), la nutrición deportiva implica la aplicación de principios nutricionales para la mejora del rendimiento deportivo, aportando la energía y nutrientes necesarios para soportar las demandas del entrenamiento y/o de la competición, facilitando la recuperación y la reparación del daño tisular causado después del ejercicio.

2. Nutrición en el jugador de Balonmano

Durante la práctica deportiva se utilizan diferentes sistemas de obtención de energía, dependiendo de la intensidad y la duración del ejercicio. Los componentes de alta energía almacenados en el músculo (adenosina trifosfato – ATP – y fosfocreatina – PCr) se utilizan en ejercicios de corta duración y alta intensidad, los hidratos de carbono (HC) almacenados en forma de glucógeno muscular pueden utilizarse en ausencia de oxígeno para el ejercicio intenso con una duración máxima de hasta 3 minutos (vía anaeróbica), o ser oxidados junto con las grasas (vía aeróbica) en ejercicios de mayor duración (ejercicios de resistencia de más de 5 minutos). Todo esto se hace de manera progresiva en el que se denomina *Continuum energeticum* (Bowers & Fox, 1992).

El Balonmano, como otros deportes de equipo, se caracteriza por ser un deporte acíclico e intermitente, de duración moderada-larga, en el cual se combinan esfuerzos de intensidad máxima y submáxima intercalados con periodos de recuperación activa y de descanso pasivo (Hawley & Burke, 1998). Concretamente, durante un partido de Balonmano los jugadores pueden recorrer distancias borde de 4.000 y 6.000 m: Andando (1.500 m), trotando (1.700 m), corriendo (1.400 m) y esprintando (600 m), presentando además 270 cambios de dirección, 70 esprints y 16 saltos por partido (Bon, 2001). Se estima que el 3% de los esfuerzos durante los partidos son de baja intensidad, el 25% de intensidad moderada, el 60% de intensidad submáxima y el 12% de intensidad máxima (Bon, 2001), con una carga de trabajo relativa a intensidades del 65-80% del VO_{2max} (Wagner, Finkenzeller, Würth, & Duvillard, 2014). La frecuencia cardíaca media durante un partido es de 160-170 latidos por minuto (Wagner, Finkenzeller, Würth, & Duvillard, 2014), la concentración media de lactato en sangre es de 4.8mmol/l durante el partido (Bon, 2001) y de 3.11 mmol/l después del mismo (Wagner, Finkenzeller, Würth, & Duvillard, 2014).

Este patrón de actividad, caracterizado por la realización de esfuerzos máximos y submáximos con periodos de recuperación cortos, requiere mantener una alta capacidad aeróbica y una alta capacidad glucolítica anaeróbica y de síntesis de fosfocreatina (Mujika & Burke, 2010). En consecuencia, en el Balonmano el rendimiento está condicionado por un aportación energética y nutricional (especialmente de HC) que posibilite una rápida recuperación de la fatiga producida durante el entrenamiento o la competición.





2.1. Nutrición durante el período de entrenamiento



El periodo de entrenamiento habitual no requiere de ninguna demanda en especial de los nutrientes esenciales. No obstante, dado que este es lo más amplio en la vida deportiva del jugador, el mantenimiento de una nutrición adecuada resulta fundamental para garantizar un buen rendimiento deportivo.

Las recomendaciones nutricionales durante los periodos de entrenamiento persiguen garantizar una aportación de energía y de los nutrientes necesarios para cubrir las demandas de los entrenamientos y reducir el riesgo de aparición de lesiones asociadas con la práctica deportiva habitual.

Cómo sabemos, el aumento de las demandas energéticas asociadas a la práctica deportiva se consigue principalmente a expensas de un incremento en la aportación de HC en la dieta y, en menor medida, con un ligero aumento en la aportación de proteínas.

Los HC son la principal fuente de energía durante el ejercicio de intensidad moderada o alta, por lo cual su disponibilidad es un factor limitante, tanto en los ejercicios aeróbicos submáximos ($>65-70\% \text{ VO}_2\text{max.}$), como en los ejercicios intermitentes de alta intensidad, como el Balonmano. Por lo tanto, uno de los objetivos principales de la nutrición en el deportista de estas características se aportar la cantidad de HC necesaria para mantener un balance positivo de glucógeno que permita aumentar las reservas musculares y hepáticas. Con este objetivo se recomienda **una ingesta de 6-10g de HC/kg de peso/día**, mayoritariamente en forma de HC complejos o de absorción lenta (Burke L. M., Hawley, Wong, & Jeukendrup, 2011).

A diferencia de una planificación nutricional habitual, la estimación de la cantidad de HC en la dieta de un deportista de acuerdo con (Olivos, Cuevas, Álvarez, & Jorquera, 2012) no tiene que ser estimada según las calorías totales de la dieta, sino que idealmente tiene que ser estimada en relación con el peso corporal. Así, en función de las horas de entrenamiento diario, los gramos de HC recomendados son (Tabla 1):

INGESTA DE HC SEGÚN HORAS DE ENTRENAMIENTO DIARIO	
HORAS DE ENTRENAMIENTO DIARIO	APORTACIÓN HC * PESO CORPORAL
1 hora/día	6-7g de HC * kg de peso
2 horas/día	8g de HC * kg de peso
3 horas/día	9g de HC * kg de peso
4 horas/día	10g de HC * kg de peso

TABLA 1: Ingesta de HC en relación con el peso corporal y horas de entrenamiento diario



En lo referente a la ingesta de proteínas, tanto para los deportes de fuerza como por los de resistencia, se recomienda **una ingesta diaria de 1.2 a 1.6g/kg de peso/día**, con una adecuada aportación de proteínas de alto valor biológico (de origen animal) para mantener la masa muscular esquelética y reparar el daño tisular causado por el ejercicio (Maughan & Shirreffs, 2011). La mayoría de los atletas llegan a los objetivos fijados a través de la ingesta dietética habitual sin necesidad de utilizar suplementos (Holway & Spriet, 2011).

Los factores determinantes de los requerimientos de proteínas en los deportistas son según el tipo de deporte, intensidad del ejercicio, frecuencia de entrenamiento, ingesta energética a través de la dieta, contenido de HC del plan de alimentación y las reservas corporales de HC (Olivos, Cuevas, Álvarez, & Jorquera, 2012). En la (Tabla 2) podremos observar en función del estilo/tipo de entrenamiento, los gramos de proteínas recomendados por kg de peso corporal.

INGESTA DE PROTEINAS SEGÚN TIPO DE ENTRENAMIENTO	
ESTILO / TIPO DE ENTRENAMIENTO	APORTACIÓN HC * PESO CORPORAL
Entrenamiento de fuerza (Etapa de mantenimiento)	1.2 – 1.4g * kg de peso
Entrenamiento de fuerza (Etapa de aumento de masa muscular)	1.8 – 2.0g * kg de peso
Entrenamiento de resistencia	1.4 – 1.6 * kg de peso
Actividades intermitentes de alta intensidad	1.4 – 1.7g * kg de peso
Recuperación Postejercicio	0.2 – 0.4g * kg de peso

TABLA 2: Ingesta de proteínas en relación con el tipo de entrenamiento y peso corporal.

De acuerdo con la American Dietetic Association (ADA), Dietitians of Canada (DC), y con la American College of Sports Medicine (ACSM), las recomendaciones de ingesta de grasa en la población deportista no difieren de las establecidas por la población general. Por lo tanto, los objetivos nutricionales **de ingesta de grasa oscilan entre el 30-35% del Valor Calórico Total (VCT) de la dieta, con una aportación de grasas saturadas inferior al 10% del VCT** (Rodríguez, et al., 2009).

Por último, en lo referente a los requerimientos de macronutrientes, en el documento consenso de ADA, la DC y la ACSM de 2009 se estableció que, a pesar de que la práctica deportiva computa un aumento de los requerimientos de los macronutrientes (especialmente de vitamina D, vitaminas del grupo B, hierro, zinc y magnesio) y antioxidantes, estas necesidades se cubren con el aumento de la ingesta calórica, siempre y cuando la dieta sea balanceada (Rodríguez, et al., 2009).





2.2. Nutrición durante el periodo de competición– *Timing nutricional*



El *Timing nutricional* o momento óptimo de ingesta de nutrientes determina la respuesta de adaptación al ejercicio, por lo cual, además del mantenimiento de una dieta balanceada a lo largo de toda la temporada deportiva, la planificación dietética-nutricional antes, durante y después de la competición son cruciales para optimizar los procesos de recuperación después de la competición.

En los deportes de equipo uno de los factores más importantes en el rendimiento es la recuperación de la fatiga que se produce después de la práctica deportiva, especialmente en modalidades en las que los deportistas compiten en días sucesivos con poco tiempo por su recuperación (Terrados, Calleja-González, & Schelling, 2011) cómo sucede en el Balonmano.

Cuando se trabaja a intensidades entre el 65 y el 85% del VO_{2max} , como las observadas en los partidos de Balonmano (Wagner, Finkenzeller, Würth, & Duvillard, 2014) la aparición de la fatiga se debe al agotamiento de glucógeno muscular, siendo el tiempo hasta el agotamiento proporcional a la concentración inicial del mismo. En cambio, a intensidades menores, la fatiga puede darse por la deshidratación o situaciones de sobrecarga muscular, mientras que a intensidades mayores aparece como consecuencia del cúmulo de ácido láctico (Terrados, Mora, & Padilla, 2004). Por estos motivos, los principales objetivos de la ingesta **PreCompetición** en el jugador de Balonmano son, maximizar las reservas endógenas de glucógeno muscular y hepático y conseguir un buen estado de hidratación.

Para maximizar las reservas endógenas de glucógeno se recomienda como veremos en la (Tabla 3) hacer una **ingesta que aporte entre 1 y 2g de HCO/kg de peso corporal** al menos 4 horas antes de la competición (Kreider, et al., 2010). Además, recientemente se ha evidenciado que la adicción a las proteínas en la comida Pre-Competición favorece un mayor incremento en la fuerza y en la síntesis de proteína muscular, disminuyendo por lo tanto el daño muscular asociado a la práctica deportiva (Willoughby, Stout, & Wilborn, 2007). Por eso, actualmente se recomienda que la **ingesta realizada 4h antes de la competición también aporten entre 0.15 y 0.25g de proteína/kg de peso corporal** (Kerksick, et al., 2008, Kreider, et al., 2010).

INGESTA DE MACRONUTRIENTES PRECOMPETICIÓN	
INGESTA DE HC I PROTEÍNAS	APORTACIÓN * KG PESO CORPORAL
Ingesta HC 4 horas previas	1 – 2g de HC * kg de peso
Ingesta Proteínas 4 horas previas	0.15 – 0.25g de Proteínas * kg de peso

TABLA 3: Ingesta de macronutrientes Precompetición en relación con su temporalización.



Además de esto, la **ingesta de un pequeño snack durante los 30-60 minutos previos a la competición que aporte 50g de HCO y entre 5-10g de proteínas** también aumenta la biodisponibilidad de HCO durante una sesión de ejercicio intenso y disminuye el catabolismo proteico inducido por el mismo (Kreider, et al., 2010).

Las estrategias nutricionales implementadas durante la competición tienen como principal objetivo mantener la biodisponibilidad y la tasa de oxidación de HCO durante el ejercicio, así como evitar la deshidratación. Las reservas endógenas de glucógeno pueden durar entre 90 minutos y 3 horas cuando se practican ejercicios de intensidad moderada a intensa (65-85% del VO_2max) (Tarnopolsky, Gibala, & Phillips, 2005), por lo cual un partido de Balonmano (donde su duración es de 60 minutos) no se necesita aportar hidratos de carbono. No obstante, dado que durante los partidos también se desarrollan múltiples esfuerzos cortos e intensos, como esprints, que pueden producir descensos en los valores de glucógeno de fines el 32% de su valor inicial (Pérez-Guisado, 2008), **la administración de 150-200ml de una bebida isotónica que aporte entre 6-8g de HCO/100ml (Kreider, et al., 2010) y sodio en cantidades de entre 0.5-0.7g/l (Martínez-Sanz & Urdampilleta, 2012)** durante el descanso entre las dos partes del partido puede ayudar a preservar las reservas endógenas de glucógeno y mantener el estado de hidratación del jugador.

En la planificación de la ingesta Puesto Competición se tiene que considerar un papel en la recuperación de las reservas endógenas de glucógeno, de las pérdidas hidroelectrolíticas y la mejora del balance limpio de proteínas. Para favorecer una mayor restauración de glucógeno muscular actualmente se recomienda como vemos en la (Tabla 4) que la **ingesta Puesto Competición aporte HCO y proteínas (0.15-0.25g/kg de peso corporal) inmediatamente después del ejercicio (Kreider, et al., 2010)**. Finalmente, para reposar las pérdidas hidroelectrolíticas se recomienda **ingerir una cantidad de agua, bebida isotónica o de recuperación equivalente al 150% del peso perdido durante las primeras 6 horas después del ejercicio (Palacios, Franco, Manonelles, Manuz, & Villegas, 2008)**.

INGESTA MACRONUTRIENTES PUESTO COMPETICIÓN	
INGESTA DE HC Y PROTEÍNAS	APORTACIÓN * KG PESO CORPORAL
Ingesta HC inmediatamente	0.15 – 0.25g de HC * kg de peso
Ingesta Proteínas inmediatamente	0.15 – 0.25g de Proteínas * kg de peso

TABLA 4: Ingesta de macronutrientes Puesto Competición en relación a su temporalización.



2.3. Valoración del gasto energético



Según (Henry, 2005) el metabolismo basal se ha descrito como el nivel más bajo de gasto de energía, aun así, durante el sueño y en condiciones de desnutrición, el metabolismo puede ser menor que el observado en condiciones basales. El concepto de metabolismo basal surgió de la necesidad de estandarizar medidas para poder realizar comparaciones precisas entre individuos. Esto se consigue midiendo una tasa mínima de producción de calor libre de los efectos de cualquier consumo de alimentos y entornos físicos “extremos”.

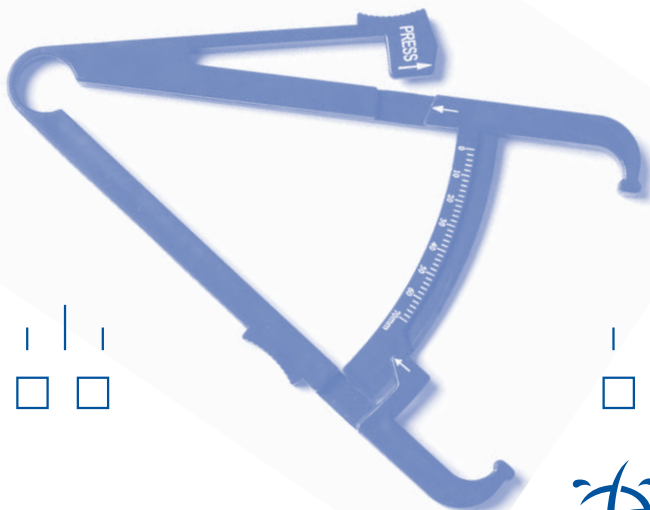
Según (Rodríguez, et al., 2009) cubrir las necesidades energéticas es una prioridad nutricional para los deportistas. El rendimiento deportivo óptimo se promueve mediante una ingesta energética adecuada.

El gasto energético para diferentes tipos de ejercicio depende de la duración, frecuencia, intensidad del ejercicio, el sexo del deportista y el estado nutricional previo. Cuanta más energía se utiliza en la actividad, más energía se necesita para conseguir el equilibrio energético.

Las instalaciones típicas de laboratorio normalmente no están equipadas para determinar el gasto total de energía. Por lo tanto, a menudo se utilizan ecuaciones predictivas (EP) para estimar la tasa metabólica basal (TMB o GEB) o la tasa metabólica en reposo (TMR o GER). Las dos ecuaciones de predicción consideradas para estimar más cerca el gasto energético son la ecuación de Cunningham y la ecuación de Harris-Benedict como podemos verlas en la (Tabla 5).

Como la ecuación de Cunningham requiere que se conozca la masa corporal magra, los dietistas deportivos suelen utilizar la ecuación de Harris-Benedict. Para estimar el gasto energético total, la tasa metabólica basal o la tasa metabólica en reposo se multiplica por el factor de actividad adecuado (PAF) de 1,8 a 2,3 (que representa niveles de actividad física moderada a muy intensa, respectivamente).

Según (Hackney, 2016) la evaluación se puede realizar de dos maneras; directamente con procedimientos analíticos basados en laboratorio o indirectamente mediante técnicas de estimación en situaciones de campo como las EP de Cunningham y Harris-Benedict.



EQUACIONES PREDICTIVAS DEL TMB-TMR	
HARRIS - BENEDICT	Hombres (TMB): $66.4730 + 13.7516 \times P + 5.0033 \times T - 6.7759 \times E$. P: Peso en kg, T: Talla en cm, E: Edad en años.
CUNNINGHAM	Metabolismo basal (MB): MB kcal/día: $[500 + 22.0 \times \text{masa muscular magra (LMB)}]$ Hombres (LMB): $[69,8 - 0,26 (\text{Peso en kg}) - 0,12 (\text{Edad años}) \times \text{Peso en kg} / 73,2]$.

TABLA 5: Ecuaciones Predictives (EP) de Harris – Benedict y Cunningham para el cálculo del metabolismo basal.

3. Conclusión

En conclusión, el balonmano es un deporte de alta exigencia física y fisiológica que combina esfuerzos intermitentes de intensidad elevada con periodos de recuperación breves, lo que implica una gran demanda energética y metabólica para el jugador. En este contexto, la nutrición deportiva se consolida como un factor clave para optimizar el rendimiento, favorecer la adaptación al entrenamiento y acelerar los procesos de recuperación tras la competición.

A lo largo del artículo se pone de manifiesto que una adecuada planificación nutricional debe basarse principalmente en una correcta disponibilidad de hidratos de carbono, dado su papel fundamental en el mantenimiento de las reservas de glucógeno muscular y hepático, así como en la prevención de la fatiga durante el ejercicio intenso. Del mismo modo, una ingesta proteica ajustada resulta imprescindible para la reparación del daño muscular y el mantenimiento de la masa magra, mientras que la aportación de grasas y micronutrientes debe mantenerse dentro de las recomendaciones generales para garantizar una dieta equilibrada y saludable.

Asimismo, el timing nutricional antes, durante y después de la competición adquiere una relevancia especial en el balonmano, especialmente en situaciones de alta densidad competitiva. Una correcta estrategia nutricional en estos momentos permite optimizar la recuperación, reponer las pérdidas hidroelectrolíticas y preparar al jugador para afrontar nuevas sesiones de entrenamiento o competición en condiciones óptimas.

Finalmente, la valoración del gasto energético individual y la adaptación de la ingesta a las características del jugador, su carga de entrenamiento y su rol competitivo resultan esenciales para alcanzar un equilibrio energético adecuado. En definitiva, una nutrición bien planificada, individualizada y basada en la evidencia científica constituye una herramienta imprescindible para maximizar el rendimiento y la salud del jugador de balonmano a lo largo de toda la temporada deportiva.



CO-INGESTIÓN DE GLUCOSA Y FRUCTOSA APLICADAS A LA PRUEBA DE 400 METROS LISOS EN ATLETISMO

- ▶ 1. Demandas fisiológicas y metabolismo energético implicado en la prueba de 400 m. lisos
- ▶ 2. Demandas nutricionales de la prueba de 400 m. lisos
- ▶ 3. Efectos de la co-ingestión de glucosa y fructosa
- ▶ 4. Conclusiones

1. Demandas fisiológicas y metabolismo energético implicado en la prueba de 400 m. lisos



Manuel Fernández Segovia



CENTRO OLÍMPICO DE ESTUDIOS SUPERIORES
(COMITÉ OLÍMPICO ESPAÑOL). MADRID

LAS PRUEBAS DE 400 M. LISOS Y VALLAS, VELOCIDAD MANTENIDA, ASÍ COMO LAS ESPECIALIDADES DE MEDIO FONDO, 800 Y 1500 M., SON PRUEBAS CON UNA ELEVADA EXIGENCIA FISIOLÓGICA, QUE LAS CONVIERTE EN ESPECIALIDADES COMPLICADAS DE ENTRENAR A DIARIO Y DE REALIZAR EN LOS DÍAS DE COMPETICIÓN (SPENCER & GASTIN, 2001). DICHA EXIGENCIA TIENE UNA ALTA CORRELATIVIDAD CON LAS VÍAS QUE SE ACTIVAN O SON NECESARIAS A LA HORA DE LLEVARLAS A CABO, ME ESTOY REFIRIENDO A LAS VÍAS ENERGÉTICAS ANAERÓBICAS O CON ALTA PREDOMINANCIA DE APOORTE ENERGÉTICO SIN PRESENCIA DE OXÍGENO, SOBRE TODO LA GLUCÓLISIS ANAERÓBICA, LA CUAL ES LA PRINCIPAL RESPONSABLE DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN ESFUERZOS DE ALTA INTENSIDAD Y CORTA DURACIÓN (BROOKS, FAHEY, & BALDWIN, 2005).



En estos esfuerzos, el atleta experimenta en su organismo una acumulación muy alta de diversos metabolitos, especialmente el ion hidrógeno (H^+), acumulación que lleva aparejada una disminución del pH sanguíneo, hecho conocido como **acidosis metabólica**. Habitualmente, la disminución del pH se relacionaba con la acumulación de ácido láctico, pero estudios realizados más recientemente señalan que el lactato no es causa directa de la acidez, sino que es un marcador metabólico de dicha acidez (Robergs, Ghiasvand, & Parker, 2004).

Por tanto, comprender cómo y porqué se producen los mecanismos que generan dicha acidez es fundamental para el diseño y programación, tanto de los entrenamientos como de las estrategias de recuperación encaminadas a optimizar el rendimiento, sobre todo en disciplinas como el 400 m lisos en atletismo, donde la acidosis puede ser uno de los factores limitantes principales (Duffield, Dawson, & Goodman, 2005).

Como ya he mencionado anteriormente, los estudios en las últimas décadas han hecho modificar la visión que tradicionalmente se tenía sobre la fatiga muscular, ya que si en un principio se asumió que el ácido láctico era el principal responsable del descenso del pH muscular y sanguíneo (acidosis), asociándolo directamente con la aparición de la fatiga (Karlsson & Saltin, 1971), hoy en día y gracias a investigaciones recientes el papel del ácido láctico ha cambiado, no considerándose el factor principal de generación de acidosis sino más bien un subproducto de la glucólisis anaeróbica que puede tener incluso un efecto amortiguador (Robergs et al., 2004; Gladden, 2004).

Actualmente se considera que la acidosis metabólica observada en esfuerzos intensos se debe mayoritariamente a la acumulación de iones de hidrógeno (H^+), provenientes de la hidrólisis de ATP, y no de la producción y acumulación de lactato. Es precisamente en el transporte de dicho lactato al exterior de la célula, a través de los transportadores MCT (transportadores de monocarboxilato), cuando se produce la disociación de un protón de (H^+), lo que contribuye a la acidificación del medio extracelular (Juel, 2008).

Esta redefinición del papel del lactato en el rendimiento deportivo, entendiéndola no como un mero residuo sino como una molécula metabólicamente activa que puede ser reutilizada como sustrato energético, e incluso participar en la señalización celular (Brooks, 2009), ha sido muy importante para entender que no se puede relacionar directamente el nivel de lactato en sangre con la potencia o capacidad anaeróbica de un atleta.

Si hacemos un repaso al **pool energético** que entra en funcionamiento en pruebas de esta duración e intensidad, observamos como la energía es proporcionada durante los primeros segundos del esfuerzo gracias a la hidrólisis del trifosfato de adenosina (ATP) y la fosfocreatina (PCr), lo que es conocido como **ruta de los fosfágenos o sistema aláctico anaeróbico**. El problema del aporte energético de dicha vía es la limitación en el tiempo, ya que sólo permite mantener el esfuerzo durante aproximadamente 6-10 segundos (Newsholme & Leech, 1984).



Como ya se ha mencionado, la duración de la prueba de 400 m lisos o vallas va más allá de este tiempo, por tanto, conforme se van agotando las reservas energéticas de la ruta de los fosfágenos, empieza a tomar mayor relevancia la **glucólisis anaeróbica**, vía encargada de aportar la mayor parte de la energía requerida a partir de este momento mediante la descomposición rápida del glucógeno muscular para seguir generando ATP sin presencia o necesidad de oxígeno. Dicha vía posibilita el mantenimiento de la intensidad del esfuerzo pero a costa de pagar un peaje, ya que conlleva una alta producción de iones de (H⁺), que conducirán a una disminución del pH intracelular y sanguíneo, generando el fenómeno conocido como acidosis metabólica (Roberts et al., 2004; Vélez et al., 2017). Se ha estimado que hasta un **75-80% del total de la energía requerida en la prueba procede del metabolismo anaeróbico**, siendo esta proporción aún mayor en los tramos finales, donde la fatiga y la acumulación de lactato alcanzan su punto máximo (Spencer et al., 2005).

Inicialmente se creía que el ácido láctico era un mero residuo del metabolismo celular con una acción perjudicial, aunque en la revisión que se ha realizado de los estudios en los últimos años se ha redefinido al mismo como un sustrato energético en condiciones extremas, y sobre todo, como un marcador fisiológico de intensidad, implicado en la regulación de la homeostasis metabólica y como vía de supervivencia celular (Vélez et al., 2017).

Respecto a la implicación o repercusión del **metabolismo aeróbico** en la prueba, sobre todo en la parte final de la misma, cabe destacar que el piruvato generado durante el esfuerzo entra en la mitocondria y se incorpora a la ruta oxidativa gracias al ciclo de Krebs y a la cadena transportadora de electrones, aunque como se puede deducir de lo aportado anteriormente, esta vía es complementaria y nunca será suficiente para cubrir en su totalidad la demanda energética creada durante una carrera de estas características, ya que la demanda energética es muy alta y, sobre todo, muy rápida, siendo además, durante un periodo de tiempo muy limitado.

Algunos estudios como el realizado por (Jentjens & Jeukendrup, 2004) tratan de cuantificar la aportación de cada una de las rutas anteriormente mencionadas:

- ▶ Fosfágenos: 10-20%
- ▶ Glucólisis anaeróbica: 60-70%
- ▶ Metabolismo aeróbico: 10-20%





Dicho esto, cabe destacar que los atletas que entrenan estas pruebas, sufren adaptaciones fisiológicas específicas encaminadas a optimizar tanto el uso como la eficiencia de estas rutas energética (Edge et al., 2006 Bishop et al., 2004):

- ▶ Aumentan sus depósitos de fosfágenos.
- ▶ Mejoran la eficiencia glucolítica.
- ▶ Incrementan la actividad de enzimas como la fosfofructoquinasa.
- ▶ Toleran mejor la acumulación de H^+ gracias a una mayor capacidad de tampón muscular.



En este contexto fisiológico tan exigente, es fundamental conocer cómo funcionan las rutas energéticas implicadas en el mismo, pero también adquiere especial relevancia conocer como la nutrición y la suplementación pueden reducir la acidosis, mejorando la resíntesis de glucógeno y optimizando la disponibilidad de sustratos energéticos durante el esfuerzo o la recuperación posterior, gracias a la ingesta combinada de glucosa y fructosa (Jentjens & Jeukendrup, 2005).



1.1. Acidosis, lactato y fatiga

El lactato lejos de ser un simple residuo fruto del metabolismo celular, lejos de ser un producto tóxico, tiene unas funciones esenciales que se pueden resumir en:

- ▶ Permite mantener el **balance redox a nivel celular**, gracias a la regeneración de NAD^+ .
- ▶ **Resíntesis energético** en las fibras lentas musculares así como por el corazón y el hígado.
- ▶ Y por último como **marcador de la intensidad del esfuerzo**, y también como marcador de la **adaptación al entrenamiento**.

El entrenamiento sistemático en estas condiciones de acidez, (alta intensidad mantenida en el tiempo), para mejorar en pruebas como el 400 m lisos en atletismo, además, aumenta la eficiencia de **transportadores como MCT1 y MCT4**, que facilitan el movimiento de lactato y protones fuera de la célula, provocando una adaptación, una mejora a la tolerancia a la acidosis.



En estudios realizados con corredores de 400 m lisos, se han registrado niveles de lactato en sangre que han superado los 15 mmol/L, valores que son considerados extremos. Esta cifra junto a un pH sanguíneo inferior a 7.1, pone de manifiesto el estrés metabólico extremo de esta prueba. De hecho, la recuperación a nivel metabólico y neuromuscular puede prolongarse más de 24 horas.

2. Demandas nutricionales de la prueba de 400 m lisos



La demanda del metabolismo energético que va a primar es el del sistema anaeróbico láctico, sistema cuya fuente principal de energía es el **glucógeno muscular**, a través de la glucólisis anaeróbica.

El glucógeno muscular almacenado a nivel intramuscular, **glucógeno intramuscular** almacenado sobre todo en las fibras tipo II o glucolíticas, es el principal sustrato a utilizar durante la prueba de 400 m lisos, degradándose rápidamente produciendo ATP y generando, además como ya hemos comentado **lactato** e **iones hidrógeno**, cuya acumulación lleva aparejada una disminución del pH intramuscular y la aparición de la tan temida fatiga fisiológica (Roberts et al., 2004; Vidal, 2017). Este hecho, hace necesaria una alta disponibilidad de sustratos antes del ejercicio, y una reposición lo más temprana posible una vez realizado el ejercicio, sobre todo de cara a una buena disposición para entrenar al día siguiente o en caso de estar afrontando una competición para las rondas a celebrar en los días siguientes.



La cantidad de glucógeno muscular es un factor determinante para la producción de energía en relación con el ejercicio muscular donde el metabolismo aeróbico es insuficiente. Aunque en una prueba de corta duración no suele ocurrir, (pero si puede ser determinante en rondas competitivas o entrenos futuros el hecho de que los depósitos de glucógeno no estén en su máximo), cuando la depleción de glucógeno es casi completa, se puede llegar incluso, a un estado de hipoglucemia, que afecta no solo el funcionamiento muscular, sino también a órganos vitales como el cerebro. En muchos deportes, el vaciamiento de glucógeno, junto con el daño muscular, es considerado como uno de los principales mecanismos de fatiga.





2.1. Concepto de ventana metabólica y su importancia en la recuperación

En este punto, me gustaría introducir el concepto de **ventana metabólica** o **ventana anabólica**, que es el periodo de tiempo tras el ejercicio en el que el cuerpo se muestra más sensible a la hora de reponerse del esfuerzo realizado, especialmente el músculo esquelético, el cual muestra una mayor sensibilidad a la insulina, una mayor captación de glucosa y una mayor eficiencia en la resíntesis de glucógeno, así como en la síntesis de proteínas musculares (Friedman, 2002; Burke et al., 2011). La duración de la misma variará en función de ciertos factores como el nivel físico del atleta, el estado nutricional o la intensidad del ejercicio, aceptándose las dos primeras horas como las de máxima eficacia, aunque esta “ventana” puede mantenerse activa hasta 4-6 horas una vez realizado el ejercicio. Este efecto de ventana metabólica se produce especialmente en esfuerzos de tipo anaeróbico, en los que el músculo agota gran parte del glucógeno muscular, produciéndose una **hiperemia muscular**, es decir, un aumento del flujo sanguíneo local. Este efecto unido a una mayor sensibilidad del músculo fatigado o dañado, facilita la entrada de glucosa al músculo, activando enzimas como la glucógeno sintetasa, que acelera la reposición de glucógeno (Friedman, 2002). De los nutrientes que pueden ser consumidos de manera inmediata los carbohidratos de alto índice glucémico combinado con proteínas, produce una respuesta insulínica superior, hecho que mejorará la resíntesis de glucógeno, la reparación muscular y, por tanto, el rendimiento en sesiones posteriores.



2.2. Papel de los carbohidratos: glucosa vs fructosa



Me gustaría destacar para comenzar este punto que el tipo de carbohidrato ingerido tras el ejercicio, también tiene una gran importancia en la velocidad de resíntesis del glucógeno. En esta dirección y, relacionado directamente con el hecho de la revisión bibliográfica, cabe destacar que la **ingestión conjunta de glucosa y fructosa**, se muestra más eficaz en la reposición del glucógeno que si lo hacen por separado, ya que forman un pool de reposición que llega a varios niveles, siendo la **glucosa** que es absorbida gracias al transportador SGLT1 la principal responsable de la **resíntesis del glucógeno muscular**, mientras que por otro lado la **fructosa** absorbida por vía GLUT5 y metabolizada en el hígado, contribuye a **reponer los depósitos de glucógeno hepático**, primordial para el mantenimiento de los niveles de glucemia en esfuerzos prolongados y en recuperación (Jentjens & Jeukendrup, 2005; González et al., 2017).

Por tanto, la combinación de ambos sustratos (glucosa y fructosa), ha demostrado ser un mecanismo muy eficaz a la hora de reponer al atleta tras esfuerzos de alta intensidad, en los que se produce una elevada y rápida depleción de los depósitos de glucógeno, tanto intramuscular como hepático. Además, también se ha demostrado que mejora la tolerancia gastrointestinal, permitiendo a su vez, una mayor tasa de oxidación de carbohidratos exógenos (Jentjens et al., 2004; Lecoultre et al., 2010), lo que acarreará una mejor calidad de entrenamiento así como una recuperación más rápida en periodos de alta intensidad tanto de entrenamiento como de competiciones.

Por otro lado, en el estudio de Vidal (2017), se establece que en el ejercicio físico aeróbico, de resistencia, el uso de ambos sustratos también es favorecedor, ya que por un lado atenúa los efectos negativos del consumo excesivo de fructosa, así como la resistencia a la insulina o la lipogénesis hepática, mientras que en este contexto, su combinación con glucosa mejora el rendimiento por su absorción complementaria y su uso dual en el metabolismo.

Como conclusión a este apartado, me gustaría terminar dejando clara la idea de que en pruebas como el 400 m lisos en atletismo, (altísima intensidad y duración relativamente larga), en la que el vaciado de los depósitos de glucógeno así como la acidosis generada se convierten en factores críticos y limitantes del rendimiento, obliga a establecer una estrategia adecuada a la hora de planificar la nutrición, tanto en el periodo de máxima carga de entrenamientos así como en la competición y, tanto en los momentos previos como tras el ejercicio. En este aspecto, el uso de carbohidratos de rápida absorción, especialmente la combinación de glucosa + fructosa, han demostrado ser de gran ayuda para mejorar y optimizar el rendimiento, y para mejorar la disposición de energía del atleta.





3. Efectos de la co-ingestión de glucosa y fructosa



3.1. Vías de absorción y metabolización

Para la recuperación o reposición de la energía tras esfuerzos de alta intensidad, como es la prueba de 400 m lisos en atletismo, la absorción y metabolización de los hidratos de carbono significa un proceso fisiológico clave. Por tanto, la ingestión de ambos sustratos, glucosa y fructosa, van a suponer un mecanismo eficiente en la reposición de esta energía, presentado además la **co-ingestión** de ambas sustancias un “extra” en dicha eficiencia, ya que al utilizar vías de transporte complementarias se maximiza la velocidad de absorción intestinal y la resíntesis de glucógeno. En el **transporte intestinal** encontramos por un lado la glucosa, que es absorbida en el intestino delgado gracias al transportador **SGLT1** (Sodium-Glucose Linked Transporter 1), dependiente del sodio. Y por otro lado, la fructosa que se sirve del transportador **GLUT5**, que funciona en base a saturación y no es dependiente del sodio.

Otros **efectos positivos** de que ambos monosacáridos dispongan de sus propias vías de absorción en el momento de la ingestión simultánea son: reducción del riesgo de saturación intestinal, mejora de la tolerancia digestiva y aumento de la tasa total de absorción de carbohidratos.



En referencia a la **metabolización** y **destino metabólico** cabe destacar que ambos carbohidratos van a seguir una ruta diferenciada, siendo la glucosa una vez absorbida distribuida a través del torrente sanguíneo hacia diferentes tejidos corporales, entre los que destaca el músculo esquelético. Una vez en dicho músculo puede ser oxidada o almacenada en forma de glucógeno. Sin embargo, la fructosa sigue un camino diferente, ya que en su mayor parte va a ser captada por el hígado. Una vez es captada allí, pueden darse diferentes situaciones:

- ▶ Puede ser convertida en glucosa o lactato.
- ▶ Puede ser metabolizada para la síntesis de glucógeno hepático.
- ▶ Puede ser derivada hacia las rutas lipogénicas, si la misma es consumida en exceso.

Dicho comportamiento metabólico diferenciado va a favorecer la resíntesis tanto de glucógeno muscular como hepático, hecho que resulta muy relevante e interesante para pruebas como el 400 m en atletismo, en los que ambos depósitos se encuentran totalmente en depleción debido al esfuerzo al que el atleta es sometido en la realización de dicha prueba.

Por tanto y como **conclusión**, la co-ingestión de glucosa y fructosa es una estrategia eficaz para optimizar la absorción y metabolismo de los carbohidratos, lo que se traducirá en una mayor disponibilidad energética, menor fatiga y una mejor recuperación, factores que son decisivos y han de ser tenidos muy en cuenta en una estrategia a establecer para mejorar la prestación del atleta de 400 m lisos.



3.2. Evidencia científica en el contexto deportivo



La ingesta de glucosa y fructosa ha sido ampliamente estudiada, especialmente durante las últimas décadas, sacando importantes conclusiones de dicha ingesta sobre el rendimiento deportivo, la resíntesis de glucógeno o la oxidación de carbohidratos durante y después del ejercicio. Estos estudios han tenido una especial relevancia en el campo deportivo para aquellos deportes o especialidades deportivas en las que la resistencia, la alta intensidad o una duración media forman parte de su estructura, debido a que en las mismas el vaciado de los depósitos de glucógeno se presenta como un factor limitante en el rendimiento y la recuperación.





Dentro de los estudios más relevantes, destacan aquellos que se han centrado en:

► Estudios sobre oxidación de carbohidratos durante el ejercicio: como hemos visto anteriormente, la glucosa y la fructosa presentan transportadores intestinales diferentes, (SGLT1 y GLUT5 respectivamente), este hecho va a provocar un incremento en la tasa de oxidación de hidratos de carbono exógenos, lo que da enorme importancia al uso combinado de glucosa y fructosa. Algunos estudios reflejan los siguientes datos:

- Jeukendrup et al. (2008), demostraron que la oxidación máxima de glucosa ingerida se sitúa en torno a **1–1,1 g/min**, mientras que la co-ingestión de fructosa permite aumentar esta tasa hasta **1,7–1,8 g/min**.
- En el estudio de González et al. (2015), se observó que una mezcla glucosa:fructosa en proporción 2:1 permitía oxidar hasta **105–110 g/h de carbohidratos** sin malestar gastrointestinal, frente al límite de 60 g/h de glucosa sola.
- Rowlands et al. (2012), confirmaron estos resultados y añadieron que, durante esfuerzos prolongados (≥ 90 min), los atletas que consumieron glucosa + fructosa mostraron **mejores tiempos de rendimiento final y menor uso de glucógeno muscular**, protegiendo las reservas endógenas.

► Estudios sobre resíntesis de glucógeno postejercicio: aparte de los efectos anteriormente vistos, se observó en estudios realizados, que la ingesta combinada de glucosa y fructosa favorecía la reposición de los depósitos de glucógeno, tanto a nivel muscular como hepático en el periodo de recuperación postejercicio. Algunos de los estudios son:

- En el estudio de Decombaz et al. (2011), los participantes que ingirieron una mezcla de glucosa + fructosa tras el ejercicio, mostraron una **mayor resíntesis de glucógeno hepático**, en comparación con quienes tomaron solo glucosa. Esto se relaciona con el hecho de que la **fructosa es preferentemente captada por el hígado**, donde puede ser convertida en glucosa y almacenada como glucógeno.
- Wallis et al. (2007), por su parte, observaron además que la co-ingestión en el postejercicio también mejora la respuesta de la **glucemia plasmática y la insulinemia**, favoreciendo el ambiente anabólico necesario para la recuperación.



Todo esto tiene un **efecto sobre el rendimiento**, que aunque en la mayoría de los estudios que se han llevado a cabo se han centrado en deportes o actividades de resistencia prolongada, también tienen su aplicación en disciplinas de alta duración y media duración como pueden ser los 400 m lisos en atletismo, prueba en la que el resultado está muy ligado a una alta disponibilidad energética que depende mucho de una rápida recuperación del glucógeno. Hay varios estudios que relacionan una rápida reposición de energía o de los depósitos de glucosa gracias a la ingesta combinada de glucosa y fructosa:

- Cerman y Van Loon, (2013) identificaron una mejora en el rendimiento de esfuerzos repetidos cuando los atletas consumían mezclas glucosa-fructosa entre sesiones, ya que gracias a la misma se producía una más rápida recuperación de los depósitos de glucógeno.

Todo este respaldo científico no hace más que avalar la idea de establecer una **estrategia ergogénica** en la que se incluya la ingesta combinada de ambas sustancias, especialmente para entrenamientos o competiciones en un mismo día o consecutivas, para sesiones de alta intensidad o volumen y para periodos de carga glucogénica ya que mejora la eficiencia de absorción. Por todo esto y lo visto anteriormente en el punto que estamos tratando, la co-ingestión de glucosa y fructosa es muy interesante pues mejora la oxidación de carbohidratos durante el ejercicio, acelera la resíntesis de glucógeno postejercicio, contribuyendo a mantener o mejorar el rendimiento en contextos deportivos de alta exigencia.

3.3. Aplicación a la prueba de 400 m lisos

La prueba de 400 m lisos en atletismo, como se deduce de la revisión bibliográfica que estoy realizando, es un enorme desafío fisiológico, similar al que pueden ser otras pruebas deportivas exigentes, pero con unas determinadas características, que la van a hacer muy particular.



La longitud de la prueba, 400 m, conlleva que el esfuerzo sea de una alta intensidad y mantenido en el tiempo. Estas dos variables intensidad y duración de la prueba, van a marcar las rutas por las que el deportista va a obtener la energía necesaria para una buena ejecución, y estas rutas, el metabolismo utilizado va a ser a su vez limitante en el desarrollo de la misma.





Podemos afirmar que el pool energético que va a intervenir en la prueba va a empezar por la ruta de los fosfágenos, pasando a continuación por la glucólisis anaeróbica y terminando con el aporte final del metabolismo oxidativo. Obviamente las dos primeras son más importantes que la ruta oxidativa en el aporte de energía, y especialmente la ruta láctica (glucólisis anaeróbica), que como ya he mencionado anteriormente debido a la naturaleza de la prueba se va a convertir en el principal sustento energético para el atleta.

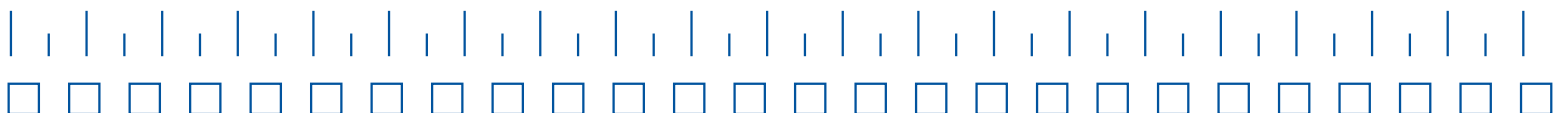
Por esto, es muy importante el rol que desarrollan la glucosa y la fructosa, ya que son fundamentales en la reposición de los depósitos de glucógeno, tanto a nivel muscular gracias a la glucosa, como a nivel hepático por la acción de la fructosa.



4. Conclusiones

Las principales conclusiones a las que he llegado una vez realizada la revisión bibliográfica son:

- ▶ 1. La carrera de 400 metros lisos en atletismo es una prueba de alta intensidad y duración mantenida, por tanto, es una prueba con una alta y rápida demanda energética que es satisfecha gracias al metabolismo glucolítico. Esta ruta energética se ve sustentada gracias a una alta disponibilidad de glucógeno, tanto hepático como muscular.
- ▶ 2. Los depósitos de glucógeno se nutren gracias a los carbohidratos, y en este aspecto se ha demostrado que la co-ingestión de glucosa y fructosa es más eficaz que la administración aislada de cada una de ellas, mejorando la resíntesis de los depósitos de glucógeno por unidad de tiempo.
- ▶ 3. La co-ingestión de glucosa y fructosa ha demostrado ser una estrategia nutricional muy eficiente en la reposición de los depósitos de glucógeno, lo que se muestra especialmente interesante para entrenamientos de esfuerzos repetidos o en rondas consecutivas en campeonatos.
- ▶ 4. En la prueba de 400 m lisos, en la que la acumulación de lactato y protones genera una fatiga metabólica significativa, es casi de obligado cumplimiento establecer una estrategia nutricional que sea la base, y que se vea complementada con una suplementación también eficaz, y que ambas en conjunto sean capaces de mejorar tanto el rendimiento como la recuperación.



Artículo 1

María Esther Álvarez Cueto. Patronato Deportivo Municipal de Gijón.

Julían Álvarez García, Centro de Tecnificación Deportiva de Alicante.

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

Markel Aitor Arregui Martín, Centro BASQUE TEAM zentroa. País Vasco.

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.

Carmen Calderón Soto. Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada. Consejo Superior de Deportes.

Lidia Carpio Rebull, Centro de Tecnificación Deportiva de Islas Baleares.

Vicente Elías Ruiz, CTD "Adarraga". Logroño.

Jesús López Peral, Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid.

Fernando Novella María-Fernández, Servicio Médico del Patronato Municipal de Deportes. Ayuntamiento de Fuenlabrada (Madrid).

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

José Antonio Ponce Blandón, Centro Andaluz de Medicina del Deporte. Junta de Andalucía.

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

Eduardo Ribot Rodríguez, Centro de Medicina del Deporte de Madrid. Consejo Superior de Deportes.

Fernando Salom Portella, Gabinete de Medicina Deportiva. Consell Insular de Menorca.

Rodrigo Santos Santamarta, Centro Regional de Medicina Deportiva de Castilla y León. CEREMEDE.

Juan Carlos Tébar Rodrigo, Centro de Medicina Deportiva. Ayuntamiento de Rivas (Madrid).

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

Artículo 2

1. Álvarez-San Emeterio, C., & González-Badillo, J. J. (2010). The physical and anthropometric profiles of adolescent alpine skiers and their relationship with sporting rank. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(4), 1007-1012.

2. Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (3rd ed.). Human Kinetics.

3. Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo. Inde.

4. Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). Periodization: Theory and methodology of training. *Human Kinetics*.

5. Díez Rodríguez, C. (1991). Preparación física del equipo de élite de esquí alpino. *Apunts Medicina de l'Esport*, 28(108), 143-150.

6. Gamble, P. (2006). Periodization of training for team sports athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 28(5), 56-66.

7. Jeffreys, I. (2007). Warm-up revisited: The ramp method. *Strength & Conditioning Journal*, 29(2), 28-33.

8. Malliou, P., Amoutzas, K., Theodosiou, A., Gioufidiou, A., Mantis, K., Pyliandis, T., & Kioumourtoglou, E. (2004). Proprioceptive training for learning downhill skiing. *Perceptual and motor skills*, 99(1), 149-154.

9. Pérez-Landaluce González, J. (2025). Acondicionamiento físico en el esquiador. *Deporte, Salud y Entrenamiento*, 25, 30-34.

10. Turnbull, J. R., Kilding, A. E., & Keogh, J. W. (2009). Physiology of alpine skiing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(2), 146-155.

11. Vogt, M., & Hoppeler, H. (2012). Competitive alpine skiing: combining strength and endurance training: molecular bases and applications. *Science and Skiing V*, 5.

Artículo 3

1. Ames BN, Shigenaga MK, Hagen TM. Mitochondrial decay in aging. *Biochim Biophys Acta* 1995;1271:165-70.

2. Barja G. The flux of free radical attack through mitochondrial DNA is related to aging rate. *Aging (Milano)* 2000;12:342-55.

3. Sohal RS, Orr WC. Relationship between antioxidants, prooxidants, and the aging process. *Ann N Y Acad Sci* 1992;663:74-84.

4. Romano AD, Serviddio G, de Matthaeis A, et al. Oxidative stress and aging. *J Nephrol* 2010;23 Suppl 15:S29-36.

5. Wang CH, Wu SB, Wu YT, et al. Oxidative stress response elicited by mitochondrial dysfunction: implication in the pathophysiology of aging. *Exp Biol Med (Maywood)* 2013;238:450-60.

6. Walton JR, Packer L. Free Radical Damage and Protection: relationship to cellular aging and cancer. In: Machlin TJ, ed *Vitamin E A comprehensive treatise in basic and clinical nutrition*, vol 1 1980; New York: Pergamon Press:495-517.

7. Jenny NS. Inflammation in aging: cause, effect, or both? *Discov Med* 2012;13:451-60.

8. Drew B, Leeuwenburgh C. Ageing and subcellular distribution of mitochondria: role of mitochondrial DNA deletions and energy production. *Acta Physiol Scand* 2004;182:333-41.

9. Miquel J, de Juan E, Sevilla I. Oxygen-induced mitochondrial damage and aging. *EXS* 1992;62:47-57.

10. Drew B, Phaneuf S, Dirks A, et al. Effects of aging and caloric restriction on mitochondrial energy production in gastrocnemius muscle and heart. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003;284:R474-80.

11. Dietrich MO, Horvath TL. The role of mitochondrial uncoupling proteins in lifespan. *Pflugers Arch* 2010;459:269-75.

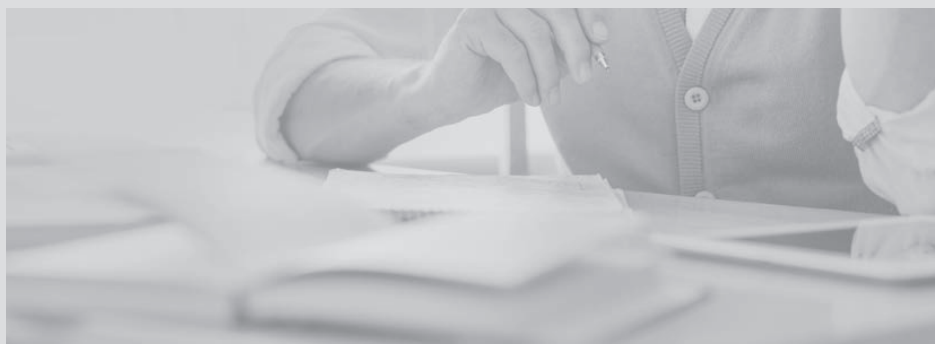
12. Wanagat J, Cao Z, Pathare P, et al. Mitochondrial DNA deletion mutations colocalize with segmental electron transport system abnormalities, muscle fiber atrophy, fiber splitting, and oxidative damage in sarcopenia. *Faseb J* 2001;15:322-32.

13. Sastre J, Pallardo FV, Vina J. Mitochondrial oxidative stress plays a key role in aging and apoptosis. *IUBMB Life* 2000;49:427-35.

14. Phaneuf S, Leeuwenburgh C. Cytochrome c release from mitochondria in the aging heart: a possible mechanism for apoptosis with age. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2002;282:R423-30.



15. Puca AA, Carrizzo A, Ferrario A, et al. Endothelial nitric oxide synthase, vascular integrity and human exceptional longevity. *Immun Ageing* 2012;9:26.
16. Wray DW, Nishiyama SK, Harris RA, et al. Acute reversal of endothelial dysfunction in the elderly after antioxidant consumption. *Hypertension* 2012;59:818-24.
17. Domenico N, Domenico L, Calogero C et al. *Mechanisms of Ageing and Development* 128 (2007) 83 – 91.
18. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, et al. Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2011;12:249-56.
19. Hughes VA, Frontera WR, Roubenoff R, et al. Longitudinal changes in body composition in older men and women: role of body weight change and physical activity. *Am J Clin Nutr* 2002;76:473-81.
20. Doherty TJ. Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985) 2003;95:1717-27.
21. Gremeaux V, Gayda M, Lepers R, et al. Exercise and longevity. *Maturitas* 2012;73:312-7.
22. Samitz G, Egger M, Zwahlen M. Domains of physical activity and all-cause mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *Int J Epidemiol* 2011;40:1382-400.
23. Tanaka H, Seals DR. Endurance exercise performance in Masters athletes: age-associated changes and underlying physiological mechanisms. *J Physiol* 2008;586:55-63.
24. Trappe S, Hayes E, Galpin A, et al. New records in aerobic power among octogenarian lifelong endurance athletes. *J Appl Physiol* (1985) 2013;114:3-10.
25. Lepers R, Rust CA, Stapley PJ, et al. Relative improvements in endurance performance with age: evidence from 25 years of Hawaii Ironman racing. *Age (Dordt)* 2013;35:953-62.
26. Li C, Jackson RM. Reactive species mechanisms of cellular hypoxia-reoxygenation injury. *Am J Physiol Cell Physiol* 2002;282:C227-41.
27. Ligia J, Dominguez & Mario Barbagallo. The biology of the metabolic syndrome and aging. *Metab Care* (2016) 19:5-11.
28. Hanson S, et al. Is there evidence that walking groups have health benefits? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 0:1-7. doi: 10.1136/bjsports-2014-094157
29. Chesley A, Heigenhauser GJ, Spriet LL. Regulation of muscle glycogen phosphorylase activity following short-term endurance training. *Am J Physiol* 1996;270:E328-35.
30. Putti, R., Sica, R., Migliaccio, V., Lionetti, L., (2015). Diet impact on mitochondrial bioenergetics and dynamics. *Front. Physiol.* 6, 109, <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2015.00109>
31. Perry CG, Lally J, Holloway GP, et al. Repeated transient mRNA bursts precede increases in transcriptional and mitochondrial proteins during training in human skeletal muscle. *J Physiol* 2010;588:4795-810.
32. Cartoni R, Leger B, Hock MB, et al. Mitofusins 1/2 and ERRalpha expression are increased in human skeletal muscle after physical exercise. *J Physiol* 2005;567:349-58.
33. Caldow MK, Cameron-Smith D, Levinger P, et al. Inflammatory markers in skeletal muscle of older adults. *Eur J Appl Physiol* 2013;113:509-17.
34. Franceschi C, Bonafe M, Valensin S, et al. Inflamm-aging. An evolutionary perspective on immunosenescence. *Ann N Y Acad Sci* 2000;908:244-54.
35. Toth MJ, Matthews DE, Tracy RP, et al. Age-related differences in skeletal muscle protein synthesis: relation to markers of immune activation. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2005;288:E883-91.
36. Walsh NP, Gleeson M, Shephard RJ, et al. Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev* 2011;17:6-63.
37. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev* 2008;88:1379-406.
38. Bruunsgaard H, Pedersen BK. Age-related inflammatory cytokines and disease. *Immunol Allergy Clin North Am* 2003;23:15-39.
39. Krabbe KS, Pedersen M, Bruunsgaard H. Inflammatory mediators in the elderly. *Exp Gerontol* 2004;39:687-99.
40. Ferrucci L, Corsi A, Lauretani F, et al. The origins of age-related proinflammatory state. *Blood* 2005;105:2294-9.
41. Miller RA. The aging immune system: primer and prospectus. *Science* 1996;273:70-4.
42. Newsholme, P., Bittencourt Jr., P.I., 2014. The fat cell senescence hypothesis: a mechanism responsible of inflammation in chronic disease. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 17, 295-305, <http://dx.doi.org/10.1097/MCO.0000000000000077>.



43. Ross OA, Hyland P, Curran MD, et al. Mitochondrial DNA damage in lymphocytes: a role in immunosenescence? *Exp Gerontol* 2002;37:329-40.
44. Mota MP, Peixoto FM, Soares JF, et al. Influence of aerobic fitness on age-related lymphocyte DNA damage in humans: relationship with mitochondrial respiratory chain and hydrogen peroxide production. *Age (Dordr)* 2010;32:337-46.
45. Ferrer MD, Tauler P, Sureda A, et al. Antioxidant regulatory mechanisms in neutrophils and lymphocytes after intense exercise. *J Sports Sci* 2009;27:49-58.
46. Moro-García A, Fernández-García B, Alonso-Arias R, et al. Effects of maintained intense exercise throughout the life on the adaptive immune response in elderly and young athletes *Br J Sports Med* 2013;47:e3.
47. Drew B, Leeuwenburgh C. Aging and the role of reactive nitrogen species. *Ann N Y Acad Sci* 2002;959:66-81.
48. Nyberg L, Lovden M, Riklund K, et al. Memory aging and brain maintenance. *Trends Cogn Sci* 2012;16:292-305.
49. Luiking YC, Ten Have CA, Wolfe RR, et al. Arginine de novo and nitric oxide production in disease states. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2012;303:E1177-89.
50. Beck KF, Eberhardt W, Frank S, et al. Inducible NO synthase: role in cellular signalling. *J Exp Biol* 1999;202:645-53.
51. Gladwin MT, Crawford JH, Patel RP. The biochemistry of nitric oxide, nitrite, and hemoglobin: role in blood flow regulation. *Free Radic Biol Med* 2004;36:707-17.
52. Bescos R, Ferrer-Roca V, Galilea P, et al. Sodium nitrate supplementation does not enhance performance of endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2012;44:2400-9.
53. Pollack M, Leeuwenburgh C. Molecular mechanisms of oxidative stress and aging: free radicals, aging, antioxidants, and disease. In *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise* CK Sen, L Packer & O Hänninen, Eds 1999;Chapter 30: Elsevier. Amsterdam & New York:881-926.
54. Calbet JA. Ageing, exercise and cardiovascular health: good and bad news. *J Physiol* 2012;590:5265-6.
55. Bailey SJ, Winyard PG, Vanhatalo A, et al. Acute L-arginine supplementation reduces the O₂ cost of moderate-intensity exercise and enhances high-intensity exercise tolerance. *J Appl Physiol* (1985) 2010;109:1394-403.
56. Sureda A, Cordova A, Ferrer MD, et al. L-citrulline-malate influence over branched chain amino acid utilization during exercise. *Eur J Appl Physiol* 2010;110:341-51.
57. Bescos R, Rodriguez FA, Iglesias X, et al. Acute administration of inorganic nitrate reduces VO₂(peak) in endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43:1979-86.
58. Jones AM, Vanhatalo A, Bailey SJ. Influence of dietary nitrate supplementation on exercise tolerance and performance. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser* 2013;75:27-40.
59. Wylie LJ, Mohr M, Krstrup P, et al. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol* 2013;113:1673-84.
60. Kelly J, Vanhatalo A, Wilkerson DP, et al. Effects of nitrate on the power-duration relationship for severe-intensity exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2013;45:1798-806.
61. Pedersen BK. Exercise-induced myokines and their role in chronic diseases. *Brain Behav Immun* 2011;25:811-6.
62. Pedersen BK, Akerstrom TC, Nielsen AR, et al. Role of myokines in exercise and metabolism. *J Appl Physiol* 2007;103:1093-8.
63. Frydelund-Larsen L, Penkowa M, Akerstrom T, et al. Exercise induces interleukin-8 receptor (CXCR2) expression in human skeletal muscle. *Exp Physiol* 2007;92:233-40.
64. Furmanczyk PS, Quinn LS. Interleukin-15 increases myosin accretion in human skeletal myogenic cultures. *Cell Biol Int* 2003;27:845-51.

Artículo 4

Bon, M. (2001). Quantified evaluation of loading and monitoring of heart rate of handball players in a match. Doctoral thesis, University of Ljubljana, Faculty of Sport, Ljubljana.

Bowers, R. W., & Fox, E. (1992). *Sports physiology*. Wisconsin: C. Brown.

Burke, L. (1999). *Nutrition for Sport. Getting the most out of training*. Australian family physician, 28(6), 561-567.

Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of sports sciences*, 29(1), 17-27. doi:10.1080/02640414.2011.585473

Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H., & Jeukendrup, A. E. (9 / 06 / 2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29, 17-27. doi:10.1080/02640414.2011.585473

Ehlenz, Grosser, & Zimmermann. (1990). *Entrenamiento de la fuerza: Fundamentos, métodos, ejercicios y programas de entrenamiento*. Barcelona: Martínez Roca.

Hackney, A. C. (2016). *Measurement Techniques for Energy Expenditure*. A. C. Hackney, Exercise, Sport, and Bioanalytical Chemistry (p. 33-42). United States: Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-809206-4.00013-5



Hawley, J., & Burke, L. (1998). *Peak Performance: Training and Nutritional Strategies for Sport*. St. Leonards: NSW: Allen & Unwin.

Henry, C. (2005). Basal metabolic rate studies in humans: Measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 1133-1152. doi:10.1079/PHN2005801

Holway, F. E., & Spriet, L. L. (2011). Sport-Specific Nutrition: Practical strategies for team sports. *Journal of sports sciences*, 29(1), 115-125. doi:10.1080/02640414.2011.605459

Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., . . . Antonio, J. (03 / 10 / 2008). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Nutrient Timing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 5(17). doi:10.1186/1550-2783-5-17

Kreider, R. B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A. L., Collins, R., . . . Lowery, L. M. (02 / 02 / 2010). ISSN Exercise & Sport Nutrition Review: Research & Recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(7). doi:10.1186/1550-2783-7-7

Martínez-Sanz, J., & Urdampilleta, A. (2012). Necesidades nutricionales y planificación dietética en deportes de fuerza. *European Journal of Human Movement*, 29, 95-114.

Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2011). IOC Consensus Conference on Nutrition in Sport, 25-27 October 2010, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland. *Journal of sports sciences*, 29. doi:10.1080/02640414.2011.619339

Mujika, I., & Burke, L. M. (2010). Nutrition in team sports. *Annals of nutrition & metabolism*, 57, 26-35. doi:10.1159/000322700

Olivos, C., Cuevas, A., Álvarez, V., & Jorquera, C. (05 / 2012). Nutrition for Training and Competition. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 253-261. doi:10.1016/S0716-8640(12)70308-5

Palacios, N., Franco, L., Manonelles, P., Manuz, B., & Villegas, J. A. (2008). Consensus on drinks for the sportsman. Composition and guidelines of replacement of liquids. Document of consensus of the spanish federation of sports medicine. *Archivos de Medicina del Deporte*, 15(126), 245-258.

Pérez-Guisado, J. (2008). Rendimiento deportivo: Glucógeno muscular y consumo proteico. *Apuntes. Medicina de l'esport*, 43(159), 142-152.

Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M., Langley, S., Association, A. D., Canada, D. o., & Medicine, A. C. (01 / 03 / 2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527. doi:10.1016/j.jada.2009.01.005

Tarnopolsky, M. A., Gibala, M., & Phillips, A. E. (2005). Nutritional needs of elite endurance athletes. Part I: Carbohydrate and fluid requirements. *European Journal of Sport Science*, 5(1), 3-14. doi:10.1080/17461390500076741

Terrados, N., Calleja-González, J., & Schelling, X. (04-06 / 2011). Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(2), 84-88.

Terrados, N., Mora, R., & Padilla, S. (2004). *Recuperación de la fatiga del deportista*. Madrid: Editorial Gymnos.

Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Duivillard, S. P. (12 / 2014). Individual and team performance in team-handball: A review. *Journal of sports science & medicine*, 13(4), 808-816.

Williams, M. H. (2005). *Nutrición para la salud: Condición física y deporte*. (7ª ed.). New York: McGraw Hill Interamericana. 2006.

Willoughby, D., Stout, J., & Wilborn, C. (20 / 09 / 2007). Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino Acids*, 32(4), 467-477. doi:10.1007/s00726-006-0398-7

Artículo 5

1. Gonzalez, J. T., Fuchs, C. J., Betts, J. A., & Van Loon, L. J. C. (2017). Glucose Plus Fructose Ingestion for Post-Exercise Recovery—Greater than the Sum of Its Parts? *Nutrients*, 9(4), 344. https://doi.org/10.3390/nu9040344

2. González, J. T. et al. (2017). Co-ingestion of glucosa and fructose. *Br J Sports med*

3. Jentjens, R. L. P. G., Moseley, L., Waring, R. H., Harding, L. K., & Jeukendrup, A. E. (2004). Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. *Journal Of Applied Physiology*, 96(4), 1277-1284. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00974.2003

4. Jentjens, R. L. P. G., & Jeukendrup, A. E. (2005). High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. *British Journal Of Nutrition*, 93(4), 485-492. https://doi.org/10.1079/bjn20041368

5. Lecoultré, V., Benoit, R., Carrel, G., Schütz, Y., Millet, G. P., Tappy, L., & Schneiter, P. (2010). Fructose and glucose co-ingestion during prolonged exercise increases lactate and glucose fluxes and oxidation compared with an equimolar intake of glucose. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 92(5), 1071-1079. https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29566

6. Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(3), R502-R516. https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004

7. Rowlands, D. S., Thorburn, M., Thorp, R. M., Broadbent, S., & Shi, X. (2008). Effect of graded fructose coingestion with maltodextrin on exogenous 14C-fructose and 13C-glucose oxidation efficiency and high-intensity cycling performance. *Journal Of Applied Physiology*, 104(6), 1709-1719. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00878.2007

8. Vidal, A. (2017). Estudio de la relación entre la ingesta de fructosa y la actividad física





UNIDAD REGIONAL DE MEDICINA DEPORTIVA

► 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



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.
Aragón 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 Rokafor
Nicolás Terrados Cepeda

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



46

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

Nº13

- ▶ PLATOS Q-RING - BUSCANDO LA PEDALADA PERFECTA
José Luis de Santosa
- ▶ EFECTOS 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
- ▶ EFECTOS 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

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
- ▶ EFECTOS 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

- ▶ EFECTOS EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LA SUPLEMENTACIÓN
CON ÁCIDO FOSFATÍDICO
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 Mouriño Cabaleiro / Nicolás Terrados Cepeda
- ▶ EFECTOS 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 Cambor García
- ▶ COMPOSICIÓN CORPORAL EN EL FÚTBOL
Iñaki Uncetabarrenechea Urdangarín
- ▶ 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



48

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

Nº23

- DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN EL JUEGO DEL GOLF

Yolanda Reyes Sierra

- ACONDICIONAMIENTO FÍSICO PARA EL ESQUIADOR

Juan Pérez-Landaluce González

- CONOCIMIENTO DE LOS TÉCNICOS DE TENIS SOBRE LOS HÁBITOS NUTRICIONALES DE SUS DEPORTISTAS

Vidal Sáenz Bellido

Nº24

- VALORACIÓN FUNCIONAL DEL ESQUIADOR ALPINO: PROTOCOLOS DE CAMPO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PERFIL FISIOLÓGICO

Juan Pérez-Landaluce González

- NOVEDADES SOBRE EL ALTO RENDIMIENTO EN EL ATLETA DE CATEGORÍA MÁSTER

Mario Peinado Garrido

- NUTRICIÓN PARA EL BALONMANO

Laia Soler García

- CO-INGESTIÓN DE GLUCOSA Y FRUCTOSA APLICADAS A LA PRUEBA DE 400 METROS LISOS EN ATLETISMO

Manuel Fernández Segovia



► 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



Figure 1

□ □



This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Age Group	Number of People
15-19	10
20-24	10
25-29	10
30-34	10
35-39	10
40-44	10
45-49	5
50-54	10
55-59	10
60-64	10
65-69	10

□ □



CON EL DEPORTE,
de toda
la vida



FDM
avilés



DEPORTE ASTURIANO

GOBIERNO DEL
PRINCIPADO DE ASTURIAS

www.asturias.es/deporteasturiano