



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Nutrición Óptima para el jugador de
balonmano

Autor/es

Rubio Sánchez, Francisco Adrián

Director/es

Pacheu Grau, David

Madinaveitia Nisarre, Loreto

Grado en Nutrición Humana y Dietética

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte – Huesca

2022-2023

Índice

| | | |
|-------------|---|-----------|
| I. | Introducción..... | 1 |
| II. | Objetivos | 5 |
| III. | Metodología | 6 |
| IV. | Resultados | 7 |
| A. | Demandas físicas y fisiológicas del balonmano..... | 7 |
| B. | Composición física de los jugadores de balonmano | 9 |
| C. | Necesidades nutricionales | 11 |
| 1. | Energía | 11 |
| 2. | Agua..... | 13 |
| 3. | Hidratos de Carbono..... | 14 |
| 4. | Fibra | 17 |
| 5. | Proteínas..... | 18 |
| 6. | Grasas..... | 20 |
| 7. | Vitamina D..... | 21 |
| 8. | Hierro | 22 |
| 9. | Calcio, fósforo y magnesio | 23 |
| 10. | Vitaminas B6 y B12 | 24 |
| 11. | Vitamina C | 25 |
| 12. | Cloro, sodio y potasio | 26 |
| 13. | Zinc | 27 |
| D. | Ayudas ergogénicas | 27 |
| 1. | Cafeína | 29 |
| 2. | Creatina..... | 30 |
| 3. | Jugo de pepinillo..... | 30 |
| 4. | Beta alanina | 31 |
| 5. | Electrolitos | 31 |
| 6. | Zumo de remolacha..... | 32 |
| 7. | Bicarbonato de sodio..... | 32 |

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 8. Carbohidratos..... | 33 |
| V. Discusión | 33 |
| VI. Conclusiones | 37 |
| VII. Referencias | 40 |

Abreviaturas

- ATP: trifosfato de adenosina
- PCr: fosfocreatina
- Cr: creatina
- WOS: Web of Science
- FC: frecuencia cardiaca
- FC máx: frecuencia cardiaca máxima
- MLG: masa libre de grasa
- IMC: índice de masa corporal
- MC: masa corporal
- MG: masa grasa
- Kcal: kilocalorías
- GET: gasto energético total
- GE: gasto energético
- MM: masa magra
- METs: equivalente energético metabólico
- Na: sodio
- IG: índice glucémico
- CG: carga glucémica
- AA: aminoácidos
- AAE: aminoácidos esenciales
- N: nitrógeno
- IDR: ingesta diaria recomendada
- VB: valor biológico
- VCT: valor calórico total
- AGE: ácidos grasos esenciales
- TG: triglicéridos
- PTH: parathormona
- Ca: calcio
- Fe: hierro
- Hgb: hemoglobina
- O₂: oxígeno
- P: fósforo
- Mg: magnesio
- ROS: especies reactivas de oxígeno
- Cl: Cloro

- K: Potasio
- Zn: Zinc
- CO₂: Dióxido de carbono
- ISSN: International Society Of Sports Nutrition
- WADA: Agencia Mundial Contra el Dopaje
- SNC: sistema nervioso central

Resumen

Introducción. El balonmano es un deporte de oposición en el que dos equipos de siete integrantes se enfrentan entre sí. Hay una gran cantidad de contacto ya que ejercido dentro de las normas es legal. El estudio sobre las necesidades nutricionales de los jugadores de balonmano es muy escaso ya que no es un deporte mayoritario.

Objetivos. El objetivo de este trabajo es conocer la composición corporal, las necesidades energéticas y metabólicas de los jugadores de balonmano, y a partir de éstas, implementar unas recomendaciones de alimentación que consideren la dieta antes, durante y después del esfuerzo físico tanto en entrenamientos como en competiciones y que consideren las necesidades específicas de macro y micronutrientes.

Metodología. Se ha realizado una revisión sistemática mediante la búsqueda bibliográfica en diferentes bases de datos, como PubMed/MEDLINE, Web of Science (WOS) y Google Scholar, sobre la información más actual acerca de protocolos nutricionales y ayudas ergogénicas para definir las necesidades y recomendaciones nutricionales para los jugadores.

Resultados. En la práctica del balonmano la dieta debe aportar la energía adecuada. Se trata de un deporte de intermitente de alta intensidad en el que la principal fuente energética son los hidratos de carbono, cuya recomendación es de 6-10 g de hidrato de carbono/kg en días de entrenamiento. Un consumo de 1,7-2,2g de proteína/kg se pauta para recuperar el daño muscular, y otros macronutrientes como la fibra y la grasa deben estar presentes por sus beneficios para la salud, aunque en menor proporción para prevenir problemas gastrointestinales. Debemos asegurar un consumo correcto de micronutrientes como Fe, Na o la vitamina D. Ayudas ergogénicas como la cafeína o la creatina han demostrado ser eficaces para mejorar el rendimiento en el balonmano.

Discusión. Debemos adaptar la alimentación a las necesidades concretas de cada deportista teniendo en cuenta también la posición en la que juega.

Conclusiones. Es necesario optimizar la nutrición de los/as jugadores/as mediante una adecuada planificación nutricional y el asesoramiento individualizado de ayudas ergogénicas, para cubrir necesidades específicas de estos y mejorar así su rendimiento, para ello la inclusión de la figura del dietista-nutricionista es clave.

Palabras clave: balonmano, ayudas ergogénicas, nutrición en balonmano, rendimiento deportivo, deportes de equipo.

I. Introducción

El “Balonmano” es el nombre de un deporte que también se conoce como hándbol o handball. En este juego, dos equipos de siete integrantes cada uno se enfrentan entre sí: el conjunto ganador es aquel que logra anotar más goles (1). Se juega en una pista que mide 40m de largo x 20m de ancho.

Es un deporte de oposición en el que hay mucho contacto, ya que este ejercido de manera adecuada dentro de las reglas está permitido y se utiliza para frenar el ataque de los jugadores rivales. Esta característica del juego hace que la fuerza sea un factor al que se le esté dando mucha importancia durante los últimos años, haciendo que el balonmano se vuelva un deporte mucho más físico. Podemos ver como cada vez los jugadores presentan mayores volúmenes corporales y un mayor porcentaje de masa muscular (2), una característica fisiológica diferenciadora entre los jugadores de balonmano respecto a los de otros deportes como el fútbol o el voleibol (3).

La nutrición deportiva es un campo en auge, ya que cada vez son más los deportistas conscientes de la importancia que esta juega sobre su rendimiento y salud, algo que anteriormente no se tenía tanto en cuenta. Son muchos los estudios e intervenciones nutricionales que nos muestran la directa relación que hay entre el estado y los conocimientos nutricionales de los atletas de élite y su rendimiento, prevención de lesiones y salud general (4).

Antes de comenzar con el desarrollo, debemos conocer las diferentes posiciones en la pista para así más adelante poder entender mejor las características que estas conllevan:

Portero: se coloca dentro del área y es el único que puede entrar en ella. Su objetivo es parar los lanzamientos de los jugadores rivales para evitar que estos marquen goles.

Extremos: estos jugadores se colocan en las esquinas del campo en ataque, suelen permanecer estáticos en estas esquinas durante los ataques esperando a que les llegue el balón para saltar y lanzar.

Lateral izquierdo/ derecho: se colocan en las zonas laterales del campo, tienen un importante papel en ataque a la hora de hacer lanzamientos por encima de la defensa y dar asistencias al resto de compañeros.

Central: juega en la zona del centro del campo, y es el encargado de organizar y liderar los ataques, así como de posicionar al resto de jugadores en el campo.

Pivote: se coloca entre los defensores pegado a la línea del área, es el encargado de generar espacios mediante bloqueos, y ganar la posición a sus defensores para recibir el balón y lanzar.

En defensa dichas posiciones pueden variar, ya que los jugadores pueden atacar en una posición y defender en otra, u otros jugadores pueden ser especialistas en ataque o defensa y cambiar por otro jugador cada vez que varíe la fase del juego (ya que en el balonmano no hay un número limitado de cambios y se pueden realizar en cualquier momento durante el partido).



Figura 1. Posición de los jugadores de balonmano en el campo (5).

A la hora de pautar unas recomendaciones nutricionales para un determinado deporte, es de gran importancia tener en cuenta las diferentes rutas metabólicas que participan durante la práctica deportiva, ya que estas nos permiten entender los sustratos metabólicos que se están empleando durante el ejercicio. De esta manera entenderemos cuales son los nutrientes implicados en estas rutas y veremos mejor las necesidades nutricionales que debemos tener en cuenta para diseñar la dieta. El metabolismo es un conjunto de reacciones químicas que se dan en nuestras células, mediante las cuales en procesos de anabolismo o catabolismo obtenemos y utilizamos energía para realizar trabajo o formamos compuestos macromoleculares (6).

Durante la práctica deportiva se producen una serie de patrones de movimiento a nivel fisiológico en los que la contracción muscular es el más determinante. Esta contracción tiene unas demandas energéticas que se cobran principalmente a través de una molécula que se llama ATP (trifosfato de adenosina), un nucleótido que nuestras células emplean como un factor de intercambio de energía en reacciones de anabolismo o catabolismo.

Existen diferentes rutas metabólicas para sintetizar la molécula de ATP, la elección de dicha ruta será en función de la utilización de ATP que se realice o la intensidad del ejercicio, pero sabemos

que no habrá una única ruta funcionando cada vez, sino que hay un funcionamiento simultáneo de las 3 rutas predominando unas sobre otras (fosfógenos, glucólisis anaeróbica y fosforilación oxidativa) (7).

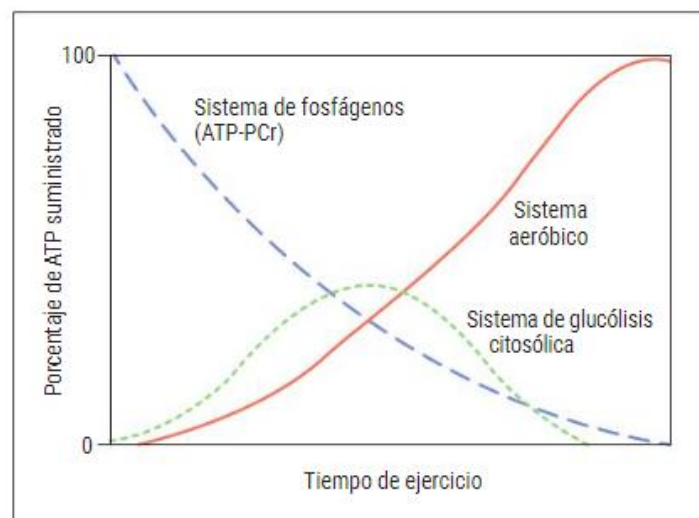


Figura 2. Participación de los diferentes sistemas energéticos en la formación de ATP según la duración de la actividad (7).

- Glucólisis

Denominamos así al proceso mediante el cual nuestras células obtienen energía a partir de la rotura de glucosa u otros azúcares (6). La glucosa que utilizarán las fibras musculares para obtener el ATP la pueden obtener mediante diferentes vías; la gluconeogénesis, la glucosa sanguínea u otros azúcares que hemos obtenido mediante la dieta, el glucógeno muscular y el glucógeno hepático (7).

En este proceso la glucosa sufre un proceso de oxidación en el citosol formando 2 moléculas de piruvato con rendimiento neto de 2 moléculas de ATP. En el caso de ejercicio intenso y explosivo, donde se limita la disponibilidad de oxígeno (O_2), el piruvato no puede seguir oxidándose de manera eficiente para obtener energía por fosforilación oxidativa. En este caso, y para poder continuar con la glucólisis como fuente principal de energía (en condiciones anaerobias) el piruvato se convierte en lactato por acción de la lactato deshidrogenasa y esta conversión a su vez permite regenerar el NAD^+ , permitiendo ciclos glucolíticos sucesivos. El lactato comienza a aumentar de manera progresiva en la sangre a partir de una determinada intensidad que conocemos como el umbral láctico, y que significa que hay un aumento en la conversión de piruvato a lactato, es decir, un aumento de la glucólisis citosólica (ibidem).

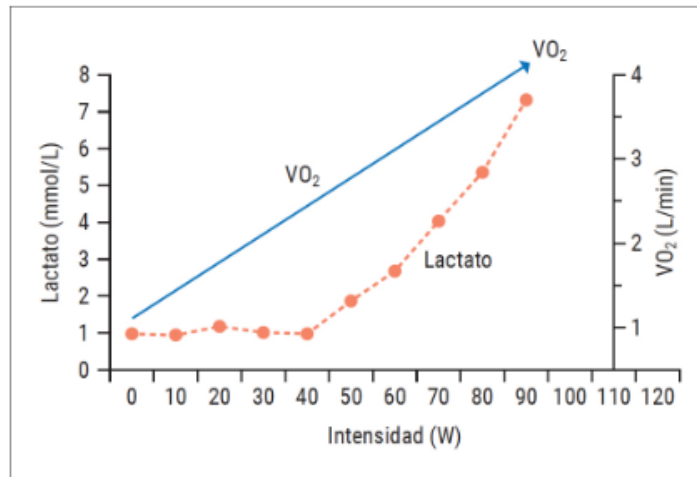


Figura 3. Umbral de lactato e intensidad del ejercicio (7).

- Fosforilación oxidativa

En el desarrollo de actividades aeróbicas, así como durante el reposo el ATP se obtiene principalmente a través del sistema oxidativo, un proceso que sucede en la mitocondria en presencia de cantidades suficientes de O₂. Este sistema es capaz de obtener energía a partir de los hidratos, grasa y proteínas en menor medida, la cual se empleará para la producción de ATP (7).

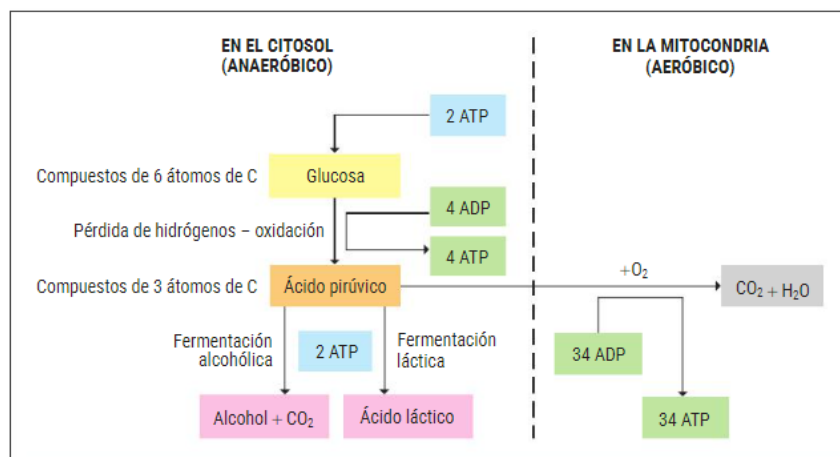


Figura 4. Procesos de glucólisis aeróbica y anaeróbica. (7)

- Sistema de los fosfágenos:

Los fosfágenos son unas moléculas celulares con enlaces fosfato que tienen un alto nivel energético. Dentro de este grupo de los fosfágenos nos encontramos a la la fosfocreatina (PCr). Esta molécula tiene la función de transferir energía de manera muy rápida sin la necesidad de O₂

en dicha reacción, mediada por la enzima creatina-quinasa. En una situación de demanda energética muy elevada, que no puede ser compensada con la producción celular de ATP, y que por tanto conduce a la acumulación de niveles altos de ADP, la creatina-quinasa hidroliza PCr cediendo el grupo fosfato de alta energía al ADP para así regenerar ATP, y convirtiéndose la PCr en creatina (Cr). La concentración de PCr desciende muy rápido durante el ejercicio por la reposición del ATP, pero se puede revertir a niveles normales después del ejercicio intenso. Esta vía funciona en periodos de muy corta duración (1-6 segundos) que sirven para regenerar el ATP de manera rápida durante esfuerzos de alta intensidad (7).

En el caso específico del balonmano, nos encontramos con un deporte que, en España, se encuentra a la sombra de otros deportes más mayoritarios como el fútbol o el baloncesto, siendo el balonmano 7º deporte con más jugadores federados en el año 2018 (8). A esto se suma la controvertida situación económica y profesional que sufre este deporte en España, una liga que no se ha considerado profesional hasta que el pasado 2022 el Comité Superior de Deportes aprobó su profesionalización. Algunos artículos como “La cruda realidad del balonmano en España” (9), o “El balonmano sigue en los huesos”(10), comentan esta situación. Esto es algo que llama la atención y da mucho mérito a los éxitos de nuestra Selección Nacional, ya que es la que más medallas ha conseguido en campeonatos europeos (11).

Dicha situación económica y profesional hace que algunos aspectos claves en el rendimiento como la nutrición sea dejado de lado por parte de los jugadores y clubs, siendo poco común la presencia de la figura del nutricionista en los equipos y habiendo un desconocimiento por parte de los jugadores sobre nutrición (12). Intervenciones nutricionales en jugadores profesionales han mostrado como estos no cubrían sus requerimientos nutricionales y su desconocimiento sobre la nutrición, y como se mejoraba su rendimiento y estado nutricional mediante un programa de educación nutricional (13). Además, al ser un deporte no mayoritario a nivel mundial, es complicado encontrar información específica sobre nutrición, ya que no es un campo sobre el que haya interesado realizar investigaciones o intervenciones.

I. Objetivos

La nutrición deportiva busca diseñar dietas específicas para potenciar el desarrollo de la actividad física, adaptándose a las demandas metabólicas de los deportistas. En este TFG se va a aplicar esta metodología a jugadores profesionales de balonmano. Con el presente TFG se pretende recopilar, analizar y proponer estrategias de nutrición deportiva para maximizar el rendimiento deportivo de estos jugadores. Para ello se establecen los siguientes objetivos secundarios:

- Conocer la composición corporal, necesidades energéticas y metabólicas de los jugadores de balonmano.
- Implementar un plan de alimentación que considere la dieta antes, durante y después del esfuerzo físico tanto en entrenamientos como en competiciones y que considere las necesidades específicas de macro y micronutrientes.

II. Metodología

Para desarrollar este trabajo se realiza una revisión sistemática con varios objetivos:

El primer objetivo es conocer las necesidades fisiológicas del balonmano para después poder ajustar las recomendaciones nutricionales a dichas necesidades. Para ello se utilizan la bases de datos científicas de PubMed/MEDLINE, Web of Science (WOS) y Google Scholar. Como palabras de búsqueda se utilizan las palabras clave (“Body composition”, OR “Anthropometry” OR “Performance” OR “Physiological demands”) AND (“Handball players”).

Los estudios y revisiones elegidas son aquellas que han sido realizados sobre jugadores de balonmano de élite, eliminando aquellas que se han hecho en jugadores de balonmano playa. Además, escogemos aquellos que han valorado las diferentes posiciones de juego para ver sus características y demandas fisiológicas. Se incluyen tanto estudios que valoran las necesidades en entrenamientos como en partidos. Hemos obtenido también información de las referencias de los estudios que hemos considerado más relevantes o completos. Para completar alguna información, se incluye también estudios realizados en deportes con características similares al balonmano, como es el baloncesto o el voleibol.

El siguiente objetivo es establecer unas recomendaciones nutricionales sobre las necesidades estudiadas anteriormente. Se hace de nuevo una búsqueda en las bases de datos científicas PubMed/MEDLINE, WOS y Google Scholar utilizando las palabras clave (“Nutrition” OR “Diet” OR “Nutritional Intake” OR “Energy Intake” OR “Water intake” OR “carbohydrates” OR “Fats” OR “Protein” OR “Fiber”) AND (“Handball” OR “Athletes” OR “team sports”), para encontrar información sobre los macronutrientes. Respecto a los micronutrientes, se sugieren una serie de micronutrientes que hemos considerado esenciales para el rendimiento deportivo, y para cuya búsqueda usamos las palabras clave (“Vitamin” D OR “Iron” OR “Calcium” OR “Phosphorous” OR “Magnesium” OR “Vitamin B” OR “Vitamin C” OR “Electrlytes” OR Zinc) AND (“Handball” OR “Athletes” OR “team sports”). Además, esta búsqueda se complementa con información sacada de libros de nutrición deportiva o fisiología escritos por importantes referentes en el sector. De esta manera hemos obtenido tanto las ingestas medias de jugadores de balonmano de élite como diferentes recomendaciones nutricionales que se aplican en el deporte

u otros deportes de equipo para posteriormente ajustarlas a las características del balonmano, escogiendo aquellos realizados en jugadores de élite y los que aportaban un mayor información de utilidad.

Como objetivo adicional, se hace una propuesta de una serie de suplementos que pueden suponer un aumento en el rendimiento de los jugadores durante la práctica del balonmano y que cuentan con una evidencia científica suficiente que los respalde. Para ello buscamos información en las bases de datos científicas anteriores usando las palabras clave (“Caffeine” OR “Creatine” OR “Pickle Juice” OR “Beta alanine” OR “Electrolytes” OR “Beetroot Juice” OR “Bicarbonate” OR “Carbohydrate”) AND (“Handball” OR “Athletes” OR “team sports”). Se escogen los estudios y revisiones que valoran los suplementos mediante una correcta toma y los que hacen un estudio de Cohortes comparativo entre los que toman dicho suplemento y los que no para evaluar su eficacia.

III. Resultados

A. Demandas físicas y fisiológicas del balonmano

Como se ha comentado en la introducción, el balonmano no es un deporte tan estudiado como otros, lo que hace que el conocimiento científico respecto a las demandas físicas sea limitado en el balonmano de élite. No fue hasta el año 2007 cuando se realizó por primera vez un estudio analizando el movimiento de los jugadores de balonmano en partidos oficiales durante el Campeonato Mundial de Balonmano Masculino (14). Se trata de un deporte en el que se realizan esfuerzos de manera intermitente, algo que es común en los deportes de equipo y que conlleva una gran demanda energética. Esto sugiere que los jugadores de balonmano gastan gran cantidad de energía en patrones de movimiento de aceleración y deceleración, como pasa en otros deportes como el fútbol (15). Esta característica hace que principalmente se utilice el metabolismo aeróbico, y se intercale con acciones de alta intensidad que demandan del metabolismo anaeróbico (16).

Entrando en detalle, alterna tanto movimientos de alta (sprints, cambios de dirección, saltos...) como de baja intensidad (caminar o trotar) con movimientos específicos del balonmano (contactos, giros, saltos, lanzamientos o situaciones de 1 contra 1) que cambian en función de la fase de juego (ataque-defensa), y que en estas varían los perfiles de actividad y la intensidad.

Además, es importante tener en cuenta la duración de los partidos que es de 60 minutos repartidos en 2 partes de 30’.

La actividad de baja intensidad es mayoritaria durante el juego, pero esta se alterna de manera frecuente con esfuerzos de alta intensidad (siendo las paradas y los cambios de dirección los más

frecuentes) que se reducen durante la segunda parte por la fatiga del partido. Las fases defensivas son las que más exigencia a nivel físico suponen, por la mayor exigencia de movimientos de alta intensidad, la necesidad de ser proactivos y la recuperación de la posición defensiva que se hace esprintando para prevenir situaciones de gol (16).

En este deporte predominan patrones de movimiento poco convencionales (como los desplazamientos laterales o correr hacia atrás), los cuales producen mayores gastos energéticos y más carga metabólica que otros patrones más naturales a nivel fisiológico (17). Estas demandas a su vez se diferencian en función de la posición ocupada en el campo por el jugador (18):

Los jugadores defensores y los centrales son los que recorren distancias totales más largas, y son los defensores junto con los pivotes los que más acciones de alta exigencia hacen, estando la mayoría del partido en intensidades de >80% de la frecuencia cardiaca máxima (FC máx). Por otro lado, son los laterales los que recorren mayor distancia a alta intensidad, ya que, aunque los pivotes realicen más acciones de alta intensidad, estas no conllevan tanta distancia de desplazamiento. Además, los laterales participan con frecuencia en situaciones de contraataque. Los extremos, debido a su colocación en la pista y su alta frecuencia de participación en contraataques, son los jugadores que más esprints hacen y de mayor longitud. Por otro lado, la actividad de los porteros varía por completo respecto al resto de jugadores, siendo los que menores valores de frecuencia cardiaca (FC) tienen durante el partido y los que menos rato pasan a >80% de la FC máx (Ibidem). Esto también varía en defensa, siendo los jugadores de la zona central los que más esfuerzos de alta intensidad y más situaciones de contacto jugador contra jugador realizan (19), mientras que los jugadores de las zonas exteriores son los que menos (18). Los contactos corporales y los duelos de jugador contra jugador varían entre las posiciones también, y son acciones que demandan mucha energía. Son los pivotes los jugadores que más contactos reciben durante los partidos y los que más duelos realizan. (19)

Tabla 1.

Número y tipo de acciones realizadas por los jugadores de balonmano durante las partes de un partido dependiendo de su posición (18).

| Game actions | Game total | | | First half vs. second half | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|---------------|----------------------------|-------------------|------------|------------|-------------------|------------|
| | Wings | Backcourt players | Pivots | Wings | Backcourt players | Pivots | Wings | Backcourt players | Pivots |
| Jumps | 8.2 ± 2.9†‡ | 19.1 ± 5.2‡ | 14.0 ± 3.9†§ | 3.8 ± 1.4 | 4.4 ± 2.2 | 9.7 ± 4.1 | 9.4 ± 2.5 | 7.7 ± 3.1 | 6.2 ± 2.4 |
| Throws | 4.3 ± 1.8† | 10.3 ± 4.4‡ | 5.4 ± 2.1† | 1.7 ± 1.0 | 2.6 ± 2.1 | 5.0 ± 3.0 | 5.3 ± 2.2 | 2.8 ± 1.5 | 2.6 ± 1.7 |
| Stops in the attack | 7.7 ± 4.0†‡ | 19.0 ± 5.1 | 14.0 ± 4.2§ | 4.4 ± 2.7 | 3.3 ± 2.5 | 11.0 ± 3.2 | 8.0 ± 3.0 | 7.0 ± 3.2 | 7.0 ± 2.5 |
| Stops in the defense | 11.7 ± 4.1‡ | 19.2 ± 1.0 | 22.7 ± 8.8§ | 5.8 ± 3.6 | 5.9 ± 2.5 | 10.4 ± 6.8 | 8.8 ± 4.2 | 12.3 ± 4.5 | 10.4 ± 5.4 |
| Total stops | 19.1 ± 6.9†‡ | 38.2 ± 9.2 | 36.8 ± 11.1§ | 10.2 ± 4.3 | 8.9 ± 4.4 | 21.4 ± 6.1 | 16.8 ± 5.1 | 19.4 ± 7.1 | 17.4 ± 5.4 |
| Changes of direction in the attack | 7.4 ± 3.7†‡ | 19.0 ± 5.1‡ | 13.1 ± 3.3†§ | 4.4 ± 2.4 | 3.0 ± 2.5 | 11.0 ± 3.3 | 8.0 ± 3.1 | 6.4 ± 2.0 | 6.7 ± 2.5 |
| Changes of direction in the defense | 11.2 ± 4.4‡ | 19.2 ± 10.0 | 22.0 ± 9.3§ | 5.7 ± 3.7 | 5.5 ± 2.7 | 10.4 ± 6.9 | 8.8 ± 4.3 | 11.4 ± 5.3 | 10.6 ± 5.2 |
| Total changes of direction | 18.4 ± 6.7†‡ | 37.9 ± 9.2 | 35.4 ± 11.1§ | 9.9 ± 4.2 | 8.5 ± 4.6 | 21.0 ± 6.1 | 16.9 ± 5.2 | 18.2 ± 6.8 | 17.2 ± 5.5 |
| One-on-one situations in the attack | 1.6 ± 1.1‡ | 6.3 ± 3.7‡ | 16.8 ± 10.3†§ | 1.1 ± 1.0 | 0.5 ± 0.7 | 3.5 ± 2.5 | 2.8 ± 2.8 | 8.7 ± 3.9 | 8.1 ± 6.9 |
| One-on-one situations in the defense | 4.1 ± 2.5†‡ | 12.9 ± 6.6 | 19.3 ± 8.9§ | 1.9 ± 2.0 | 2.2 ± 1.2 | 8.1 ± 4.5 | 4.8 ± 2.6 | 10.0 ± 4.7 | 9.3 ± 4.7 |
| Total one-on-one situations | 5.6 ± 2.3†‡ | 18.9 ± 6.6‡ | 36.4 ± 16.2†§ | 3.1 ± 2.0 | 2.5 ± 1.3 | 11.3 ± 5.0 | 7.6 ± 4.0 | 18.0 ± 7.9 | 17.6 ± 9.0 |

*Values are presented as mean ± SD.

†Significantly different ($p \leq 0.05$) from backcourt players.

‡From pivots.

§From wings.

||Significantly different ($p \leq 0.05$) from the first half of the match.

B. Composición física de los jugadores de balonmano

La composición corporal tiene una gran importancia a la hora de evaluar el estado nutricional y conocer los componentes corporales, así como su relación entre ellos y los cambios cuantitativos que estos tienen durante el tiempo. Los diferentes métodos de medición de la composición corporal nos permiten cuantificar de manera in vivo diferentes datos de interés como los porcentajes de grasa, de masa muscular, de agua corporal o la masa ósea entre otros. (20)

La composición corporal de los deportistas es un aspecto clave de su rendimiento, ya que sabemos que una composición óptima está relacionada con mejores marcadores de rendimiento y capacidades físicas (21). No podemos tomar un valor estándar para todos los deportistas, ya que cada deporte tiene sus características físicas y fisiológicas, y por lo tanto la composición corporal, las características antropométricas y el somatotipo varía entre ellos y muestra grandes diferencias entre algunos deportes (22).

Una vez hemos descrito las diferentes características fisiológicas del balonmano y las principales demandas físicas específicas de cada posición, podemos ver como las características antropométricas de los jugadores se ajustan a dichas necesidades. Primero, de una manera más general, se sabe que valores más altos de masa libre de grasa (MLG) en jugadores de balonmano, está directamente relacionado con mejores resultados en indicadores de rendimiento como la fuerza máxima absoluta o la potencia muscular (23).

En el caso de los extremos, recordemos que son los jugadores que más sprints hacen, pero, además, son los jugadores con mayor velocidad y salto vertical, algo que explica su diferente composición respecto a otros jugadores que ocupan otras posiciones en la pista. Los extremos son los que tienen menores valores de altura, grasa corporal y volumen muscular (24), ya que valores como la altura en dicha posición no son muy determinantes, y tener volúmenes corporales de grasa o masa muscular más elevados puede no ser beneficioso para ellos.

Los duelos contra oponentes en 1 contra 1, y los contactos ya sean en ataque o en defensa suponen un gran desgaste muscular, por lo que tener una mayor masa muscular supone una ventaja. Los jugadores que más reciben estos contactos y situaciones de jugador contra jugador son los pivotes. Estos jugadores son los que presentan mayores valores de peso corporal, índice de masa corporal (IMC), % de grasa y potencia (25).

Los jugadores laterales también tienen una gran cantidad de situaciones de 1 contra 1 y de contactos contra otros jugadores, además de que son los jugadores que más acciones de lanzamientos exteriores realizan (lanzamientos por encima de la defensa), por lo que en este caso la altura supone una ventaja. Esto se traduce en que la media de altura más alta la tengan los jugadores laterales. Además, representan la segunda posición que más peso y masa corporal (MC) tiene (25), pero con un menor porcentaje graso que los pivotes (24).

Una posición con demandas parecidas a los laterales son los centrales, pero en su caso no suelen recurrir tanto al lanzamiento exterior. Presentan una altura y peso algo inferiores a los laterales, pero una composición corporal y somatotipos muy similares (25).

Si las demandas físicas en la pista de los porteros eran muy diferentes que las del resto de los jugadores, la composición corporal lo es también. Presentan niveles más altos de grasa corporal que en algunos estudios superan incluso a la de los pivotes, y valores menores de fuerza muscular y por tanto de masa muscular (26).

Para tener una media general de los jugadores de balonmano independientemente de su posición, el *Centro de Alto Rendimiento de San Cugat* presentó los siguientes datos: Los jugadores tienen una media de edad de $21,9 \pm 3,2$ años, una talla de $189,4 \pm 8,8$ cm, un peso de $92,9 \pm 9,7$ kg, un IMC de $25,9 \pm 2,7$ y una somatocarta predominante mesomórfica (22). *M. C-Rodríguez et al.* realizaron un estudio sobre una muestra de población española de un rango similar de edad ($20,38 \pm 2,67$ años) que nos permite comparar las características físicas de los jugadores de balonmano respecto a la población general. En su estudio valoraron una media de $1,75 \pm 0,06$ m de altura, $73,06 \pm 10,06$ kg de peso, $23,64 \pm 3,74$ de IMC, además de $11697,84 \pm 7214,81$ g de masa grasa (MG) y $61185,48 \pm 7576,59$ g de MLG (27).

Tabla 2.

Diferencias antropométricas de los jugadores de balonmano según su posición (26).

| | <i>n</i> | Age (years) | Body mass (kg) | Height (m) | Percentage body fat |
|-------------------|----------|-------------|----------------|--------------|-------------------------|
| Goalkeeper | 4 | 26 (2.5) | 91.5 (6.8) | 1.89 (2.0) | 20.2 [#] (1.4) |
| Back | 9 | 23 (1.2) | 88.0 (8.0) | 1.93* (3.20) | 12.4 [#] (3.3) |
| Pivot | 3 | 24 (2.3) | 98.2 (12.9) | 1.92 (7.2) | 13.4 (2.6) |
| Wing | 5 | 23 (1.6) | 84.1 (5.9) | 1.82* (4.8) | 15.1 (2.8) |
| Mean (<i>s</i>) | | 24.3 (3.4) | 88.6 (7.5) | 1.89 (5.5) | 15.4 (3.7) |

Notes: *Significantly different between backs and wings ($P < 0.01$).

[#]Significantly different between goal keepers and backs ($P < 0.01$).

Tabla 3.

Composición corporal de una muestra de 605 adultos jóvenes españoles (27).

| | Females | Males | Total |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>N</i> (%) | 419 (69.3) | 186 (30.7) | 605 |
| Age | 20.35 ± 2.68 | 20.45 ± 2.64 | 20.38 ± 2.67 |
| Height (m) | 1.63 ± 0.06 | $1.75 \pm 0.06^{**}$ | 1.67 ± 0.08 |
| Weight (kg) | 59.44 ± 10.06 | $73.06 \pm 13.04^{**}$ | 63.63 ± 12.72 |
| BMI (kg/m ²) | 22.15 ± 3.57 | $23.64 \pm 3.74^{**}$ | 22.61 ± 3.68 |
| Fat mass (g) | 15405.96 ± 7994.45 | $11697.84 \pm 7214.81^{**}$ | 14265.95 ± 7943.93 |
| Fat-free mass (g) | 44275.17 ± 3481.33 | $61185.48 \pm 7576.59^{**}$ | 49474.04 ± 9325.07 |

C. Necesidades nutricionales

1. Energía

La energía aportada por la dieta en forma de kilocalorías (kcal) es un aspecto vital que cuantificar en las dietas de los deportistas.

Un consumo energético óptimo no sólo está únicamente relacionado con un mejor rendimiento, si no que permite a los deportistas mantener una composición corporal y reservas energéticas adecuadas, satisfacer las necesidades metabólicas, así como mantener un crecimiento y salud correctas, evitando problemas asociados con el bajo aporte energético como son las deficiencias inmunológicas y desórdenes hormonales que pueden afectar a la salud reproductora de los deportistas (28). En los resultados de este mismo artículo podemos observar como la mayoría de los atletas, tanto hombres como mujeres, suelen consumir cantidades energéticas diarias por debajo de sus necesidades totales.

Para medir el gasto energético total (GET) de los deportistas contamos con diferentes métodos como los cuestionarios de actividad física, métodos de calorimetría directa o indirecta, y uno de los métodos más utilizados y que puede ser de mayor comodidad, especialmente si trabajamos en vestuarios con muchos deportistas, las ecuaciones predictivas por su comodidad y menor coste económico.

Dentro de estas ecuaciones predictivas encontramos diferentes, como la de Harris-Benedict (la más popular y utilizada), la de la OMS, Müller, Cunningham o De Lorenzo. Estas fórmulas nos permiten calcular el gasto energético (GE) de las personas a través de parámetros como la edad, la altura o el peso y corregirlas después en función del grado e intensidad de actividad física que estos realicen. La precisión y validez de las diferentes fórmulas ha sido estudiada, y en el caso de los atletas, se ha visto que las fórmulas que han sido capaces de hacer una mejor predicción del GE han sido la De Lorenzo y la de Cunningham (tabla 3), que tienen en cuenta los kg de masa magra (MM) en su fórmula, un factor de gran importancia en los deportistas, y han sido específicamente desarrolladas para estos (29)(30)(31).

Para hacer un cálculo de las necesidades energéticas de cada actividad, y en el caso de los jugadores de balonmano de cada sesión de entrenamiento o partido, podemos usar el Compendio de Actividad Física (32), siendo el balonmano, uno de los deportes de la lista con mayor GE (mayor valor de equivalente energético metabólico (METs) (tabla 4)).

En la literatura no encontramos recomendaciones específicas de macronutrientes ni energéticas, vemos algunas estimaciones sobre necesidades energéticas como es el caso de *K. Teraz* y *C.J.W. Weulenberg*, que estimaron mediante la ecuación de Cunningham unas necesidades de 4054 ± 248 kcal en días de entrenamiento, 4587 ± 289 kcal en días de partido y 3413 ± 193 en día de descanso en jugadores de balonmano (33), o *Silva et al.* (34), que compararon las necesidades energéticas

en deportistas de diferentes modalidades deportivas y las diferencias que se producían en estas necesidades durante el inicio y final de la temporada. En el caso del balonmano calcularon una necesidad energética de 3892 ± 596 kcal en el inicio de la temporada y 4526 ± 483 al final.

Como hemos comentado antes, los deportistas tienden a consumir menos kcal de las que realmente necesitan, algo que afecta negativamente al rendimiento. *J. M-López et al.* en una intervención nutricional llevada a cabo en jugadores profesionales de balonmano, valoraron la ingesta energética de estos y vieron que estaba por debajo de sus necesidades (13).

Tabla 4.

Ecuaciones de uso frecuente en deportistas para predecir el GER (29).

| |
|---|
| <p>Instituto de Medicina, 2000: Hombres= $662 - 9.53 + PA \times [15.91 \times \text{masa corporal(kg)} + 539.6 \times \text{talla(m)}]$ Mujeres= $354 - 6.91 + PA \times [9.36 \times \text{body mass(kg)} + 726 \times \text{height (m)}]$ PA (Actividad física): 1.0–1.39: Actividades sedentarias y diarias como caminar, tareas domésticas, etc. 1.4–1.56: Baja actividad, tareas diarias y 30–60 minutos/día de actividad moderada como caminar 5–7km/hora. 1.6–1.89: Activo y actividades diarias, más de 60 minutos/día de actividad moderada. 1.9–2.5: Muy activo, actividades diarias, con 60 minutos/día de actividad moderada; más de 60 minutos/día de actividad vigorosa o 120 minutos/día de actividad moderada.</p> |
| <p>Cunningham, 1980: $RMR = 500 + 22 \times \text{masa magra (kg)}$ Mayor predicción de RMR en deportistas de ambos sexos que practican entrenamiento de resistencia, basado en masa magra (libre de grasa).</p> |
| <p>De Lorenzo, 1999: $RMR \text{ hombres} = -857 + 9.0 \times \text{masa corporal (kg)} + 11.7 \times (-\text{talla (cm)})$. 51 hombres deportistas que realizan entrenamiento intensivo de water polo, judo y karate.</p> |

Tabla 5.

Compendio de Actividad Física METS de diferentes deportes entre los que encontramos el balonmano.(32)

| CÓDIGO | METS | ACTIVIDAD | ACTIVIDAD ESPECÍFICA |
|---------------|-------------|------------------|--|
| 15170 | 4.0 | sports | curling |
| 15180 | 2.5 | sports | darts, wall or lawn |
| 15190 | 6.0 | sports | drag racing, pushing or driving a car |
| 15192 | 8.5 | sports | auto racing, open wheel |
| 15200 | 6.0 | sports | fencing |
| 15210 | 8.0 | sports | football, competitive |
| 15230 | 8.0 | sports | football, touch, flag, general (Taylor Code 510) |
| 15232 | 4.0 | sports | football, touch, flag, light effort |
| 15235 | 2.5 | sports | football or baseball, playing catch |
| 15240 | 3.0 | sports | frisbee playing, general |
| 15250 | 8.0 | sports | frisbee, ultimate |
| 15255 | 4.8 | sports | golf, general |
| 15265 | 4.3 | sports | golf, walking, carrying clubs |
| 15270 | 3.0 | sports | golf, miniature, driving range |
| 15285 | 5.3 | sports | golf, walking, pulling clubs |
| 15290 | 3.5 | sports | golf, using power cart (Taylor Code 070) |
| 15300 | 3.8 | sports | gymnastics, general |
| 15310 | 4.0 | sports | hacky sack |
| 15320 | 12.0 | sports | handball, general (Taylor Code 520) |
| 15330 | 8.0 | sports | handball, team |
| 15335 | 4.0 | sports | high ropes course, multiple elements |
| 15340 | 3.5 | sports | hang gliding |
| 15350 | 7.8 | sports | hockey, field |

2. Agua

El correcto estado de hidratación es muy importante para el rendimiento deportivo, ya que la deshidratación produce una disminución de la actividad mental, de la capacidad de rendimiento motor y un aumento de la temperatura corporal, además de una mayor prevalencia de calambres musculares, unos síntomas que empiezan a producirse cuando hay una pérdida de líquidos \geq al 2% de la MC. En un estado de deshidratación del 3-4% de la MC, se reduce la velocidad de vaciamiento gástrico y aumentan las posibilidades de padecer trastornos gastrointestinales.(35)

En un estudio experimental *B. Cunniffe et al.* valoraron la pérdida de agua y balance de agua en 17 jugadoras de balonmano de élite, viendo una ingesta media de agua en los partidos de $1,05 \pm 0,16$ L, y una pérdida de $1,08 \pm 0,18$ L. Vieron además que la tasa de sudoración aumenta de manera significativa en los partidos (1.02 ± 0.07 L/hora) respecto a los entrenamientos (0.56 ± 0.15 L/ hora). En el caso del balonmano masculino la tasa de sudoración calculada es de 1.1 ± 0.3 L /hora (36).

Por otro lado, *Póvoas et al.* midieron la MC perdida por jugadores de élite durante partidos, viendo que los jugadores podían llegar a perder hasta 1,4 kg, hasta un 1,3% de la MC. La ingesta de líquido de los jugadores era de 0,6 a 1,5 L, mientras que la pérdida de líquido era de 1,4 a 2,9 L (siendo entre un 1,9 y un 3,1% de la MC de los jugadores). Además, no se observaron grandes diferencias en estos datos respecto a las diferentes posiciones (18).

Existen diferentes métodos para evaluar el estado de hidratación de los deportistas, pero uno de gran utilidad, rápido y cómodo para los jugadores es el color de la orina (37), un método que ha sido demostrado ser fiable y de gran utilidad entre los atletas (38), interpretándose una orina de color amarillo transparente como un estado óptimo.

Gracias a la literatura sabemos que lo realmente importante para la rehidratación es únicamente el volumen de agua ingerida, pero puede resultar más interesante y óptimo hacer una estrategia de hidratación, separando el volumen total a tomar en diferentes ingestas que resulten cómodas y correctamente toleradas por el jugador (35). El objetivo de la hidratación aplicada a una sesión de entrenamiento o de una competición es recuperar el 100% del peso corporal (PC) perdido, teniendo en cuenta que tras la competición se sigue perdiendo líquido, y cuanto antes comencemos con la recuperación mejor. Para ello se establecen una serie de recomendaciones de hidratación (35)(39):

Se recomienda el consumo de bebidas frescas (ya que muy frías suelen ser preferidas por los deportistas, pero estos son capaces de consumir menor cantidad en una misma ingesta). Las bebidas con un sabor agradable han demostrado aumentar la frecuencia de consumo y facilitan la ingesta voluntaria. Consumir bebidas que contengan hidratos de carbono son de gran utilidad y nos ayudan a cumplir también los objetivos de reposición de glucógeno (30-60g de hidrato/hora). Es importante que sean de fácil digestión y bien toleradas por el jugador. La adición de sodio (Na) a la bebida ayuda a la retención del líquido ingerido, mejorando el equilibrio hidroelectrónico y, además, evitando posibles complicaciones de la rehidratación como la hiponatremia. Consumir bebidas con alcohol o cafeína queda desaconsejado, ya que dichas sustancias tienen un cierto efecto diurético (35).

3. Hidratos de Carbono

El balonmano es un deporte con esfuerzos de alta intensidad intermitentes. La producción de energía de estos esfuerzos se produce mediante la degradación del glucógeno (que se trata de la reserva corporal de glucosa) mediante el metabolismo anaeróbico, y de la PCr en determinadas situaciones como acciones de muy elevada intensidad, por lo que tener unos niveles altos de glucógeno antes, durante y después, va a ser un indicador de mayor rendimiento. Estos esfuerzos intermitentes vacían los depósitos de glucógeno hepáticos de manera principal, y posteriormente

los de glucógeno muscular, disminuyendo la capacidad de producción de potencia y de trabajo muscular durante la actividad (40). Es por esta razón que los hidratos de carbono van a ser el componente mayoritario de la dieta del jugador de balonmano

En la literatura científica podemos encontrar diferentes recomendaciones de consumo de hidratos de carbono en deportistas que nos interesan para los jugadores de balonmano, y entre las que más se adaptan a este deporte se encuentran las siguientes (35):

Para la maximización de la recuperación diaria de glucógeno hepático y muscular, mejorar el entrenamiento diario y aumentar los niveles de glucógeno antes de una competición se recomienda un consumo de 7-10g de hidratos de carbono/kg de MC/ día. Para programas de entrenamiento de 1-3 horas de duración al día de intensidad media-alta se debe consumir de 6-10g de hidratos de carbono/kg de MC/día (41).

Debemos tener en cuenta que las necesidades de carbohidratos van en aumento conforme se acerca el evento de competición (35).

Viendo estos datos, podemos ver que como resumen en una dieta óptima para jugadores de balonmano nos deberíamos mover en el rango de 6-10g/kg de MC/ día. Este consumo óptimo no se suele cumplir en los deportistas en general, y en el caso del balonmano tampoco, ya que en intervenciones experimentales como la de *J.M-López et al.* valoró la ingesta diaria de macronutrientes confirmando que los jugadores de balonmano consumen $360,91 \pm 27,64$ g diarios, un valor por debajo de las recomendaciones. En este estudio el peso medio calculado de la muestra de 14 jugadores de balonmano de élite era de 86,72 kg, por lo que siendo la recomendación el rango de 6-10 g de hidratos de carbono/kg/día deberían consumir 520,3-867g de carbohidrato/día. Resultados similares encontraron *D.A. Santos et al.*, viendo un consumo diario de 331 ± 123 g de hidratos de carbono en un grupo de atletas de élite entre los que se encontraban jugadores de balonmano, de nuevo un consumo subóptimo (42). Otro resultado interesante es el comentado por *F. E. Holway & L.L. Spriet*, que recopilan un consumo de 4g/kg/día en jugadoras de balonmano, y además comentan que los deportistas suelen consumir menos cantidad de comida y por tanto de energía y macronutrientes debido al estrés que esta competición les genera (43), algo que puede influir de manera muy negativa en su rendimiento.

Como se ha visto anteriormente, las recomendaciones diarias de hidratos de carbono óptimas que deberían seguir para los entrenamientos, deberían variar en función del momento de la semana, en concreto en relación con la cercanía al evento deportivo (35):

- Días previos al partido

Un factor nutricional relacionado con la fatiga es la estrategia nutricional tanto durante como antes del partido, además de bajos niveles de glucógeno o situaciones de hipoglucemia. Llegar al

partido con las reservas corporales repletas permitirá mantener un mayor rendimiento durante la competición. Para llegar bien preparados para el partido, los jugadores de balonmano deberían dejar pasar entre 24-36 hora de reposo, o si no es posible, con un entrenamiento de baja exigencia que no vaya a suponer un gran desgaste tanto a nivel muscular como de los depósitos de glucógeno, acompañado de una dieta alta en hidratos de carbono, de 7- 10g/kg en estos días, esta es la conocida carga precompetición (35).

Debemos establecer una estrategia nutricional para asegurar un aporte correcto, dando prioridad a alimentos que sean ricos en hidratos de carbono y que sean el centro de todas nuestras comidas, y quitándosela a los alimentos que no nos los aporten. Conviene utilizar formas de alimentos que sean más compactas y aporten menos volumen, ya que facilitará su ingesta.

- Previo a la competición

La comida previa a la competición tiene el papel de continuar llenando las reservas de glucógeno muscular y hepático y evitar la sensación de hambre u otras molestias gastrointestinales, además de otros papeles fuera de la nutrición como las prácticas psicológicas o supersticiones de los deportistas.

Se ha demostrado que la ingesta de 1-4g/kg de hidratos de carbono, consumidas entre 1-4 horas antes de la competición mejora la disponibilidad de energía durante la práctica deportiva. En esta comida vamos a seleccionar alimentos que constituyan una fuente de hidratos de carbono que tengan poco volumen y sean fáciles de digerir (bajos en grasa y fibra), y de índice glucémico (IG) (que se considera el aumento de glucosa en sangre producido tras la ingesta de un alimento) medio-bajo, para evitar los picos de insulina y mantener la glucemia más estable en el tiempo. Si por un consumo bajo de hidratos de carbono en el periodo de tiempo anterior debemos hacer una ingesta de hidratos dentro del periodo de la hora previa a la hora de competición, se recomienda el consumo de hidrato de carbono en forma de pequeños snacks como barritas, geles o bebidas deportivas, y en este caso de un mayor IG (35).

- Durante el partido/ entrenamientos de alta intensidad

Está demostrado que en deportes de intensidad media alta como es el caso del balonmano, el consumo de 30-60g de hidratos de carbono/hora de hidrato de carbono permite un mejor mantenimiento del rendimiento (43).

- Después del partido/ entrenamiento intenso

Se recomienda comenzar el periodo de recuperación lo antes posible, consumiendo de 1-1,5g/kg de carbohidratos durante los 30 primeros minutos sucedidos tras la finalización de la competición o un entrenamiento exigente, y repetir dicho consumo tras 2 horas, o reanudar la dieta normal alta

en hidratos de carbono (de 6-10 g/kg/día). Tras el ejercicio intenso la apetencia de comida por parte de los deportistas suele ser reducida, por lo que alimentos de fácil ingestión como pequeños snacks, barritas o alimentos azucarados con un alto IG serán buenas opciones (35).

Respecto al IG de las fuentes de hidratos de carbono, debemos seleccionar hidratos de carbono con un alto o bajo IG en función de la velocidad con la que queramos que esta sea absorbida y produzca un aumento de la glucosa en sangre. En el caso de una comida más espaciada en el tiempo respecto a una competición, por ejemplo, en el periodo de las 4 horas previas a la competición, nos interesa que el pico de glucosa sea más estable en el tiempo para no producir un estado de hipoglucemia, por lo que optaremos por IG más bajos o medios (debemos tener en cuenta también el contenido en fibra, que puede generar molestias gastrointestinales). Tanto en ingestas en momentos próximos en el tiempo tanto antes como después de entrenamientos o competiciones, en las que necesitemos una fuente inmediata de glucosa optaremos por fuentes de hidratos de carbono con IG altos. Este IG puede verse afectado por factores que lo pueden aumentar como las altas temperaturas, el grado de cocinado (por la gelatinización del almidón, o la rotura de estructuras celulares), procesos culinarios como el triturado o la maduración del alimento. Y también puede verse disminuido por factores como la presencia de fructosa o lactosa (que tienen un IG bajo), las interacciones entre féculas y proteínas, o féculas y grasas la presencia de determinados anti nutrientes, o la fibra dietética (ibidem).

Un factor que debemos tener en cuenta también es la carga glucémica (CG) (un valor que mide la respuesta insulínica de nuestro cuerpo ante la ingesta de un alimento). La respuesta glucémica se va a ver influenciada tanto por el IG del alimento que ingerimos, como por la cantidad total de hidratos de carbono que nos aporta por cada 100g dicho alimento, además de que otros nutrientes como la grasa o la fibra pueden disminuir la velocidad de absorción de los hidratos de carbono y por tanto disminuir la respuesta insulínica, por lo que el IG glucémico no es lo único a tener en cuenta. Los alimentos con una alta CG son aquellos que nos aportan un alto IG y una alta cantidad de hidratos de carbono, como son los azúcares u otros hidratos de carbono simples o refinados. Además, al tener un alto contenido de hidratos de carbono/100g de producto nos ofrecen ventajas como el gran aporte de hidratos de carbono en un menor volumen de comida, siendo opciones muy interesantes de cara a la ingesta previa al ejercicio o justo después (44).

4. Fibra

La fibra dietética es uno de los macronutrientes que más dilemas genera en la dieta de los deportistas, ya que por un lado su consumo está relacionado con muchos aspectos de la salud importantes para los deportistas, pero por otro lado una mala gestión o programación de su consumo puede provocar problemas gastrointestinales.

Entre sus múltiples efectos protectores, se ha demostrado que las personas que incluyen grandes cantidades de fibra en su dieta presentan un menor riesgo de desarrollar enfermedades coronarias, hipertensión, diabetes, obesidad y es un factor protector ante graves enfermedades gastrointestinales como es el cáncer de colon (45).

Durante la práctica deportiva se producen una serie de demandas físicas que pueden producir una respuesta de estrés sobre nuestro cuerpo, iniciando la liberación de moléculas inflamatorias, hormonas catabólicas y moléculas microbianas, y se ha relacionado el estrés producido por la práctica deportiva de alta intensidad con los cambios sobre la composición del microbioma gastrointestinal, que tiene un importante papel sobre la protección inmunológica. Se ha descrito la gran importancia que tiene el eje microbiota intestinal-cerebro, ya que la microbiota actúa como un órgano endocrino que secreta sustancias como la dopamina, serotonina y más neurotransmisores, por lo que puede influir en problemas como la depresión, el insomnio y trastornos del estado de ánimo (46).

En la dieta de los deportistas no se suele tener en cuenta la microbiota, y un consumo bajo de fibra se relaciona con una menor diversidad de esta y, por tanto, una mayor prevalencia de los problemas comentados. Tanto el consumo adecuado de fibra, como la suplementación con probióticos en deportistas han demostrado mejorar el estado del microbioma y mejorar los síntomas del estrés inducido por el deporte (ibidem).

Las recomendaciones de consumo diario de fibra son entre 20-35g de fibra al día. Este macronutriente se suele encontrar junto a los carbohidratos en los alimentos como vegetales, legumbres, cereales integrales o la fruta, pero es un macronutriente indigesto ya que nos aporta mucho volumen pero pocas calorías (47).

La sencillez de consumo es un parámetro importante que considerar en la dieta de los deportistas, los cuales necesitan cubrir altas cantidades de energía. Para ello, los alimentos que en poco volumen aportan una gran cantidad de kcal son una gran herramienta. Los alimentos ricos en fibra tienen un alto volumen, dificultando así la ingestión de grandes cantidades además de que consumir grandes cantidades de fibra puede producir molestias gastrointestinales, especialmente si son comidas previas al ejercicio (Ibidem).

5. Proteínas

Las proteínas son un macronutriente que no tiene una función principalmente energética sino estructural, siendo una parte importante del soporte de nuestra estructura orgánica, procurando el crecimiento de los tejidos corporales en situaciones como la infancia, el embarazo o durante en la recuperación de una lesión, y mantener los tejidos corporales durante el transcurso de la vida. En

el caso de que no obtengamos la suficiente energía mediante las grasas y los hidratos de carbono, las proteínas pueden ser degradadas y empleadas como sustrato energético. Las proteínas están compuestas por aminoácidos (AA), los cuales son empleados para la síntesis de sustancias como hormonas, enzimas y sustancias neuroquímicas.(47)

De los AA que nos aportan las proteínas hay un grupo que nuestro cuerpo no es capaz de sintetizar él mismo, y por tanto se consideran aminoácidos esenciales (AAE). Un aporte insuficiente de AAE en la dieta puede producir situaciones patológicas como trastornos neurológicos, inmunológicos, alteraciones en el crecimiento o esterilidad (39). Aportar la cantidad suficiente de proteína y de AAE prevendrá a los deportistas de sufrir en la recuperación muscular o su degradación (48).

Los patrones de movimiento de alta intensidad exigidos en diferentes deportes de equipo producen un daño muscular y una respuesta inflamatoria que acarrearán una disminución del rendimiento de hasta 24-72h tras la actividad. Este daño muscular debe ser reparado mediante la síntesis de proteínas musculares, proceso para el cual es necesaria una ingesta adecuada de proteínas con contenido adecuado de AAE (49).

Las recomendaciones proteicas de los deportistas debido a la necesidad de recuperar el daño muscular producido por el estrés y la respuesta inflamatoria son mayores que los de la población general. En el caso de la población general se recomienda entre 0,8-1g de proteína/kg/día (39), mientras que la recomendación general para los deportistas es de 1,2 a 2g de proteína/kg/día (49).

Para los deportistas en general, los 1,6g de proteína/kg/día se consideran una cantidad ideal, pero en el caso de los deportes que requieran una alta cantidad de trabajo físico o intensidades elevadas se recomienda la ingesta de 1,7-2,2g de proteína/kg/día para mantener el correcto balance de nitrógeno (N)(48).

En los diferentes estudios en los que han valorado el consumo proteico de los jugadores de balonmano se ha visto un mayor cumplimiento de estos requerimientos que respecto a los de otros macronutrientes, consumiendo los jugadores 1,54g de proteína/kg \pm 0,22 (13) y 1,4g de proteína/kg las jugadoras (43). *M. Castillo et al.* también evaluaron el consumo proteico de deportistas de diferentes modalidades entre los que se encontraban también jugadores de balonmano, y observaron cómo había un cumplimiento generalizado en función del rango de proteínas diarias escogido (49).

Además de cumplir con la ingesta diaria recomendada (IDR), existen otras recomendaciones para favorecer la recuperación inmediata tras una actividad muy exigente como un entrenamiento intenso o un partido. Para acelerar la síntesis proteica, la ingesta conjunta de hidratos de carbono con proteína ha demostrado tener gran eficiencia comparado con el consumo de estos

macronutrientes aislados (43), ya que mejora tanto la absorción como el transporte proteico (49). Es importante recordar la importancia que tendrá que el valor biológico (VB) de estas proteínas sea alto. Si se desea optimizar la recuperación, el momento de la ingesta será muy importante. Al terminar la actividad de alta intensidad se recomienda ingerir de 1g/kg de hidrato de carbono combinados 0,5g/kg de proteína (48). Otra recomendación efectiva para maximizar la síntesis proteica es el consumo de 20g de proteína de alto VB tras realizar ejercicio que suponga un daño muscular, pudiendo llegar hasta los 40g si se realizan varias sesiones conjuntas de alta intensidad, una ingesta que nos aportarían de 10 a 12g de AAE, lo considerado óptimo para estimular la síntesis proteica (ibidem).

6. Grasas

El consumo de grasas recomendado para los deportistas es similar al de la población general (20-30% del valor calórico total (VCT)), siendo suficiente para cubrir el aporte de ácidos grasos esenciales (AGE), mantener el balance energético y reponer los triglicéridos (TG) musculares (48), ya que hay una degradación de estos durante el ejercicio. Este macronutriente tiene la importante función de ser un gran regulador de la función fisiológica, por lo que hacer un consumo de grasas saludables adecuado nos aportará AGE y nos ayudará a controlar los lípidos sanguíneos. Además, ayudará a tener un funcionamiento adecuado de la función inmunológica, endocrina y metabólica y controlar la inflamación (50).

El sistema inmune de los deportistas puede no solo verse comprometido por el estrés producido por el ejercicio intenso, sino también por dietas bajas en energía y grasas, algo extendido entre los deportistas. El ejercicio agudo se considera un factor estresante que aumenta el estrés oxidativo aumentando los factores inmunitarios inflamatorios y reduciendo los antiinflamatorios. Es un factor estresante por que produce un aumento del metabolismo, un aumento excesivo de calor y una serie de ajustes fisiológicos a nivel general que afectan al sistema inmunológico. Esto además se ve aumentado por situaciones de ingesta energética insuficiente (que como hemos visto en apartados anteriores está generalizado entre los deportistas), estrés mental, mala higiene, pérdidas rápidas de peso y realizar deporte mientras incubamos infecciones. La combinación de estos factores junto a la disminución de reservas energéticas aumenta el estrés del sistema inmune. Por tanto, es importante tanto la cantidad como la calidad de los lípidos de la dieta, ya que tenemos que conseguir que reduzcan el efecto inflamatorio causado por el deporte (51).

Los protocolos de dietas altas en grasa han demostrado no ser óptimos para deportes de alta intensidad intermitente. Además, es importante recordar que la dietas de los deportistas deben ser de fácil digestión, y las grasas pueden retrasar el vaciamiento gástrico provocando problemas gastrointestinales, por lo que conviene controlar su ingesta, sobre todo en comidas previas al

ejercicio o la competición (49). Por lo tanto, la recomendación para estos deportistas será mantenerse en un consumo de grasa comprendido entre el 20 y 25% del VCT.

7. Vitamina D

La vitamina D es una hormona que modula diferentes funciones muy estudiadas sobre la salud humana, como es su papel en el estado inmune de las personas. Además, presenta grandes beneficios e importantes funciones sobre los deportistas. Esta hormona modula varias funciones a nivel de los músculos esqueléticos y su deficiencia puede acarrear pérdidas en los niveles de fuerza en los deportistas, y se ha demostrado que su suplementación mejora la regeneración, el crecimiento y la diferenciación muscular, además de la recuperación de la fuerza contráctil del tejido muscular dañado, algo de gran interés en deportistas que hayan sufrido una lesión muscular. La suplementación durante la lesión ofrece beneficios también disminuyendo la producción de proteínas relacionadas con el estrés oxidativo y citoquinas inflamatorias producidas durante el ejercicio intenso (52).

La vitamina D no sólo ofrece beneficios para mejorar la recuperación de las lesiones, sino que también nos puede ayudar a prevenirlas, ya que como informan D. *Millward et al.* los entrenamientos de alta intensidad sumados a niveles bajos de vitamina D, suponen un riesgo de sufrir fracturas por estrés. En dicho estudio se vio cómo los deportistas que mejoraron sus niveles de vitamina D a rangos normales presentaron una menor tasa fracturas por estrés (53).

Aparte de la prevención de problemas óseo-musculares en los atletas, es importante reforzar y mantener en un estado óptimo el sistema inmune, ya que como hemos visto, su función puede verse afectada por el entrenamiento de alta intensidad y en aquellos casos en los que los deportistas no tengan una nutrición adecuada. T. *Shuk-Tin et al.* resaltaron que niveles adecuados de vitamina D, pueden reducir las infecciones en el tracto respiratorio superior de los deportistas durante el entrenamiento en invierno (54).

De manera destacada, los niveles de vitamina D tienen una alta tendencia a estar por debajo de lo recomendable en la población general (incluidos los deportistas). Encontramos estudios que relatan la alta prevalencia que existe de deficiencia de vitamina D en los jugadores de balonmano. Por ejemplo, el estudio de P. *Bauer et al.*, relata una deficiencia de vitamina D en un 44,3% de los jugadores de balonmano profesionales que recogieron en el mismo (55).

Un factor a tener en cuenta respecto a la vitamina D es que en su síntesis participa la exposición solar, y el balonmano es un deporte practicado en interior, algo que puede limitar a los estos jugadores su exposición solar directa durante su actividad física. Esto podría influir en que los jugadores de balonmano tengan niveles de vitamina D más bajos que otros deportistas. De hecho

J. Valtueña et al. evaluaron los niveles de vitamina D de los diferentes equipos de élite del Club Barcelona, pudiendo observar unos menores niveles de vitamina D en los equipos que practicaban deporte en interior respecto a los que lo hacían en exterior, y además pudiendo demostrar que estos niveles eran más bajos en la primavera, y más altos en otoño (siendo plausible que esto se debería a la proximidad o lejanía a las estaciones de alta exposición solar) (56).

En otro estudio, el de *Shuk-Tin et al.*, se describió que el 51,3% de deportistas que practicaban deportes de interior con características similares al balonmano (baloncesto o voleibol) presentaban una deficiencia de vitamina D (54). Por otro lado, *Butscheid et al.* sugieren la importancia de incorporar la medición de los niveles de vitamina D en sangre dentro de los exámenes médicos de los deportistas, además de otros valores relacionados como la parathormona (PTH) o el calcio (Ca). Además, establecen una serie de recomendaciones respecto a los niveles sanguíneos adecuados, considerándose que >30 ng/dl se relacionan con una correcta mineralización ósea y una regeneración en los niveles de fuerza muscular. Un consumo de >40 ng/dl protege frente a fracturas óseas por estrés, y que la ingesta de ≥ 50 ng/dl se relaciona con la máxima obtención de sus beneficios sobre el rendimiento (57).

Por un lado, un consumo de 2000 UI al día durante la primavera y el verano puede conducir a unos niveles óptimos de vitamina D y, además, mantenerlos durante todo el invierno. Pero, por otro lado, al tener la población deportista una mayor necesidad de esta hormona debido a su uso comparado con otras poblaciones, sumado al hecho de que, la toxicidad producida por un exceso de vitamina D es extremadamente rara se puede pautar un consumo de 4000 UI especialmente en los meses invernales (54).

8. Hierro

Respecto a los niveles de hierro (Fe), se establece como valor de riesgo <30 mg/mL. En la literatura encontramos estudios que realizan mediciones de los niveles de Fe en atletas de élite. El estudio de *Fallon*, pudo observar una baja prevalencia de valores de Fe por debajo de lo recomendado, especialmente en atletas varones (58). El estudio de *J. M-López et al.* analizó los valores sanguíneos de la serie roja y la ingesta nutricional en jugadores de balonmano élite, y pudieron observar un consumo correcto de Fe que estaba en $24,15 \pm 8,5$ mg/ día (la IDR es >10 mg/día), valores de Fe sanguíneo saludables de 84,21 ng/dl (siendo 59-158 ng/dl los valores de referencia) y también de transferrina 262,21 mg/dL (considerándose 200-260 mg/dL los valores correctos) (13).

El Fe es el oligoelemento más abundante, la mayoría está presente en el cuerpo humano en los glóbulos rojos formando parte de la hemoglobina (Hgb) y transportando O_2 a los tejidos (47). Además de su labor transportando el O_2 en la sangre y a los músculos actúa como cofactor de

algunas reacciones enzimáticas del metabolismo. En el caso de una ingesta insuficiente de Fe y unos niveles bajos en sangre se pueden producir estados de anemia, en la que por un defecto en la Hgb la capacidad de transportar O₂ de nuestro cuerpo se ve reducida, presentando síntomas como la apatía, palidez, frío en las manos y pies y otros síntomas que afecte el sistema inmunitario afectado y tener infecciones frecuentes. De manera muy interesante, los niveles bajos de ferritina en deportistas eran suficiente indicador de estados deficientes de Fe que evidenciaban síntomas de cansancio y estos se podían revertir, recuperando esos niveles de ferritina (35).

Se debe considerar en el caso de los atletas se pueden ver casos de anemia deportiva, un estado temporal producido por el aumento del volumen del plasma y la destrucción de glóbulos rojos por la práctica de ejercicio intenso (47). Es desencadenado por un desequilibrio entre la formación y destrucción de glóbulos rojos, o bien por un aumento en la destrucción en pequeños vasos sanguíneos de eritrocitos o por alteraciones en la eritropoyesis (6). La destrucción de glóbulos rojos por los impactos, las hemorragias y las pérdidas de sangre son varias de las principales causas de deficiencias de Fe en los deportistas (35). Debido a esto, podemos intuir por el tipo de actividad que implica la práctica del balonmano, con muchos saltos, contactos cuerpo a cuerpo, altos niveles de intensidad, etc., que para los jugadores de este deporte será muy importante cubrir bien la ingesta diaria de Fe debido a las mayores necesidades que van a poderse contemplar. De hecho, sería recomendable que en los exámenes médicos de los deportistas de élite deberían incluir una medición de Fe sanguíneo y estado hematológico para poder prevenir los efectos críticos de la anemia sobre el rendimiento (58).

Para mejorar la absorción de este oligoelemento se recomienda el consumo de carnes (preferentemente rojas) y pescado ya que se absorben mejor que el Fe vegetal (esta absorción se ve inhibida por algunos polifenoles, fitatos y oxalatos) y acompañar estas tomas con alimentos ricos en vitamina C (como el pimiento o las frutas cítricas) (47).

9. Calcio, fósforo y magnesio

El Ca es el mineral más abundante del organismo, y el 99% del Ca de nuestro organismo se encuentra formando la parte estructural de nuestro esqueleto. Junto al fósforo (P), llegan a representar el 75% del total del contenido mineral de nuestro cuerpo. El Ca que no está en forma estructural presenta también importantes funciones en la transmisión y conducción de los impulsos nerviosos, reacciones enzimáticas y hormonales, y en la contracción muscular. La mayor parte del P se encuentra también formando el esqueleto óseo, aunque tiene también importantes funciones sobre el metabolismo energético, formando parte de la molécula ATP, así como participando en su transporte y almacenamiento (39). Ca y P intervienen en otras funciones

conjuntas como la permeabilidad de las membranas, la contracción muscular y la coagulación sanguínea (6).

El magnesio (Mg) es el tercer mineral más abundante del cuerpo y se combina con el Ca y P para formar el esqueleto. Influye también sobre el metabolismo de los hidratos de carbono, grasas y proteínas participando o siendo parte de los sistemas enzimáticos (ibidem).

La deficiencia de estos minerales se relaciona con una disminución en la masa ósea, suponiendo un alto riesgo de lesión en deportistas, sobre todo en deportes con altos contactos como el balonmano. La osteopenia cursa con una disminución en la densidad mineral en los huesos que puede ser reversible, pero si no es tratada puede evolucionar a una osteoporosis con una pérdida de la densidad mineral mucho mayor y un alto riesgo de fracturas. Por ello debemos cubrir las necesidades diarias de 1000 mg de Ca, 700 mg de P, y 400 mg de Mg. (47)

El Mg es un mineral con una gran importancia en la producción de fuerza y necesario para el rendimiento óptimo, habiendo una importante relación entre su consumo adecuado y la capacidad de fuerza muscular y potencia, aspectos claves en deportes como balonmano. *D. A. Santos et al.* en su estudio evaluaron el consumo de Mg y el ratio Ca:Mg (ya que el Ca ayuda a retener el Mg de la dieta) por deportistas de equipo (incluyendo jugadores de balonmano), observando un consumo medio de 244.7 ± 78.8 , valores que se encuentra por debajo de las recomendaciones, y observaron un ratio Ca:Mg de 3.96 ± 1.21 , siendo 2 lo adecuado. Demostraron además que los niveles bajos de Mg en sangre se relacionaban con la menor capacidad de producir fuerza (42).

Por otro lado *López et al.* evaluaron el consumo diario de Ca, P y Mg en jugadores de balonmano observando un cumplimiento general de las recomendaciones que ellos establecieron como recomendadas en su estudio, pero estos requerimientos se encuentran algo por debajo en el caso del Mg sobre el requerimiento que hemos propuesto de consumo diario anteriormente, siendo 1251.36 ± 338.19 mg de Ca, 1682.58 ± 318.01 mg de P, y 374.3 ± 122.62 mg de Mg (13).

10. Vitaminas B6 y B12

Las vitaminas del grupo B cumplen importantes funciones sobre los sistemas energéticos y el mantenimiento de la salud de la sangre (47):

Por un lado, la vitamina B6 (piridoxina), interviene tanto en el metabolismo del glucógeno como como el de los AA, además de sintetizar el grupo hemo, que es la parte de la Hgb que contiene Fe. Su deficiencia es poco común. La vitamina B12 (cianocobalamina) tiene la función de mantener la salud de la sangre y del sistema nervioso. Su deficiencia puede producir estados patológicos como la anemia megaloblástica, en la que se producen unos glóbulos de gran tamaño e inmaduros que no son capaces de transportar el O₂ eficazmente. También puede producirse

anemia perniciosa, una forma de anemia megaloblástica y que puede cursar también con síntomas neurológicos (47).

Como hemos explicado, en el deporte la función inmunológica puede verse alterada por el entrenamiento de alta intensidad y el aumento que este produce del estrés oxidativo. Dada la alta implicación de las vitaminas B6 y B12 a parte de esa importante función hematológica y los problemas de salud que puede desencadenar su deficiencia, un consumo inadecuado puede afectar al sistema inmune (59).

J. M. López y su grupo evaluaron el aporte de estos micronutrientes a través de la dieta en los jugadores de balonmano observando un consumo adecuado con una media de 2,88 mg/día de vitamina B6 y 7,44 mg/día de vitamina B12 (siendo 2,1 mg/día y 2mg/día la IDR respectivamente) (13).

11. Vitamina C

El ácido ascórbico o vitamina C, interviene en diferentes procesos metabólicos del organismo: Participa en la síntesis de colágeno, participa en el metabolismo del Fe y en la formación de su depósito en forma de ferritina, además de facilitar su absorción. Participa también en el metabolismo de algunos AA y glucocorticoides. En los deportistas cobra una gran importancia por su función estimulante del sistema inmune, en situaciones en las que se produzca un estrés elevado que aumente sus requerimientos. Su deficiencia es poco común, produciendo una enfermedad denominada escorbuto, pero déficits ligeros de vitamina C pueden producir dificultades en la cicatrización, fragilidad de los vasos sanguíneos y una mayor predisposición a sufrir infecciones (39).

El balonmano es un deporte de alta intensidad, durante el cual se producen especies reactivas de oxígeno (ROS). Para controlar y disminuir la cantidad de estos ROS nuestro cuerpo cuenta con una gran cantidad de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. Cuando los ROS superan la capacidad antioxidante del organismo, se produce estrés oxidativo, que puede disminuir el rendimiento de los jugadores. *F. P. Bonina et al.* en su estudio demostraron como el consumo mediante suplementación de antioxidantes como el ácido ascórbico disminuían de manera eficaz los niveles de marcadores de estrés oxidativo en jugadores de balonmano (60). Respecto a los niveles de su ingesta, *J. M. López et al.* (13) observaron un buen consumo en jugadores de balonmano en su estudio, siendo la ingesta media de $118 \pm 52,52$ mg/día, y su IDR 60 mg/día.

12. Cloro, sodio y potasio

Los electrolitos constituyen la mayor parte de compuestos inorgánicos disueltos en el agua corporal. Entre el agua y estos compuestos disueltos hay un balance regulado llamado equilibrio hidroeléctrico, que debe ser mantenido para conservar un recambio acuoso adecuado, así como regular el equilibrio osmótico. Nuestro organismo obtiene estos minerales (que constituyen los electrolitos) a través de la dieta, el Na y el Cloro (Cl) principalmente de la sal, y el Potasio (K) a través de los vegetales y las carnes. Son absorbidos con gran velocidad a nivel intestinal y se eliminan a través de la orina filtrados por el riñón (39).

Además de mantener el equilibrio de los fluidos, tanto el Na como el K participan en la contracción muscular y transmisión de impulsos nerviosos, y el K tiene un importante papel en la actividad cardíaca, produciendo su déficit un posible fallo cardíaco (47).

La deshidratación no se puede producir únicamente por la pérdida de agua durante el ejercicio, sino que también por la pérdida de electrolitos a través del sudor. Una pérdida significativa de Na puede afectar a la función muscular produciendo una disminución de la fuerza, y por tanto afectar al rendimiento. En este estudio *N. Hamouti et al.* midieron la cantidad de Na que perdían los jugadores de diferentes deportes de interior, entre los que se encontraban jugadores de balonmano durante una sesión de entrenamiento, y observaron una pérdida de $1,29 \pm 0,2$ g/hora (61).

En otro estudio, el de *B. Cunniffe et al.*, se evaluó la variación intraindividual en la concentración de electrolitos del sudor durante los partidos en distintas jugadoras, describiéndose un amplio rango de entre 0,3 a 2,37g totales de Na perdidos, y mostrando una media de 38 ± 10 mmol/L de Na en la muestra de sudor. Los autores explican esta variabilidad a través de factores como la genética, o la cantidad y duración de acciones de alta intensidad, ya que más acciones de alta intensidad se relacionaron con una mayor pérdida de Na. Además, en el estudio se ve una relación entre jugadoras con una sudoración profusa con una alta eliminación de Na y el mayor riesgo de padecer calambres musculares. De manera interesante, vieron que las jugadoras que tomaron electrolitos o sales durante la pruebas hicieron una mejor retención de Na, además de que tomar agua con electrolitos tras el ejercicio permitía asegurar una recuperación del estado correcto de hidratación (36).

Como estrategia para evitar la deshidratación podemos elegir opciones como las bebidas isotónicas (que tienen 10-25 mmol/L de Na), o añadir 2-5 g de sal/L (que serían de 50-90 mmol/L), además e añadir sal en las comidas de antes y después del entrenamiento/ competición (35). De esta forma podríamos cubrir los 38 ± 10 mmol/L de Na recogidos de las muestra de sudor por el estudio de *B. Cunniffe et al* (36) y prevenir estados de hiponatremia.

13. Zinc

El zinc (Zn) es un oligoelemento que se encuentra en el organismo, y la mayoría lo hace formando parte del tejido muscular (el 60%). Tiene un papel importante en el desarrollo de las células y en la síntesis proteica, ya que interviene tanto en la síntesis como en la degradación de ácidos nucleicos, y forma parte de enzimas de cadenas metabólicas inmediatas (39). Es necesario también para un buen funcionamiento del sistema inmune y la secreción de determinadas hormonas (47). Se necesita también para la función de más de 300 proteínas y enzimas, ejerce un papel estructural en 2500 factores de transcripción y regula miles de genes. En diferentes estudios se ha visto unos niveles de Zn por debajo del límite inferior en deportistas de diferentes modalidades, llegándose a la conclusión de que los deportistas son una población que tiene unos requerimientos aumentados por una homeostasis afectada por la pérdida en orina y sudor, y la respuesta inflamatoria al ejercicio. *J. P. McClung* recopiló información sobre los estados deficitarios de Zn en población deportista y atletas, valorando que el agotamiento de Zn plasmático producía una disminución en la capacidad de trabajo muscular y una peor recuperación de los niveles de fuerza, así como una disminución en el consumo de O₂, producción de dióxido de carbono (CO₂) y relación de intercambio gaseoso. Como resumen, valora una disminución en el rendimiento y una peor capacidad de adaptación a este (62). En el caso del balonmano *J. M. López et al.* valoraron la ingesta diaria de Zn en jugadores de balonmano de élite, valorando un consumo de $18,06 \pm 9,91$ mg/día respecto a los 15mg/día recomendados (13).

D. Ayudas ergogénicas

Una ayuda ergogénica dentro del contexto deportivo se considera como una técnica o sustancia que se emplea con el objetivo de aumentar el rendimiento de los deportistas (63). Dentro de este grupo de sustancias encontramos una gran variedad, habiendo algunas con poca evidencia, otras con efectos secundarios para la salud u otras cuyo uso no está permitido en el deporte. Diferentes instituciones han desarrollado guías de suplementos clasificándolos en función de su evidencia, inocuidad y legalidad.

La *International Society Of Sports Nutrition (ISSN)* elaboró una guía en la cual clasificaba a los suplementos en 3 niveles:

I. Evidencia sólida para respaldar la eficacia y aparentemente seguros

En este grupo se encuentran aquellos suplementos que cuentan con una gran evidencia científica respaldando tanto su eficacia como seguridad en la dosificación adecuada

II. Evidencia limitada o mixta para respaldar la eficacia

Aquí se encuentran los suplementos que necesitan más investigaciones para probar eficacia, ya que la evidencia no ha conseguido respaldarlo de manera consistente, algo que no sugiere que deban considerarse dañinos o que no son seguros.

III. Poca o ninguna evidencia para respaldar la eficacia y/o la seguridad

Estos suplementos cuentan con evidencia científica que muestra su ineficacia o carecen de justificación científica suficiente. Además, encontramos suplementos los cuales carecen de seguridad o pueden ser dañinos para la salud (48).

Tabla 6.

Clasificación de los suplementos nutricionales en función de su nivel de evidencia. Creado, adaptado y traducido por Puya-Braza a partir de Kerkick, Wilborn, Roberts et al. (64)



| | |
|---|--|
| <p>Evidencia</p> <p>A</p> | <p>Suplementos con evidencia científica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proteína en polvo (whey protein, proteínas vegetales, etc) • Creatina monohidrato • Cafeína • Beta-alanina • Aminoácidos Esenciales (para aumentar masa muscular) • Carbohidratos (amilopectina, ciclodextrina, maltodextrina...) • Bicarbonato sódico • Agua y bebidas deportivas |
| <p>Evidencia</p> <p>B</p> | <p>Suplementos con evidencia científica limitada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • BCAAs • Ácido Fosfatídico • Citrulina • Ácido Araquidónico • Glicerol • Nitratos • HMB • Taurina • Quercetina • Aminoácidos Esenciales (para mejorar el rendimiento) |
| <p>Evidencia</p> <p>C</p> | <p>Suplementos sin evidencia científica de peso:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arginina • Carnitina • Glutamina • Cromo • Sulfato de Agmatina • Ácido-D-Aspártico • Tribulus terrestris • Ecdisteronas |

Aparte las guías sobre la evidencia, encontramos la guía desarrollada por la *Agencia Mundial Contra el Dopaje (WADA)* (65), en la cual se muestran todas las sustancias consideradas dopaje cuyo uso está prohibido en el deporte.

Para la elección de la suplementación a tratar en el trabajo se han escogido diferentes sustancias cuyos efectos tienen una evidencia científica sólida, los que se han considerado más interesantes para mejorar el rendimiento en la pista del jugador de balonmano, y obviamente, aquellos que han demostrado ser inocuos y no se encuentran prohibidos por la WADA.

1. Cafeína

La cafeína es el compuesto estimulante de consumo más extendido alrededor del mundo afectando de diferente manera en una gran número de tejidos. Este suplemento se encuentra respaldado por una gran cantidad de evidencia científica que defiende su efecto ergogénico. Su popularidad ha aumentado mucho en los últimos tiempos debido a que en 2004 fue retirada de la lista de sustancias prohibidas en el deporte. Su dosis ergogénica se considera de 3-6mg/kg y su ingesta se recomienda 1 hora antes de realizar ejercicio físico (35).

La cafeína posee una estructura similar a la adenosina, lo que le permite bloquear los receptores de adenosina produciendo diferentes efectos. Es un potente estimulador del sistema nervioso central (SNC) aumentando la actividad del sistema nervioso simpático, aumenta la síntesis de catecolaminas de acción neurotransmisora. También aumenta el reclutamiento de fibras musculares y mejora la contracción muscular, ya que aumenta la frecuencia de apertura de los canales de Ca (66).

La velocidad, agilidad, la resistencia y la fuerza son atributos de gran importancia en los deportes de equipo como el balonmano. *A. A-Soley et al.* en su revisión sistemática buscaron demostrar un efecto beneficioso sobre dichos atributos y vieron que se producía un aumento en la FC y un aumento de las concentraciones en sangre de glucosa y lactato, mayores distancias recorridas a alta velocidad, mayores aceleraciones e impactos corporales, y mayor velocidad máxima. Como efecto negativo, vieron una mayor pérdida de líquido a través de la orina y una peor capacidad de rehidratación tras el ejercicio por el efecto diurético que tiene la cafeína (67).

La capacidad de salto y de lanzamiento son 2 características claves en el rendimiento de los jugadores de balonmano. *Sabol, Grgic and Mikulic* examinaron como diferentes dosis de cafeína podían afectar al rendimiento sobre estos 2 atributos, viendo que dosis de 2,4 y 6 mg/kg aumentaban la capacidad de fuerza máxima en el tren inferior y por tanto en la capacidad de salto, pero sólo vieron una mejora en la fuerza de lanzamiento en la dosis de 6 mg/kg (68). Otros estudios realizados sobre jugadoras de élite de balonmano como el de *Muñoz et al.* demostró una mejora en la fuerza de lanzamiento, capacidad de salto y velocidad máxima con un consumo de 3 mg/kg de cafeína (69). Por otro lado *Kaczka et al.* observaron un aumento de la capacidad de

reacción en jugadores de balonmano tras ingerir un suplemento de pre entrenamiento compuesto por diferentes estimulantes aparte de cafeína (70).

2. Creatina

Como ya se ha mencionado en la introducción la PCr tiene un papel vital en el metabolismo energético, formando parte de un sistema de acción rápida en la regeneración de ATP, siendo la principal fuente de energía en acciones de alta intensidad y corta duración (35), acciones claves en el balonmano. La suplementación con Cr nos permite aumentar la cantidad total de CrP en nuestros músculos y, por tanto, poder prolongar el uso de esta fuente de energía limitada más en el tiempo. De hecho, los beneficios de la suplementación con Cr han sido probados y demostrados sobre los jugadores de balonmano. *Izquierdo et al.* midieron la mejora que se producía en ejercicios de máxima fuerza en gimnasio, resistencia, y sprints sobre los jugadores de balonmano tras la suplementación con Cr, viendo una mejora en fuerza y potencia máxima del tren inferior, y el número de repeticiones realizadas con el tren superior, así como una mejora en la capacidad de esprintar (71).

Resultados similares obtuvieron *Aaserud et al.* sobre la capacidad de sprint de los jugadores de balonmano, viendo como el grupo sometido a suplementación con Cr mejoraba y el grupo que tomó el placebo no (72). Esta mejora sobre los jugadores de balonmano fue también demostrada por *Confortin et al.*, que además quisieron evaluar 2 protocolos de ingesta de Cr que se suelen hacer: una fase de carga con altas dosis (10 g/día) seguida de un mantenimiento con baja dosis (5 g/día), o directamente un mantenimiento prolongado en el tiempo de una baja dosis (5g/día). Los autores concluyeron que no había diferencias significativas en el rendimiento entre ambos protocolos, aportando ambos ventajas similares en el rendimiento deportivo (73).

3. Jugo de pepinillo

El principio funcional detrás de este suplemento es su contenido en ácido acético, la cual ha demostrado promover la reposición de glucógeno muscular durante el ejercicio físico y un aumento significativo en la capacidad de resistencia (74). Se trata de un suplemento que ha comenzado a utilizarse de forma muy reciente, por lo que no encontramos bibliografía sobre su uso en jugadores de balonmano. Sin embargo, encontramos evidencias que indican los beneficios que este suplemento podría tener en este deporte.

El ácido acético es recomendado por su papel en la reducción de la disminución de calambres, *Stephanie, Antharam and Dowlathshshi* realizaron una investigación para analizar las diferentes sustancias que tomaban los atletas para prevenir o una vez habían sufrido un calambre muscular,

entre las que se encontraban productos como la mostaza, el vinagre de manzana, el jugo de pepinillo o bebidas deportivas muy populares en el mercado. Los resultados mostraron que productos como el jugo de pepinillo y la mostaza amarilla podrían ser los más adecuados por la cantidad de ingesta (derivado de la cantidad de ácido acético proporcionado) y comodidad. El consumo de 1,5-3 sobres de mostaza comerciales, o de 75 ml de jugo de pepinillo nos aportan la dosis ergogénica de ácido acético (75). En el experimento realizado por *Miller et al.* provocaron eléctricamente calambres musculares en humanos para después ver si con la administración de jugo de pepinillo cesaban, y, observaron que el jugo de pepinillo tuvo una mayor capacidad de detener el calambre muscular comparado con el agua (76).

4. Beta alanina

Se trata de un AA no esencial que es precursor de la carnosina (un dipéptido), que tiene una función amortiguadora del pH muscular. La suplementación de manera prolongada (4,8-6,4 g/día durante 4-6 semanas) con beta alanina puede aumentar en un 40-60% los niveles de carnosina aumentando su capacidad de reducir los niveles de protones producidos durante el ejercicio y que pueden afectar a la contracción muscular. Otro efecto que nos puede interesar en el balonmano es el aumento que produce en el consumo máximo de O₂, la mejora de rendimiento en las extensiones isocinéticas, y el aumento del tiempo hasta el agotamiento (77).

En la literatura encontramos únicamente 1 estudio que evalúa el uso de beta alanina en jugadores de balonmano, y es el realizado por *Shbib, Rashidlamir and Dokht*. En este estudio demuestran que el grupo de jugadores que había estado tomando beta alanina aumentaba su capacidad de potencia máxima, disminuyó el índice de fatiga e incrementó más sus niveles séricos de carnosina, teniendo así una mejora en su rendimiento y permitiendo mejores adaptaciones a la potencia anaeróbica, que es muy importante en este deporte (78).

5. Electrolitos

Como se ha explicado en el apartado de necesidades nutricionales sobre el Cl, Na y K, los electrolitos son unos compuestos inorgánicos disueltos en el agua con importantes funciones como la participación en la contracción muscular, la actividad cardíaca y la transmisión de impulsos nerviosos, además del mantenimiento del equilibrio hidroeléctrico.

La adición de electrolitos (de 20-50 mmol/L de Na) en el agua durante o tras la realización de ejercicio mejora de manera significativa la rehidratación aumentando la retención de líquidos, estimulando la reabsorción renal y la restauración del volumen plasmático en comparación a bebidas sin electrolitos (79). Como observaron *Cunniffe et al.* en su estudio, las

jugadoras de balonmano que tomaron agua con sales durante la competición retuvieron una mayor cantidad de Na y tuvieron una mejor recuperación hídrica, además de que la pérdida de estos electrolitos se relaciona con la aparición de calambres musculares (36).

6. Zumo de remolacha

El uso de nitratos en el deporte ha demostrado aumentar la eficiencia muscular y la resistencia a la fatiga en la práctica de deportes de resistencia, un efecto producido por la degradación de nitrato a nitrito y a óxido nítrico, el cual tiene funciones fisiológicas como la regulación del flujo sanguíneo, la contracción muscular, la homeostasis del Ca y la glucosa y el consumo mitocondrial de O₂, factores que se relacionan con la fatiga y la disminución del rendimiento. Esta evidencia había sido probada en deportes de resistencia, pero *Wylie et al.* quisieron probar en su estudio su eficacia en deportes de carácter intermitente mediante la suplementación con zumo de remolacha. Como resultado en su estudio observaron una mejora significativa en el rendimiento en esfuerzos de carácter intermitente demostrado por lo tanto que esta suplementación puede tener cabida en deportes como el balonmano (80).

El estudio del uso de zumo de remolacha en este deporte es escaso, y como vemos en la revisión realizada por *Muñoz et al.* (81) sobre suplementación y balonmano, hay un estudio que refleja una disminución de tiempo necesitado para completar unas pruebas físicas en jugadoras de balonmano respecto a las que no lo tomaron pero falta más investigación. Por otro lado *Dorozynsky et al.* en su reciente revisión recomiendan el uso de zumo de remolacha en deportes de equipo por la suficiente evidencia recogida en otros deportes como el fútbol que tiene esfuerzos parecidos al balonmano, y en esta revisión se recomienda una ingesta de 800mg de nitratos que deben ser tomados 3 horas antes de la competición o esfuerzo (82).

7. Bicarbonato de sodio

El bicarbonato funciona como amortiguador sanguíneo permitiendo mantener estables los cambios en las concentraciones de pH producidos durante la práctica de ejercicio, relacionados con la disminución del rendimiento. Las dosis ergogénicas establecidas son de 0,3 g/kg de bicarbonato, pero es importante tener en cuenta la posible variabilidad individual ante este suplemento ya que puede causar problemas gastrointestinales (77).

Muñoz et al. en su revisión recogen que su uso estaría indicado en deportes con acciones de alta intensidad de una duración entre 6-20 segundos (como ocurre en el balonmano). Recogen un estudio en el que el consumo de bicarbonato por parte de los jugadores de balonmano aumentaba su potencia anaeróbica, aunque el uso específico en este deporte aún no está muy estudiado (81).

Por tanto, puede ser un suplemento interesante, aunque debemos estudiar los problemas gastrointestinales que puede producir y la tolerancia individual.

8. Carbohidratos

Como hemos visto en el apartado de necesidades nutricionales los carbohidratos son el principal sustrato energético en el balonmano, y una disminución en los niveles de glucosa sanguínea y un agotamiento del glucógeno muscular durante la práctica deportiva produce una disminución en el rendimiento, por lo que en ejercicios de alta intensidad establecimos la recomendación de consumir de 30-60g/hora de hidratos para evitar esa caída de la actividad. Así lo confirman en su revisión *Baker et al.*, valorando una mejora del rendimiento en deportes intermitentes con una ingesta de hidratos en dicho rango, las mezclas más utilizadas son glucosa, sacarosa y/o maltodextrina (83).

Los suplementos de carbohidratos son una fácil manera de cubrir los altos requerimientos de la dieta de los deportistas, así como de consumo antes y durante el ejercicio, existiendo diferentes formatos como geles, bebidas, barritas o gominolas. Además, el uso de bebidas para deportistas que contienen tanto carbohidratos como sales pueden ayudar tanto a la reposición de los depósitos de glucógeno como favorecer la rehidratación (79).

IV. Discusión

La nutrición deportiva es un ámbito en el cual, a través de la dieta, se busca maximizar el rendimiento y la recuperación de los deportistas, adaptando la alimentación a diferentes características como el tipo e intensidad de actividad física, la composición corporal y el periodo competitivo.

Cada deporte tiene sus características y demandas fisiológicas particulares, por lo que es importante adaptar el plan nutricional a cada deporte en concreto. En el balonmano, no existen recomendaciones nutricionales generales ni específicas en macro y micronutrientes para los jugadores y jugadores en función de la posición que ocupan en la pista. Es necesario el estudio de dichos requerimientos nutricionales para personalizar el patrón dietético de los jugadores y optimizar su rendimiento deportivo.

Respecto a las recomendaciones energéticas no se han encontrado recomendaciones específicas, solo estimaciones sobre necesidades energéticas al inicio y al final de la temporada sin tener en cuenta las posiciones de juego. Lo primero que se debería hacer para elaborar un plan nutricional sería calcular las kcal de cada jugador en particular ajustándolas a su actividad física mediante por ejemplo el uso de los MET's, utilizando diferentes ecuaciones para calcular el gasto

energético y teniendo en cuenta las diferentes posiciones que van a suponer un mayor gasto energético y las diferentes composiciones corporales características de cada posición.

La recomendación óptima de kcal debería hacerse teniendo en cuenta factores como el momento de la temporada o el estado físico del deportista, ya que en periodos como la pretemporada el volumen e intensidad de los entrenamientos es más alto y va disminuyendo conforme esta avanza, además de que la composición física de los jugadores también varía durante el paso de la temporada. También debemos valorar el número de sesiones realizadas cada día por el atleta, ya que los jugadores de balonmano suelen combinar las sesiones de pista con sesiones de gimnasio. Y por último tener en cuenta los días de la semana, si estamos en día de partido el gasto que esto va a suponer, o la bajada progresiva de los entrenamientos que debería realizarse a lo largo de la semana.

Para evitar la deshidratación de los jugadores es conveniente desarrollar una estrategia de hidratación para aprovechar las diferentes oportunidades de hidratación que tiene el balonmano.

En este caso se trata de un deporte que nos ofrece muchas oportunidades de hidratación. Dadas las características de los partidos de este deporte en los que se juegan 2 partes de 30 minutos, se ofrece un número de sustituciones ilimitadas y los equipos tienen la posibilidad de pedir tiempos muertos encontramos las siguientes oportunidades para beber:

Los jugadores pueden ir consumiendo agua durante el transcurso de las mitades en los tiempos muertos solicitados por los equipos. También pueden beber en las sustituciones, que son ilimitadas (además, de que hay algunos jugadores que únicamente juegan en las posiciones de ataque o en las de defensa), y en el caso de que no sean sustituidos, también pueden aproximarse al banquillo en las situaciones del juego en las que el tiempo esté parado (por ejemplo, cuando el árbitro pare el tiempo por una exclusión de 2 minutos, o por el lanzamiento de un penalti). En el caso de los entrenamientos los jugadores pueden aprovechar los descansos entre ejercicios o los momentos en los que no estén participando para ingerir agua.

Al igual que se recomienda la aplicación de estrategias de hidratación adaptadas al balonmano, desarrollar determinadas estrategias sobre ciertos macronutrientes constituirá una gran ayuda en momentos clave para la recuperación o el rendimiento. En este deporte podemos establecer como estrategia nutricional de consumo de hidratos de carbono utilizar el periodo de descanso entre ambas partes para ingerir algún alimento en forma de gel o bebida que pueda incluir esos 30-60 g de hidratos de carbono recomendados/hora. Existe también evidencia que muestra que la ingesta de carbohidratos a lo largo de la prueba deportiva mejora el rendimiento, por lo que se podría establecer como estrategia nutricional el consumo de hidratos de carbono durante el partido diluidos en agua en forma de bebida isotónica.

Tras la práctica de ejercicio intenso, mediante una dieta adecuada podemos recuperar de nuevo las reservas de glucógeno muscular en unas 24 horas. Sin embargo, debido a los habituales saltos, impactos y otras situaciones de contacto se ha podido producir daño muscular que ralentice la recuperación óptima de las reservas de glucógeno en los jugadores de balonmano. Dentro del rango de ingesta recomendada podremos movernos en niveles de ingesta mayores o menores en función de las exigencias de cada posición. Por ejemplo, los pivotes y jugadores defensores centrales son los que más contactos reciben y realizan por partido, además del gran número de acciones de alta intensidad (18). Esto conlleva unos altos niveles de daño muscular que dificultará la reposición de glucógeno muscular, por lo que estos jugadores deberían consumir los niveles de ingesta más alta recomendada. Otros jugadores que también deberían optar por la ingesta más alta recomendada son los jugadores laterales, los cuales también realizan una gran cantidad de acciones de 1 vs 1 y recorren grandes distancias a alta intensidad, además de presentar una alta cantidad de masa muscular. En unos niveles de ingesta recomendada media-alta podrían encontrarse los centrales, que son los jugadores que más distancia recorren y también participan en muchas acciones de alta intensidad (16). Aunque los extremos no reciban tantos contactos como el resto, no deben hacer una ingesta baja de hidratos de carbono, ya que todos los sprints y saltos que realizan también producen un cierto daño muscular que deben recuperar. El caso de los porteros es más complicado, ya que su actividad varía completamente respecto al resto de los jugadores. Estos jugadores son los que menos tiempo pasan a $>80\%$ de la FC máx. (18), por lo que la demanda de glucógeno es menor y por tanto no van a necesitar una ingesta de hidratos de carbono tan elevada como por ejemplo los pivotes para rendir correctamente, y moviéndonos en un rango bajo de ingesta respecto a las recomendaciones podría ser suficiente.

Respecto al consumo de fibra, hemos visto que puede ejercer un importante papel protector sobre la salud de los jugadores de balonmano, pero también puede acarrear problemas gastrointestinales. Por tanto, una práctica adecuada para estos jugadores sería intentar alcanzar las recomendaciones diarias de consumo de fibra, pero buscar oportunidades de consumo en las que vayamos a tener un mejor margen para digerirla, alejando los alimentos ricos en fibra de las comidas que hagamos justo antes de jugar un partido o hacer un entrenamiento, o justo después de estos (ya que nos interesa hacer una absorción rápida de los nutrientes para recuperar los niveles de glucógeno antes).

Las recomendaciones sobre el consumo de proteína deben ser ajustadas en función de la intensidad que tenga el deporte practicado. Dado que el balonmano incluye muchas acciones de alta intensidad y con muchos contactos corporales, se produce un mayor desgaste muscular y por tanto una mayor necesidad de ingesta proteica para su recuperación. Es cierto que en los estudios mencionados en la investigación realizada sobre la proteína, en los que se valoraba la ingesta diaria realizada de los jugadores de balonmano se apreciaba una correcta adherencia a la IDR de

proteínas, pero si ajustásemos esta ingesta diaria realizada a la recomendación de deportes de alta intensidad (1,7-2,2g/kg/día), una ingesta que podemos considerar más adecuada para los jugadores de balonmano viendo las demandas fisiológicas del deporte, vemos que en realidad el consumo se queda algo por debajo de esta (siendo el consumo medio de $1,54\text{g/kg} \pm 0,22$).

El consumo total de proteínas deberá variar en función del momento de la temporada y la intensidad de los entrenamientos, así como en los días anteriores o mismo día de la competición. En días de entrenamiento en los que los jugadores realicen también sesiones de trabajo de gimnasio, deberían optar por la recomendación de ingesta de proteína más alta para recuperar todo el desgaste muscular producido en dichas sesiones (llegando a los 2,2g de proteína/kg). También cabe destacar, la recomendación de adaptar la ingesta a los roles de los jugadores de balonmano, siendo posiciones como pivotes, laterales y centrales aquellos a los que se recomienda una mayor ingesta de proteína (debido a su mayor demanda muscular). En días previos al partido, deberíamos ir bajando el consumo de proteína para priorizar el consumo de carbohidratos, consumiendo 1,7 g de proteína/kg tanto el día previo como el propio de la competición.

Sobre nutrición en el balonmano podemos encontrar un reciente revisión realizada por *Fernández et al.* (84) en la cual evalúan el consumo macro y micro nutrientes y comentan el incumplimiento de estos por los jugadores, además de que concluyen que dichas demandas y recomendaciones no están muy claras en la actualidad y se necesita más investigación. Comentan además la importancia de la figura del nutricionista en este sector debido a los escasos conocimientos sobre nutrición deportiva de los jugadores.

El balonmano, al ser un deporte de esfuerzos intermitentes, no va a generar una dependencia de la grasa como una fuente mayor de energía. De la misma manera que se ha discutido previamente respecto a la fibra, el momento de la ingesta de este macronutriente será también determinante, evitando su ingesta en momentos anteriores y posteriores al ejercicio intenso para evitar molestias gastrointestinales y favoreciendo la asimilación y absorción de otros macronutrientes necesarios respectivamente.

Este desconocimiento lo plasmó también A. N. Marcos (12). En su estudio vio el alto uso de suplementación deportiva por parte de los jugadores profesionales de balonmano de España, el cual estaba acompañado de desconocimiento o desinformación sobre ellos, además de la poca información y estudios que hay realizados sobre el balonmano y las ayudas ergogénicas.

El balonmano es un deporte con menos influencia y por tanto con menores recursos económicos que otros deportes de equipo, esto hace que factores como la nutrición no se desarrollen tanto en este ámbito, habiendo escasa información sobre necesidades nutricionales en el balonmano, y no habiendo estudios sobre recomendaciones específicas adaptadas a este deporte.

V. Conclusiones

El balonmano es un deporte de equipo de carácter intermitente y de alta intensidad que supone unas grandes demandas energéticas. Estas demandas del balonmano hacen que la composición corporal de los jugadores tenga unas determinadas características diferentes a otros deportes, entre las que destaca la alta cantidad de masa muscular. Tanto las necesidades como la composición corporal varían en función de la posición ocupada en el campo de juego, por lo que los Dietistas-Nutricionistas debemos no sólo fijarnos en el tipo de deporte practicado, si no en la posición y las necesidades específicas que esta supone a la hora de elaborar un plan nutricional o dar recomendaciones. Las ayudas ergogénicas, como la cafeína o la creatina han demostrado mejorar el rendimiento deportivo en los/as jugadores y jugadoras de balonmano, siempre y cuando se pauten de forma personalizada.

Para que un jugador de balonmano tenga un rendimiento óptimo no es suficiente con que tenga unas buenas condiciones físicas, estas deben ir acompañadas de un buen estado nutricional. Por ello en los equipos profesionales se debería realizar un trabajo conjunto entre preparadores físicos y nutricionistas.

Tras realizar esta investigación y conocer las diferentes necesidades y exigencias producidas por el balonmano, concluimos que la dieta óptima para los jugadores de balonmano debería constar de lo siguiente:

Un aporte energético suficiente y adaptado a cada jugador en función de su composición corporal y objetivos físicos, así como la exigencia que su posición de juego suponga y más aspectos individuales que debemos constar, como la cantidad de entrenamientos, la duración e intensidad de estos, y que cantidad de minutos juega durante el partido. Se debería hacer un cálculo de kcal diarias para los diferentes días de la semana mediante el uso de las ecuaciones predictivas, adaptando la ingesta energética a los días de mayor intensidad de los entrenamientos, el número de sesiones por día, días próximos a partido y el propio día del partido. Este cálculo se debería repetir a lo largo de la temporada para tener en cuenta las variaciones que este puede sufrir a lo largo del periodo competitivo.

El consumo de agua debe ser siempre el suficiente para prevenir estados de deshidratación, evitando una pérdida de MC significativa durante la práctica de balonmano. Una gran ayuda podría ser evaluar la MC perdida por los jugadores tanto en entrenamientos como durante los partidos para poder así hacer una recomendación individualizada y trazar una estrategia de hidratación. La tasa de sudoración aumenta en los partidos debido a la alta intensidad de estos, por lo que debemos aprovechar las diferentes oportunidades de ingesta de agua que aparecen durante estos, al igual que deberíamos aprovechar estas oportunidades durante los entrenamientos. La adición de electrolitos al agua puede mejorar el rendimiento tanto en partidos

como en sesiones de entrenamiento intensas a mantener el estado de hidratación. Tras finalizar la actividad, nuestro objetivo principal debe ser recuperar el 100% de la MC perdida, teniendo en cuenta que a más número de acciones de alta intensidad mayor es la sudoración, aquellas posiciones como los pivotes o defensores centrales que son los que más las realizan tendrán mayores pérdidas, por lo que necesitarán una mayor ingesta.

Durante la semana, en un día alejado de la competición con una sesión de entrenamiento, los jugadores deberían obtener la energía principalmente de los hidratos de carbono, consumiendo de 6-10g de hidratos/kg al día, pudiendo ayudar al rendimiento ingerir entre 30-60g de estos durante el entrenamiento en forma de bebida si es un entrenamiento de alta intensidad. Debemos asegurar un consumo de 20-35g de fibra para obtener sus beneficios, espaciando su ingesta de las sesiones de entrenamientos para evitar problemas gastrointestinales. Un consumo de 1,7-2,2 g de proteína/kg de peso nos permitirá hacer una recuperación muscular adecuada de los entrenamientos de alta intensidad, pautando una mayor o menor ingesta en función de la intensidad del entrenamiento y factores como la cantidad de masa muscular de nuestro jugador o el desgaste muscular que suponga su posición de juego. Debemos también cumplir una ingesta de grasa que nos aporte del 20-25% del VCT y al igual que la fibra, se debe espaciar de las sesiones de entrenamiento.

En días previos al partido de intensidad de los entrenamientos debería bajar, por lo que una disminución en el desgaste de los depósitos de glucógeno, acompañado de una ingesta mayor de hidratos de carbono de 7-10g/kg/día debería permitirnos llegar a el partido con los depósitos de hidratos de carbono llenos. Para priorizar el consumo de los hidratos de carbono, disminuirémos el consumo de los otros macronutrientes. Un consumo de 1,7 g de proteína/kg/día sería suficiente para garantizar la recuperación de las sesiones de entrenamientos, que recordemos, deben ser de menor intensidad. Estos días priorizaremos el bajo consumo tanto de fibra como de grasa, pautando 20g y un 20% del VCT respectivamente para facilitar las digestiones.

El día de competición, antes de la prueba debemos priorizar el consumo de hidratos de carbono para maximizar los niveles de glucógeno corporal, pudiendo posponer el consumo del resto de los macronutrientes para después de la competición en mayor o menor medida. Se recomienda el consumo de 1-4 g/kg de hidratos de carbono durante las 1-4 horas previas, aumentando tanto IG como CG conforme nos acercamos al partido. Consumir 30-60g de hidratos durante el partido, o bien espaciados en forma de bebida isotónica, o bien en forma de gel u otro suplemento permitirá retrasar la fatiga. Tras el partido, el consumo combinado de 1-1,5g de hidratos/kg junto a 20-40g de proteína de alto VB permitirá recuperar el glucógeno perdido durante el partido y maximizar la síntesis proteica. Después debemos retomar de nuevo la ingesta alta de hidratos de carbono para llegar a los 6-10g/día.

Se debe hacer una adaptación individual de estos rangos de ingesta recomendada teniendo en cuenta factores como la composición corporal o la posición en la que juega el jugador de la siguiente manera: los jugadores que más acciones de alta intensidad realicen van a tener un mayor vaciamiento de los depósitos de glucógeno además de un mayor desgaste muscular y una mayor demanda energética por sesión o por partido, por lo que tanto los pivotes como los defensores centrales deberán moverse en las cantidades más altas de la ingesta recomendada tanto de hidratos de carbono como de proteínas. Los que también deberán moverse en esta parte del rango son los laterales, que recorren altas distancias a gran intensidades además de sufrir un alto número de contactos corporales. En el caso de los centrales, tienen una composición corporal similar a los laterales, pero con un menor peso y altura, además de que recorren menos distancias a alta intensidad que ellos, por lo que pueden deberían moverse en los rangos de ingesta medios-altos. Los extremos participan en menos situaciones de contactos tanto en ataque como en defensa, pero a pesar de eso son los jugadores que más esprints realizan, y acciones como los saltos también producen un desgaste muscular por lo que no deben hacer ingestas bajas ni de hidratos ni proteínas, moverse en el rango medio de las recomendaciones sería lo más adecuado. Un caso completamente diferente son los porteros, los cuales tienen unas demandas que no se asemejan a ninguna otra posición. Son los jugadores que pasan menor cantidad de tiempo a FC máx, y realizan menos acciones de alta intensidad u otras acciones que vayan a suponer un alto desgaste muscular, además de que su composición corporal es completamente diferente al resto de jugadores. Para los porteros moverse en los niveles menores de las recomendaciones podría ser adecuado, aunque considero que se necesita estudiar mejor las necesidades de esta posición tanto en el balonmano como en otros deportes, ya que no hay mucha información sobre sus necesidades especiales.

A nivel de micronutrientes, debemos cuidar especialmente la ingesta de éstos, ya que en deportes como el balonmano van a tener un papel fundamental sobre el rendimiento. Hay una alta prevalencia de déficit de vitamina D entre los jugadores, por lo que una suplementación diaria de 2000 UI, o incluso 4000 UI en los meses invernales ayudaría a mantener unos niveles sanguíneos adecuados. Asegurar una ingesta superior de >10mg de Fe al día evitará en el jugador de balonmano la aparición de anemia, así como el consumo de 2,1 mg/día vitamina B6 y 2mg/día de vitamina B12. Las necesidades de Fe se pueden ver aumentadas por la alta cantidad de impactos. Además de la vitamina D, para mantener la salud de nuestros huesos es importante cubrir la IDR de Ca, P y MG, siendo 1000, 700 y 400 mg/día respectivamente. Durante la práctica de balonmano se producen ROS, por lo que un consumo correcto de vitamina C será beneficioso debido a su propiedad antioxidante, cuya IDR es de 60 mg/día. Es importante cuidar la ingesta de Cl, Na y K, minerales los cuales se pierden por el sudor, durante la práctica deportiva y pueden producir una disminución del rendimiento mediante calambres musculares o la disminución en la capacidad de

fuerza. Añadiendo 2-5 g de sal/L de agua podemos reponer el Na perdido por el sudor durante la práctica de balonmano o mediante la suplementación de electrolitos. Por último, un mineral que forma parte del tejido muscular e interviene en la síntesis proteica es el Zn, cuyas necesidades están aumentadas en los deportistas por las pérdidas a través del sudor y la respuesta inflamatoria al ejercicio. Un consumo de 15 mg/día previene problemas como la disminución del trabajo muscular o una peor recuperación.

Existen una serie de ayudas ergogénicas respaldadas por la evidencia científica cuyos efectos resultan beneficiosos para el rendimiento de los jugadores del balonmano. Una ingesta de cafeína de 3-6 mg/kg 1 hora antes realizar balonmano aumenta la velocidad máxima y la distancia recorrida, así como la potencia de lanzamiento y capacidad de salto. La creatina por otro lado, a través de un consumo diario de 5g/día mejora la capacidad de los jugadores de realizar esfuerzos máximos como los sprints. Para la prevención de calambres musculares a parte de los electrolitos, el ácido acético tomado a través de 75 ml de jugo de pepinillo ha demostrado disminuir de manera eficaz los calambres. Por otro lado, un consumo prolongado de entre 4,8-6,8 g/día de beta alanina aumenta el consumo máximo de O₂ aumentando el tiempo hasta el agotamiento. Por último, ingerir 800mg de nitratos 3 horas antes de practicar balonmano puede tener efectos beneficiosos sobre el rendimiento en estos esfuerzos intermitentes y retrasar la aparición de la fatiga, al igual que el bicarbonato de sodio, que actúa amortiguando los cambios de pH producidos durante el ejercicio, aunque debemos valorar los posibles problemas gastrointestinales.

VI. Referencias

1. Pérez Porto, J., Merino M. Balonmano - Qué es, orígenes, definición y concepto. [Internet]. Definicion.de. 2016. Available from: <https://definicion.de/balonmano/>
2. Bøgild P, Jensen K, Kvorning T. Physiological Performance Characteristics of Danish National Team Handball Players. J Strength Cond Res [Internet]. 2020;34(6):1555–63. Available from: www.nscs.com
3. Akdoğan E, Taşcıoğlu R. Comparison of body composition of volleyball , handball and football female players. 2022;53:43–53.
4. Spronk I, Heaney SE, Prvan T, O'Connor HT. Relationship between general nutrition knowledge and dietary quality in elite athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2015;25(3):243–51.
5. Enciclopedia visual JJOO Rio 2016 [Internet]. Marca.com. 2016. Available from: <https://www.marca.com/juegos-olimpicos/balonmano/todo-sobre.html>
6. Calderón J. Fisiología aplicada al Deporte. 1ª Edición. España: Editoria Tébar; 2007.

7. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. 4ª Edición. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2022.
8. Alonso P. Los 10 deportes con más federados en España [Internet]. CMDsport. 2019. Available from: <https://www.cmdsport.com/multideporte/los-10-deportes-con-mas-federados-en-espana/>
9. Torrero Millán S. La cruda actualidad del balonmano en España [Internet]. Sexto Anillo. 2018. Available from: <https://sextoanillo.com/index.php/2018/02/15/la-cruda-actualidad-del-balonmano-espana/>
10. Calonge L. El balonmano sigue en los huesos [Internet]. El País. Available from: https://elpais.com/deportes/2018/11/18/actualidad/1542556975_613758.html
11. Miranda D. Así queda el palmarés de España en balonmano: los triunfos de los Hispanos [Internet]. AS. 2020. Available from: https://as.com/masdeporte/2020/01/26/balonmano/1580060676_722674.html
12. Bruton AG. Jugadores Profesionales De Balonmano a Nivel Nacional . Sports Supplementation in Professional Handball Players At the National Level . 2020;1–38.
13. Molina-López J, Molina JM, Chiroso LJ, Florea D, Sáez L, Jiménez J, et al. Implementación de un programa de educación nutricional en un equipo de balonmano; consecuencias en estado nutricional. Nutr Hosp. 2013;28(4):1065–76.
14. Luig P, Manchado Lopez C, Pers J, Perse M, Kristan M, Schander I, et al. Motion characteristics according to playing positions in international men's team handball. 13th Annu Congr Eur Coll Sport Sci. 2008;(January 2016):241–7.
15. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. J Sports Sci. 2006;24(7):665–74.
16. Póvoas SC., Seabra AF., Ascensao AAM., Magalhaes J, Soares JM., Rebelo AN. Physical and physiological demands of elite team handball. 2012;26(12).
17. Reilly T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. J Sports Sci. 1997;15(3):257–63.
18. Póvoas SC., Seabra AF., Ascensao AAM., Magalhaes J, Soares JM., Rebelo AN. Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. 2000;
19. Karcher C, Buchheit M. On-Court demands of elite handball, with special reference to playing positions. Sport Med. 2014;44(6):797–814.
20. González Jiménez E. Composición corporal: Estudio y utilidad clínica. Endocrinol y

- Nutr. 2013;60(2):69–75.
21. Figueiredo DH, Figueiredo DH, Dourado AC, Stanganelli LCR, Gonçalves HR. Evaluation of body composition and its relationship with physical fitness in professional soccer players at the beginning of pre-season. *Retos*. 2020;2041(40):117–25.
 22. Pons V, Riera J, Galilea PA, Drobnic F, Banquells M, Ruiz O. Anthropometric characteristics, body composition and somatotype by sport. Reference data from a high performance centre in San Cugat, 1989-2013. *Apunt Med l'Esport* [Internet]. 2015;50(186):65–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2015.01.002>
 23. Grenados C, Izquierdo M, Ibáñez J, Ruesta M, Gorostiaga EM. Are there any differences in physical fitness and throwing velocity between national and international elite female handball players? 2015;27(3):1480–5.
 24. Hermassi S, Laudner K, Schwesig R. Playing level and position differences in body characteristics and physical fitness performance among male team handball players. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019;7(JUN):1–12.
 25. Ramos-Sánchez F, Camina-Martín MA, Alonso-de-la-Torre SR, Redondo-del-Río P, de-Mateo-Silleras B. Composición corporal y somatotipo por posición de juego en balonmano profesional masculino / Body Composition And Somatotype In Professional Men's Handball According To Playing Positions. *Rev Int Med y Ciencias la Act Física y del Deport*. 2018;69(2018):91–103.
 26. Chaouachi A, Brughelli M, Levin G, Boudhina NBB, Cronin J, Chamari K. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *J Sports Sci*. 2009;27(2):151–7.
 27. Correa-Rodríguez M, Rueda-Medina B, González-Jiménez E, Schmidt-RioValle J. Associations between body composition, nutrition, and physical activity in young adults. *Am J Hum Biol*. 2017;29(1).
 28. Loucks AB. Energy balance and body composition in sports and exercise. *J Sports Sci*. 2004;22(1):1–14.
 29. Mielgo J, Maroto B, Luzardo R, Palacios G, Palacios N, González M. Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2015;21:225–34.
 30. Frings-Meuthen P, Henkel S, Boschmann M, Chilibeck PD, Alvero Cruz JR, Hoffmann F, et al. Resting Energy Expenditure of Master Athletes: Accuracy of Predictive Equations and Primary Determinants. *Front Physiol*. 2021;12(March):1–11.
 31. De Lorenzo A, Bertini I, Candeloro N, Piccinelli R, Innocente I, Brancati A. A new

- predictive equation to calculate resting metabolic rate in athletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999;39(3):213–9.
32. Greer JL, Whitt-Glover MC, Tudor-Locke C, Ainsworth BE, Vezina J, HASKELL WL, et al. 2011 Compendium of Physical Activities. *Med Sci Sport Exerc*. 2011;43(8):1575–81.
 33. Teraž K, Meulenberg CJW. Semi-Professional Handball Players. 2019;24.
 34. Silva AM, Matias CN, Santos DA, Thomas D, Bosy-Westphal A, Müller MJ, et al. Compensatory changes in energy balance regulation over one athletic season. Vol. 49, *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2017. 1229–1235 p.
 35. Hawley J, Burke L. Rendimiento deportivo máximo. Estrategias para el entrenamiento y la nutrición en el deporte. 1ª Edición. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2000.
 36. Cunniffe B, Fallan C, Yau A, Evans GH, Cardinale M. Assessment of physical demands and fluid balance in elite female handball players during a 6-day competitive tournament. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015;25(1):78–96.
 37. Shirreffs SM, Armstrong LE, Cheuvront SN. Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Food, Nutrition and Sports Performance II*. 2010. p. 92.
 38. Feng Y, Fang G, Qu C, Cui S, Geng X, Gao D, et al. Validation of urine colour L*a*b* for assessing hydration amongst athletes. *Front Nutr*. 2022;9(August):1–9.
 39. Muñoz Soler A, López Meseguer FJ. Guía de alimentación para el deportista. 3ª Edición. Madrid: EDICIONES TUTOR; 1998.
 40. Williams C, Rollo I. Carbohydrate Nutrition and Team Sport Performance. *Sport Med*. 2015;45(1):13–22.
 41. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet*. 2016;116(3):501–28.
 42. Santos DA, Matias CN, Monteiro CP, Silva AM, Rocha PM, Minderico CS, et al. Magnesium intake is associated with strength performance in elite basketball, handball and volleyball players. *Magnes Res*. 2011;24(4):215–9.
 43. Holway FE, Spriet LL. Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *J Sports Sci*. 2011;29(SUPPL. 1).
 44. Beavers KM, Leutholtz B. Glycemic load food guide pyramid for athletic performance. *Strength Cond J*. 2008;30(3):10–4.

45. Anderson JW, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev*. 2009;67(4):188–205.
46. Clark A, Mach N. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: A systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2016;13(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-016-0155-6>
47. Summerfield LM. *Nutrición, Ejercicio y Comportamiento*. 1ª Edición. Madrid: International Thomson Editores Spain; 2002.
48. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jäger R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: Research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2018;15(1). Available from: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0242-y>
49. Castillo M, Lozano-Casanova M, Sospedra I, Norte A, Gutiérrez-Hervás A, Martínez-Sanz JM. Energy and Macronutrients Intake in Indoor Sport Team Athletes: Systematic Review. *Nutrients*. 2022;14(22).
50. Lowery LM. Dietary fat and sports nutrition: A primer. *J Sport Sci Med*. 2004;3(3):106–17.
51. Venkatraman JT, Leddy J, Pendergast D. Dietary fats and immune status in athletes: clinical implications. 2000;32(7):S389–95.
52. Iolascon G, Moretti A, Paoletta M, Liguori S, Di Munno O. Muscle regeneration and function in sports: A focus on vitamin d. *Med*. 2021;57(10):1–9.
53. Millward D, Root AD, Dubois J, Cohen RP, Valdivia L, Helming B, et al. Association of Serum Vitamin D Levels and Stress Fractures in Collegiate Athletes. *Orthop J Sport Med*. 2020;8(12):1–6.
54. Ip TST, Fu SC, Ong MTY, Yung PSH. Vitamin D deficiency in athletes: Laboratory, clinical and field integration. *Asia-Pacific J Sport Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2022;29:22–9.
55. Bauer P, Henni S, Dörr O, Bauer T, Hamm CW, Most A. High prevalence of vitamin D insufficiency in professional handball athletes. *Phys Sportsmed* [Internet]. 2019;47(1):71–7. Available from: <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1520055>
56. Valtueña J, Aparicio-ugarrita R, Medina D, Lizarraga A, Rodas G, González-gross M, et al. Vitamin d status in spanish elite team sport players. *Nutrients*. 2021;13(4):1–14.
57. Butscheidt S, Rolvien T, Uebliacker P, Amling M, Barvencik F. Impact of Vitamin D in Sports: Does Vitamin D Insufficiency Compromise Athletic Performance? *Sport Sport*. 2017;31(1):37–44.

58. Fallon KE. Utility of hematological and iron-related screening in elite athletes. *Clin J Sport Med*. 2004;14(3):145–52.
59. Gleeson M. Immunological aspects of sport nutrition. *Immunol Cell Biol*. 2016;94(2):117–23.
60. Bonina FP, Puglia C, Cimino F, Trombetta D, Tringali G, Roccazzello AM, et al. Oxidative stress in handball players: Effect of supplementation with a red orange extract. *Nutr Res*. 2005;25(10):917–24.
61. Hamouti N, Del Coso J, Estevez E, Mora-Rodriguez R. Dehydration and sodium deficit during indoor practice in elite european male team players. *Eur J Sport Sci*. 2010;10(5):329–36.
62. Mcclung JP. Iron , Zinc , and Physical Performance. 2019;(August 2018):135–9.
63. Thein L, Thein J, Landry G. Ergogenic Aids. *Phys Ther*. 1995;75(5):426–39.
64. Puya-Braza, Kerksick, Wilborn, Al. R et. Creado, adaptado y traducido por Puya-Braza a partir de Kerksick, Wilborn, Roberts et al. (2018). *Int Soc spots Nutr [Internet]*. 2018;1. Available from: <https://alimentologia.com/wp-content/uploads/2020/05/Suplementos-categorizados-por-ISSN.pdf>
65. Seyoum B, Belle B. World Anti-Doping Code International standard prohibited list 2023. *Callaloo*. 2010;33(1):57–57.
66. Jodra P, Lago-Rodríguez A, Sánchez-Oliver AJ, López-Samanes A, Pérez-López A, Veiga-Herreros P, et al. Effects of caffeine supplementation on physical performance and mood dimensions in elite and trained-recreational athletes. *J Int Soc Sports Nutr [Internet]*. 2020;17. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0332-5>
67. Arguedas-Soley A, Townsend I, Hengist A, Betts J. Acute caffeine supplementation and live match-play performance in team-sports: A systematic review (2000–2021). *J Sports Sci [Internet]*. 2022;40(7):717–32. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.2003559>
68. Sabol F, Grgic J, Mikulic P. The effects of 3 different doses of caffeine on jumping and throwing performance: A randomized, double-blind, crossover study. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(9):1170–7.
69. Muñoz A, López-Samanes Á, Pérez-López A, Aguilar-Navarro M, Moreno-Heredero B, Rivilla-García J, et al. Effects of caffeine ingestion on physical performance in elite women handball players: A randomized, controlled study. *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15(10):1406–13.
70. Kaczka P, Maciejczyk M, Batra A, Tabęcka-Ionczyńska A, Strzała M. Acute Effect of

- Caffeine-Based Multi-Ingredient Supplement on Reactive Agility and Jump Height in Recreational Handball Players. *Nutrients*. 2022;14(8).
71. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo J, Gorostiaga EM. Muscle Power , Endurance , and Sprint Performance. *Med Sci Sport Exerc*. 2002;34(2):332–43.
 72. Aaserud R, Gramvik P, Olsen SR, Jensen J. Creatine supplementation delays onset of fatigue during repeated bouts of sprint running. *Scand J Med Sci Sport*. 1998;8(5 PART 1):247–51.
 73. Confortin FG, Bordignon R, Feitosa R, Sá C, Corbellini F, Oliveira SA. Efeito ergogênico da creatina sobre a performance de atletas do Handebol. *RBNE - Rev Bras Nutr Esportiva* [Internet]. 2019;13(78):254–64. Available from: <http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1280>
 74. Pan JH, Kim JH, Kim HM, Lee ES, Shin DH, Kim S, et al. Acetic acid enhances endurance capacity of exercise-trained mice by increasing skeletal muscle oxidative properties. *Biosci Biotechnol Biochem* [Internet]. 2015;79(9):1535–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/09168451.2015.1034652>
 75. Hooper Marosek SE, Antharam V, Dowlathshahi K. Quantitative Analysis of the Acetic Acid Content in Substances Used by Athletes for the Possible Prevention and Alleviation of Exercise-Associated Muscle Cramps. *J strength Cond Res*. 2020;34(6):1539–46.
 76. Miller KC, MacK GW, Knight KL, Hopkins JT, Draper DO, Fields PJ, et al. Reflex inhibition of electrically induced muscle cramps in hypohydrated humans. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(5):953–61.
 77. Williams RL. Dietary supplements and regulation. *Jama*. 2011;306(15):1657.
 78. Shbib S, Rashidlamir A, Hakak Dokht E. The effects of plyometric training and β -alanine supplementation on anaerobic power and serum level of carnosine in handball players. *Sport Sci Health* [Internet]. 2021;17(3):569–76. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00709-4>
 79. Heaton LE, Davis JK, Rawson ES, Nuccio RP, Witard OC, Stein KW, et al. Selected In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes: A Practical Overview. *Sport Med*. 2017;47(11):2201–18.
 80. Wylie LJ, Mohr M, Krstrup P, Jackman SR, Ermidis G, Kelly J, et al. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(7):1673–84.
 81. Muñoz A, Sánchez-Oliver A, Revilla-García, López-Samanes A, Del Coso J. Ergogenic aids in competitive handball. A narrative review. 2022;

82. Dorożyński B, Osowski M, Balwierz RJ, Biernat P, Jasicka-Misiak I. Application of beetroot's nitrates juice in team sports. *Sci Sport*. 2023;38.
83. Baker LB, Rollo I, Stein KW, Jeukendrup AE. Acute effects of carbohydrate supplementation on intermittent sports performance. Vol. 7, *Nutrients*. 2015. 5733–5763 p.
84. Mora-Fernandez A, Lopez-Moro A, Chiroso-Rios LJ, Mariscal-Arcas M. A Systematic Review of the Effects of Nutrient Intake in Handball Players on Exercise Performance. *Appl Sci*. 2022;12(23).