



FACULTAD DE MEDICINA

## El papel de la Nutrición y las ayudas ergogénicas nutricionales en el rendimiento deportivo y la prevención de lesiones en jugadores de rugby

TRABAJO DE FIN DE GRADO

MARIO FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ

GRADO EN NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TUTORÍA: DRA. RAQUEL BLASCO REDONDO

# Índice

1. Introducción:	7
2. Materiales y métodos:	9
3. Características del rugby:	10
4. Fuerza y resistencia	10
4.1 Fuerza y actividad anaeróbica:	11
4.2 Extralimitación funcional-Supercompensación-Sobreentrenamiento	12
4.3 Resistencia y actividad aeróbica:	13
5. Requerimientos nutricionales	15
Energía	16
Hidratación:	16
Hidratos de carbono	18
Proteína:	19
Grasa:	20
Vitaminas:	21
Composición corporal:	21
6. Ayudas ergogénicas	23
Creatina:	25
Beta-hidroxi-beta-metil-butirato	26
β-Alanina:	26
Cafeína:	27
Bicarbonato:	28
7. Lesiones en rugby	28
8. Discusión	31
9. Conclusiones	35
10. Bibliografía	36

**Abreviaturas:**

- ACSM: American College of Sports Medicine
- BCAA: Aminoácidos de cadena ramificada
- CCAH: Comité Científico de Alimentación Humana
- EAA: Esteroides anabólicos androgénicos
- FEMEDE: Federación Española de Medicina del Deporte
- HMB. Beta-hidroxi-beta-metil-butirato
- IG: Índice Glucémico
- IOC: International Olympic Committee
- ISSN: International Society of Sports Nutrition
- RM: Repetición máxima
- SNC: Sistema Nervioso Central
- $VO_2$  máx: Consumo máximo de oxígeno

## **Resumen:**

**Introducción:** El consumo de suplementos nutricionales es una práctica cada vez más extendida entre los atletas. Sin embargo, a la mejora del rendimiento deportivo se le ha unido otro objetivo igualmente importante, la prevención y el tratamiento de las lesiones deportivas, que son un grave perjuicio en la carrera deportiva de un atleta, pudiendo incluso suponer el final de la misma. Hasta hace poco, la recuperación y el tratamiento de las lesiones seguían un enfoque puramente tradicional, basado en rehabilitación, plan de entrenamiento deportivo e intervención nutricional. Estos hechos evidencian la necesidad de contar con un profesional en dietética y nutrición para la pauta de los suplementos y la elaboración de un plan de intervención nutricional de acuerdo a los objetivos específicos de los jugadores. Es por ello que el objetivo del proyecto es estudiar los efectos de la nutrición y los suplementos sobre el rendimiento deportivo, así como la prevención y recuperación de las lesiones en jugadores de rugby.

**Materiales y métodos:** Se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre las características del rugby, así como los requerimientos nutricionales asociados a dicho deporte y la relevancia de las ayudas ergogénicas. Para ello, se ha realizado la búsqueda en diferentes bases de datos, así como documentos de consenso de la ISSN, la ACSM y el IOC, así como otros libros online, utilizando en la selección de los mismos unos determinados criterios de inclusión y exclusión.

**Discusión y conclusiones:** El rugby es un deporte en el que se da la necesidad de desarrollar capacidades aeróbicas y anaeróbicas a lo largo de los entrenamientos para un adecuado desempeño en la competición. La prevención de lesiones deportivas en el rugby depende de un conjunto de factores que interactúan entre sí. Dentro de estos factores podríamos encontrar el aporte de los requerimientos nutricionales necesarios, así como sus momentos de consumo, un adecuado entrenamiento, una recuperación suficiente e incluso una adecuada composición corporal con una masa grasa y masa magra acorde a la demarcación dentro del equipo. Sin embargo, hay un factor que se ha estudiado menos, como son las ayudas ergogénicas con este fin, pudiendo resultar algunas de ellas de gran utilidad si son pautadas por un profesional en la materia. Es por ello que sería recomendable realizar más estudios sobre suplementos deportivos y las funciones que pueden desempeñar en la protección de la salud del deportista.

**Palabras clave:** Rugby, composición corporal, ayudas ergogénicas, lesiones deportivas, requerimientos nutricionales, actividad aeróbica y anaeróbica

## **Abstract**

**Introduction:** The nutritional supplements intake is an increasingly widespread practice among athletes. However, a new important objective has joined to the sport performance improvement, which is the injuries prevention and treatment. This means a serious damage to the athlete's sport career, and could even mean the end of it. Recently, the injuries treatment and recovery were based on rehabilitation, a proper training and a good nutritional plan. This facts shows the need of dietetics and nutrition professionals to guide the supplementation intake and make a nutritional plan to get the specific objectives for rugby players. That's the reason why this project objective is studying the nutrition and supplements effects in sport performance, and the injuries prevention and treatment in rugby.

**Methods:** Bibliographic research about rugby characteristics, nutritional requirements in this sport and the ergogenic aids relevance in rugby. To get this, the research was made on different data bases, consensus documents from the ISSN, ACSM and the IOC, online books were used too. Different inclusion and exclusion criteria were used in this research.

**Discussion and conclusions:** Rugby is a sport that shows the need of developing aerobic and anaerobic capacities along the trainings for a proper performance in competition. The sport injuries prevention in rugby depends on some factors that interact each other. Among these factors we could find the optimal nutrition intake to get the necessary requirements, the intake moments, the adequate training, a Good recovery after training and a proper body composition with a fat and body mass according to the game position in the team. However, the ergogenic aids have been poorly studied for this purpose. Some of them could be very useful if were prescribed by a professional in this area. This is why making more studies about sports supplements and athlete's health could be recommended

**Key words:** Rugby, body composition, ergogenic aids, sport injuries, nutritional requirements and aerobic and anaerobic activity.

## 1. Introducción:

La suplementación nutricional es una práctica habitual entre los deportistas de alto rendimiento. Esta práctica ha ido aumentando progresivamente en los últimos años, buscando con ello una mejoría en los resultados deportivos a nivel competitivo. La evidencia científica avala el uso de algunos suplementos para la optimización del rendimiento. Para cumplir este objetivo, la dosis de los diferentes suplementos, así como sus momentos óptimos de consumo en el entrenamiento han sido ampliamente estudiados.<sup>1</sup>

Las ayudas ergogénicas se pueden definir, de acuerdo con el consenso de la IOC sobre ayudas ergogénicas, como *“Un alimento, componente alimenticio, nutriente o compuesto no alimentario que se ingiere a propósito además de la dieta habitualmente consumida con el objetivo de lograr un beneficio específico para la salud y / o el rendimiento.”* Esta definición incluye, por tanto, suplementos nutricionales y ayudas de carácter anti-catabolizante (como la creatina, cafeína, hidroximetilbutirato, etc.).<sup>1</sup>

Cabe destacar que, de un tiempo a esta parte, se ha comenzado a investigar acerca de la utilidad de los suplementos nutricionales en la prevención y la recuperación muscular en las lesiones asociadas a la actividad física intensa. En concreto, en cuanto a la aparición de lesiones, lo que se busca mediante la suplementación es, en primer lugar, prevenir su aparición y, de no ser posible, facilitar la rehabilitación y evitar dolor y el deterioro funcional y muscular que se asocia a algunos tipos de lesión (como la lesión por distensión muscular<sup>2</sup>), así como futuras reapariciones de dicha lesión. Para conseguir este objetivo, es altamente recomendable que la suplementación sea adecuadamente pautada por un Dietista-Nutricionista especializado en la materia.

Hasta ahora, el enfoque llevado a cabo en los procesos de rehabilitación posteriores a una lesión se ha basado en una intervención nutricional y un plan deportivo para disminuir la atrofia.<sup>3</sup> La suplementación y la aparición de lesiones es un ámbito de creciente importancia en la medicina y la nutrición deportiva, ya que dicha aparición no solo supone una disminución notable del rendimiento del atleta a corto plazo, sino que, dependiendo del tipo de lesión, puede suponer un problema a largo plazo, ya que en muchos casos supone un riesgo notablemente superior a sufrir una “recaída” en el mismo músculo anteriormente afectado.

El rugby es un deporte de equipo que ha ganado una gran importancia en los últimos años, ya que ha aumentado considerablemente la población interesada en su práctica, especialmente a nivel competitivo. La nutrición juega un papel fundamental en el desempeño de los deportistas, ya que un factor esencial para optimizar el rendimiento es garantizar que el deportista consuma las calorías suficientes para compensar el gasto. Una persona con una pauta de ejercicio ligero generalmente puede satisfacer las necesidades calóricas siguiendo una dieta común. Sin embargo, los atletas de élite con una pauta de entrenamiento intensa tienen un gasto energético mucho mayor. Si además tenemos en cuenta que el tamaño del jugador y su composición corporal juegan un papel fundamental en el rugby, el gasto calórico puede ser muy elevado, llegando a situarse entre 6000-12000 Kcal/día, dependiendo de la intensidad del entrenamiento.<sup>4</sup>

Cabe destacar, por otro lado, que el rugby, a diferencia de otros deportes de competición, apenas presenta diferencias en los requerimientos y necesidades en el entrenamiento y la competición, ya que en ambas situaciones los jugadores deben entrenar tanto la fuerza como la resistencia. Es por ello que las pautas nutricionales deben ir encaminadas a minimizar la fatiga muscular y favorecer el rendimiento aeróbico, tanto en el entrenamiento semanal como en los partidos de competición.

Los jugadores de rugby tienden a ser más pesados que los atletas de la mayoría de deportes. Además, en este deporte es muy importante la composición corporal de los jugadores, pudiendo jugar un papel determinante en la demarcación del atleta en el equipo.<sup>6</sup>

El rugby profesional tiene una incidencia de lesiones muy elevada en comparación con otros deportes profesionales de equipo, siendo las lesiones de tendón y ligamento las más comunes. Esta incidencia y su detección puede deberse a la interacción de diferentes factores, como los estrechos sistemas de vigilancia ante la aparición de lesiones en los jugadores y el hecho de tratarse de un deporte de alta intensidad, de contacto y de cambios bruscos de velocidad.<sup>5</sup>

Además, la elevada duración de los partidos de rugby y la necesidad de una adecuada recuperación tras un ejercicio de alta intensidad sugiere la necesidad de una potencia aeróbica bien desarrollada. Sin embargo, además del ejercicio aeróbico, la existencia de momentos en los que los jugadores deben realizar “sprints” de elevada velocidad en períodos cortos de tiempo nos da la información de que en el rugby hay una continua interacción entre ejercicio aeróbico y anaeróbico.<sup>6</sup>

## **1- Objetivos:**

El objetivo principal del proyecto es estudiar efectos positivos de una adecuada nutrición y de los suplementos nutricionales en el rendimiento y la aparición de lesiones en jugadores de rugby. Los objetivos secundarios son:

- Conocer los requerimientos nutricionales y energéticos de los atletas que practican rugby.
- Revisar la utilidad de los suplementos nutricionales y ayudas ergogénicas en el cumplimiento de los requerimientos y el aumento del rendimiento deportivo en los jugadores de rugby.
- Identificar la posibilidad de que dichos suplementos supongan una disminución en la aparición de lesiones asociadas al entrenamiento y competición.

## **2. Materiales y métodos:**

Para la revisión bibliográfica se ha buscado en distintas bases de datos y sitios como PubMed y Cochrane Library, utilizando para la búsqueda las siguientes palabras clave: “supplements”, “ayudas ergogénicas nutricionales”, “rugby injuries”, “rugby”, “endurance”, “nutritional requirements rugby”, “sport nutrition”, “muscular strength”, “dietary protein on muscle and resistance”, “body composition models” y “sport performance rugby”. Se ha buscado también información de libros online, donde se ha investigado en sus referencias citadas.

Los documentos de consenso se han obtenido de la IOC “International Olympic Committee”, la FEMEDE “Federación Española de Medicina del Deporte” y la ISSN “International Society of Sports Nutrition “. En cuanto a los ensayos, se han utilizado aquellos estudios que han sido citados por otros autores en más de una ocasión y que cumpliesen con los criterios de inclusión que se mencionan en el presente apartado.

Se ha utilizado información actualizada relativa a las ayudas ergogénicas basadas en la evidencia científica, sus momentos de consumo y su influencia en el rendimiento y en la aparición y evolución de las lesiones en el rugby, así como su tratamiento.

### **Criterios de inclusión:**

Tras la búsqueda de artículos con las palabras clave mencionadas anteriormente, se seleccionaron aquellos que cumpliesen los siguientes criterios:

- Aquellos artículos, libros, documentos, etc. cuya fecha de publicación fuese posterior o igual a 2008, salvo algunas excepciones en las que el artículo ofrecía información de importancia sobre el tema tratado.
- Que el procedimiento del estudio se realice en humanos, excluyendo ensayos clínicos en animales
- Que fuesen artículos científicos que tuviesen información relevante sobre alguna de las palabras clave mencionadas anteriormente.
- Aquellos que acceso gratuito al texto completo.
- Aquellos que estuviesen en español o inglés
- Se ha incluido cualquier artículo relacionado con el rugby, independientemente de la modalidad de juego (rugby union o rugby league)

### **Criterios de exclusión:**

Se han descartado artículos que cumplieran con alguno de los siguientes criterios:

- Fecha de publicación anterior a 2008 (salvo excepciones por la utilidad de su contenido)
- Artículos que estuviesen en un idioma distinto al español o inglés
- Artículos de ensayos clínicos basados en experimentación animal

### 3. Características del rugby:

El rugby es un deporte de equipo de creciente popularidad entre la población general. Debido a que se caracteriza por ser un deporte de contacto, se producen colisiones entre los jugadores, en las que la composición corporal es determinante. Además, también se producen cambios bruscos en la intensidad de la actividad física, caracterizada por aceleraciones repentinas, sprints cortos en delanteros o sprints de larga duración en el caso de los defensas. Todo ello se repite en numerosas ocasiones a lo largo del partido, alternando momentos de intensa actividad con momentos de intensidad más reducida.

Es por este motivo que en el rugby se da importancia tanto a la fuerza como a la resistencia en los entrenamientos de los jugadores. En cuanto al entrenamiento de resistencia, la evidencia científica lo considera un factor determinante en el programa de entrenamiento de un jugador de rugby, debido a que el trabajo en la resistencia mejora la potencia, la fuerza, la ganancia muscular y el aguante de los atletas.

### 4. Fuerza y resistencia

Debido a las demandas de actividad intermitente, los jugadores de rugby requieren un nivel óptimo de fuerza y potencia muscular unido a una capacidad aeróbica y de resistencia bien desarrollada (junto a otros muchos factores como la velocidad, agilidad, etc.).

Es por ello que los entrenamientos de estos atletas contienen un volumen amplio de sesiones de entrenamiento de resistencia, fuerza y potencia muscular, adquisición de habilidades y tecnificación.

Numerosos estudios demuestran que la aptitud de los jugadores aumenta a medida que aumenta el nivel de juego, ya que los jugadores profesionales entrenan de 5 a 6 días por semana, obteniendo, como resultado, unas características fisiológicas bien desarrolladas, las cuales son menores al inicio de la temporada y aumentan con la progresión de la misma (se informó que el  $VO_2$  máximo de los jugadores era de 46-48 ml/kg/min al comienzo de la temporada y aumentó a 50 ml/kg/min durante la fase competitiva, cuando aumentaron su aptitud física). Además, la potencia aeróbica de los jugadores aficionados está menos desarrollada. Dicha disminución de la aptitud con respecto a los jugadores profesionales se debe, sobre todo, a una baja intensidad de juego, con partidos menos frecuentes y entrenamientos inadecuados, todo ello reforzado por un mayor porcentaje de grasa corporal.

Además, parece ser que no existen diferencias significativas en las características fisiológicas y la potencia aeróbica entre los delanteros y defensas. <sup>7</sup>

Es importante señalar la importancia de la adecuada realización de dichos entrenamientos, ya que hay estudios que demuestran que, si se complementa un entrenamiento inapropiado, caracterizado por cargas excesivamente altas de resistencia aeróbica, fuerza y velocidad, con una recuperación inadecuada, se corre el riesgo de que se produzca una disminución del rendimiento de los atletas. <sup>8</sup>

#### 4.1 Fuerza y actividad anaeróbica:

Los deportes de fuerza han ido evolucionando a lo largo de la historia. Si bien en la antigüedad se empleaban para obtener alimentación a base de la caza de animales, posteriormente se han enfocado radicalmente distinto hasta convertirse en deportes que requieren técnicas muy concretas en cada modalidad, con distintas variables de potencia, velocidad y fuerza.

La fuerza puede definirse de tres maneras: mecánica, muscular y fisiológica. La fuerza mecánica es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo.

Esta se define como el producto de la masa por la aceleración ( $F = m \cdot a$ ) y su unidad es el Newton. La fuerza muscular es la capacidad que tiene el músculo de deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo, y la fuerza fisiológica es la capacidad que tiene el músculo para activarse al producir tensión.

En la fuerza fisiológica hay varios factores dentro del músculo que pueden afectar: el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con la actina en el sarcómero, el número de sarcómeros, la longitud de las fibras musculares y la tensión o fuerza que estas pueden ejercer de forma transversal.<sup>22</sup>

La carga que se levanta depende del volumen, de la intensidad, del tipo de ejercicio y de la velocidad de ejecución. Es necesario saber que todas las variables son importantes en conjunto, pues vienen asociadas y no se puede programar o valorar un entrenamiento a partir de una sola variable.<sup>23</sup>

El volumen es la cantidad total de trabajo realizado en un tiempo determinado y se expresa por el número de repeticiones. La intensidad es expresada por el grado de esfuerzo que exige realizar un ejercicio físico a nivel fisiológico, mecánico, técnico y emocional.<sup>22</sup> Dentro de la intensidad, se diferencian la intensidad absoluta como la carga o peso, expresado en kilogramos, utilizado en cada ejercicio, e intensidad relativa al % de una repetición máxima (1RM), de lo que cabe destacar que hay evidencia científica sobre que el hecho de hacer el ejercicio más intenso a partir de utilizar mayor %1RM o el número de repeticiones máximas con una carga determinada hasta llegar al fallo, no producen mejoras en la fuerza del deportista por la práctica de esta modalidad de forma mayor que programaciones con intensidades más moderadas.<sup>24</sup>

Si la programación de los entrenamientos de fuerza no la realiza un profesional que se base en evidencia científica, los entrenamientos pueden ser demasiado intensos y producir altos niveles de fatiga que aumentan el riesgo de sobreentrenamiento y de lesión.

La velocidad de ejecución también es importante. Esta depende directamente de la fuerza: a mayor fuerza aplicada, mayor velocidad de desplazamiento. El objetivo de los deportes de fuerza es emplear la máxima fuerza posible a la máxima velocidad que seamos capaces.

Lo más importante en la medición de la fuerza es el pico de fuerza máxima que se puede conseguir y el tiempo necesario para alcanzar dicha fuerza. Además, el pico de fuerza máximo se puede clasificar en:

- **Fuerza isométrica máxima:** Fuerza máxima voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable.
- **Fuerza Dinámica Máxima:** Si la resistencia se supera, pero solo se puede hacer 1 vez.
- **Fuerza Dinámica Máxima Relativa:** Fuerza aplicada con resistencias inferiores a aquellas utilizadas para medir la Fuerza Dinámica Máxima

- **Fuerza útil:** Concepto especialmente importante en el tema que se trata, siendo la fuerza que corresponde al deportista cuando realiza el gesto específico de su ámbito de competición, siendo la mejora de este valor el principal objetivo de los entrenamientos de fuerza.
- **Fuerza explosiva:** Es la interacción entre la fuerza producida y el tiempo necesario para ello. Es, por tanto, la fuerza producida por unidad de tiempo.
- **Fuerza explosiva máxima:** Es el resultado del momento de mayor fuerza por unidad de tiempo producida en la curva de la fuerza explosiva. La fuerza explosiva (o capacidad para expresar rápidamente una fuerza) se relaciona con: composición muscular, en especial el porcentaje de fibras rápidas, la sincronización, la coordinación intermuscular, la frecuencia de impulso, la velocidad de acortamiento del músculo y la capacidad de fuerza máxima, entre otros.
- **Fuerza absoluta:** Fuerza potencial teórica dependiente de las características del músculo del individuo.

En el rugby, en concreto, la capacidad de generar rápidamente elevados niveles de fuerza muscular es una característica clave para realizar de manera efectiva los empujes, placajes y colisiones (habiendo diferencias significativas en los niveles de fuerza de delanteros y defensas). Además, cabe destacar que la gran cantidad de fuerza de los jugadores profesionales se podría atribuir a sus adaptaciones neurológicas derivadas de los entrenamientos prolongados de fuerza. Por otro lado, el mayor porcentaje de masa grasa encontrado en los jugadores de menor nivel se ha asociado a una disminución de la fuerza. Así mismo, al igual que la composición corporal influye en la fuerza, el entrenamiento de fuerza (y también de resistencia) influye en la composición corporal, mejorándola. 7

Por otro lado, es importante señalar que el desarrollo de esta capacidad tiene un efecto directo en la reducción de lesiones deportivas.

El desarrollo de fuerza muscular se basa en una combinación de factores morfológicos y neuronales. Es importante señalar que los mecanismos que mejoran la fuerza se consideran multifactoriales y pueden ser alterados por factores de confusión (fuerza inicial, entrenamiento o genética). Otros factores que inciden en el desarrollo de fuerza incluyen la sección transversal del músculo, el entrenamiento de hipertrofia, etc. 9

#### 4.2 Extralimitación funcional-Supercompensación-Sobreentrenamiento

El objetivo último de un entrenamiento es conseguir adaptaciones fisiológicas para beneficiarse de ello a lo largo del tiempo. Cuando el volumen, la intensidad o frecuencia del entrenamiento son demasiado elevados, sumado a una mínima recuperación, se da una situación en la que no se permite al organismo a adaptarse a los cambios que produce dicho entrenamiento. Cuando esto ocurre, se producen una serie de problemas que en general se conocen como sobreentrenamiento.<sup>25</sup> Estos problemas pueden ser un obstáculo en la carrera del deportista (si tardan semanas o incluso meses en recuperarse) o incluso suponer el final de la misma.

Sin embargo, el exceso de entrenamiento no siempre supone una situación de sobreentrenamiento, si no que tiene diferentes grados. El primer grado es la extralimitación funcional, que dificulta el rendimiento, pero se utiliza en ocasiones para mejorar la tolerancia al ejercicio, ya que se cree que, tras un excesivo volumen de entrenamiento, y después una reducción del trabajo, supondrá una supercompensación (aunque la realidad no es así). Si a esta situación se le une una recuperación inadecuada, puede condicionar negativamente el rendimiento durante semanas o meses. Si se da a largo plazo, puede derivar en cambios como cansancio y trastornos hormonales y neurofisiológicos (sobreentrenamiento), que conducen al agotamiento.<sup>26</sup>

Hay que destacar la existencia de ciertas ayudas ergogénicas de evidencia demostrada en el desarrollo de la fuerza, siendo las más importantes:

Creatina	Parece mejorar el rendimiento de los deportes que implican ejercicios repetidos de alta intensidad como el rugby. Además, mejora los resultados de los programas de entrenamiento, llevando a mayores ganancias de masa magra y fuerza muscular.
B-Alanina	La beta alanina tiene efectos beneficiosos sobre el rendimiento en el caso del ejercicio de alta intensidad sostenido en el tiempo.
Beta-hidroxi beta-metilbutirato	Parece tener efectos beneficiosos sobre la fuerza y la masa muscular. Además, parecen tener un efecto beneficioso en caso de inactividad por lesión, aunque sus efectos sobre el daño muscular no están claros.
Cafeína	Parece mejorar la producción de potencia media y de potencia máxima durante las actividades deportivas anaeróbicas de corta duración. También tiene interés en la resistencia y la actividad aeróbica.

*Tabla 2: Ayudas ergogénicas que tienen interés en el desarrollo de fuerza según el consenso de la IOC sobre suplementos y ayudas ergogénicas. Adaptado por Mario Fernández. 10*

Hay que tener en cuenta que estas ayudas ergogénicas actúan en su mayor parte en la prevención de la fatiga muscular, pudiendo tener, tanto por su influencia en el desarrollo de fuerza como por la reducción fatiga, interés en la prevención de lesiones (ya que como se ha mencionado anteriormente, el desarrollo de fuerza se desarrolla con una disminución del riesgo de lesiones).

#### 4.3 Resistencia y actividad aeróbica:

Entendemos como resistencia la capacidad psicofísica de resistir el cansancio durante esfuerzos prolongados y la capacidad de recuperación tras el esfuerzo. También implica la capacidad del jugador o atleta de resistir el mayor tiempo posible un estímulo suficiente como para provocar la disminución de la intensidad. En definitiva, representa la capacidad de aguante total del organismo, o de determinadas zonas frente al cansancio.

Así mismo, la resistencia se puede dividir atendiendo a diferentes clasificaciones: 11

Según la musculatura ejercitada:	<b>Resistencia general:</b> Capacidad del total de la musculatura corporal
	<b>Resistencia local:</b> Capacidad específica de las diferentes zonas musculares
Según la utilización de la energía:	<b>Resistencia aeróbica:</b> Hace referencia a esfuerzos prolongados
	<b>Resistencia anaeróbica:</b> Hace referencia a esfuerzos de elevada intensidad en un tiempo corto
Según el tipo de trabajo que realiza la musculatura:	<b>Resistencia dinámica</b>
	<b>Resistencia estática</b>

Según la duración temporal:	<b>Resistencia de corta duración</b>
	<b>Resistencia de duración media</b>
	<b>Resistencia de larga duración</b>
Según la especificidad del tipo de deporte:	<b>Resistencia general:</b> Capacidad de rendimiento independientemente del deporte practicado (llamada también resistencia básica o dinámica aeróbica general).
	<b>Resistencia especial:</b> La capacidad de manifestar la resistencia en un deporte en específico.

*Tabla 3: Tipos de resistencia atendiendo a las diferentes clasificaciones. Adaptado por Mario Fernández. 11*

Por otro lado, el organismo sufre unas adaptaciones estructurales y funcionales consecuencia del entrenamiento aeróbico. La magnitud de estas adaptaciones es proporcional al volumen e intensidad del entrenamiento. La adaptación es eficiente cuando resulta en un menor esfuerzo a nivel general y local ante un ejercicio físico determinado.

Hay una serie de determinantes que influyen en la resistencia cardiorrespiratoria, a destacar:

- **Máximo consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub> max):** Es la máxima cantidad de oxígeno que puede utilizar el organismo. Es un indicador del grado de acondicionamiento físico.
- **Umbral anaeróbico:** Es el momento a partir del cual se incrementan notablemente las dificultades y parecen sensaciones de fatiga.
- **Economía de gesto:** Representa la habilidad para gastar la menor energía a una determinada velocidad.

Además, a lo largo de la actividad aeróbica, se producen una serie de cambios corporales que favorecen una mayor eficiencia de cara al ejercicio. Entre las adaptaciones metabólicas que se producen en un entrenamiento aeróbico, podríamos destacar:

- El VO<sub>2</sub> max aumenta entre un 15-20% independientemente de la edad, sexo y raza.
- Parece que los individuos entrenados tienen un mayor contenido de glucógeno muscular en reposo (puede ser debido al aumento de la glucógeno sintetasa tras el entrenamiento, así como la actividad de las enzimas que rompen el glucógeno).
- En deportistas las fibras tipo I son las predominantes en los deportistas de resistencia. Además, la densidad capilar del músculo esquelético aumenta.
- El contenido de enzimas glucolíticas es menor debido al aumento de fibras tipo I.
- También se producen cambios a nivel cardiovascular, como el aumento del volumen sistólico y, por tanto, del gasto cardiaco. También aumenta el volumen de plasma sanguíneo, lo que produce un aumento del volumen diastólico final.
- Las adaptaciones en el sistema respiratorio se relacionan con los cardiovasculares. Al aumentar el flujo de sangre, también aumenta la capacidad de difusión del oxígeno a través de la membrana alveolar. Además, se produce una disminución de la ventilación a cualquier intensidad de trabajo.
- A nivel de la composición corporal, el ejercicio aeróbico produce una reducción evidente de la masa grasa y un aumento de la masa libre de grasa.
- Finalmente, otra adaptación metabólica es el aumento de la densidad mineral ósea, que en definitiva previene enfermedades óseas futuras como la osteoporosis. 12

De estos cambios corporales se deduce la importancia del ejercicio aeróbico para la salud y para la práctica de los deportes de competición como el rugby. La recuperación apropiada frente al estrés producido por el ejercicio es un componente esencial de cualquier programa de ejercicio para maximizar las adaptaciones y mejorar el rendimiento deportivo. En este contexto, los hidratos de carbono y las proteínas son un suplemento alimenticio importante para el desarrollo aeróbico.

Los combustibles basados en carbohidratos son la fuente de energía principal para la contracción muscular durante los eventos de resistencia continuos de 2h de duración. Además, la oxidación de aminoácidos (tanto los libres en sangre como en el hígado, así como las reservas de proteína en equilibrio) pueden aportar hasta un 10% de la energía total durante el ejercicio de resistencia. Los aminoácidos son liberados del músculo para la gluconeogénesis hepática o para sufrir una desaminación y ser oxidados como fuente de combustible. Es por ello que es importante ingerir la cantidad adecuada de proteínas de acuerdo con la actividad realizada, siendo recomendable en atletas 2 gr/kg/día. Sin embargo, conseguir este aporte de proteínas es prácticamente inviable mediante una alimentación normal; ya que habría que consumir ingentes cantidades de alimentos proteicos, de modo que lo más común es optar por el uso de suplementos proteicos que complementen una alimentación saludable y equilibrada.

En cuanto a los hidratos de carbono, la recuperación eficaz del glucógeno muscular y hepático es algo necesario para los atletas de resistencia. Tras los ejercicios de resistencia prolongados, el glucógeno muscular alcanza los niveles pre-ejercicio tras un período de 24h siempre que se ingiera una cantidad adecuada de hidratos. Sin embargo, aquellos atletas que no tienen acceso a un adecuado aporte de hidratos de carbono (por múltiples entrenamientos diarios, competencias de larga duración, etc.) han optado por estrategias alternativas para aumentar las tasas de resíntesis de glucógeno. Para ello, se aportan cantidades pequeñas de proteínas como un medio para promover la resíntesis rápida de glucógeno muscular y mantener el rendimiento deportivo. <sup>12</sup>

## 5. Requerimientos nutricionales

Es sabido que para un rendimiento deportivo idóneo se deben controlar 2 factores fundamentales: un adecuado entrenamiento adaptado al objetivo que se persigue y una nutrición óptima que facilite la preparación, desempeño y recuperación de la actividad física, así como la prevención de lesiones.

En el caso de la nutrición, sería conveniente contar con un profesional en el campo, para garantizar la obtención de la energía necesaria para la actividad física mediante la combinación adecuada de los distintos macronutrientes, garantizando al mismo tiempo la cantidad suficiente de micronutrientes. La evidencia científica ha demostrado la aparición de problemas en el rendimiento como resultado de no ingerir una cantidad suficiente de energía o, por el contrario, ingerir una cantidad suficiente de energía procedente de una fuente inadecuada de nutrientes. Estas situaciones pueden llevar a una pérdida de masa muscular o una mayor susceptibilidad a lesiones y enfermedades. <sup>4</sup>

## Energía

Uno de los pilares para optimizar el rendimiento a través de la nutrición es la garantía de que el atleta consuma las calorías suficientes para compensar el gasto. Los deportistas que hacen ejercicio moderado (por ejemplo, 30-40 minutos en 3 sesiones semanales) generalmente suplen sus necesidades siguiendo una dieta normal (1800-2400 kcal) ya que las demandas calóricas por sesión no son excesivamente altas, rondando las 200-400 kcal/sesión.

Sin embargo, los atletas de élite, que entrenan intensamente entre 2 y 6 horas, en numerosos entrenamientos entre 5 y 6 días a la semana pueden gastar entre 600-1200 kcal más por hora de ejercicio. De modo que, en el caso de los atletas de élite, los requerimientos calóricos pueden acercarse a los 2500-8000 kcal/día durante el entrenamiento intenso o la competición en sujetos cuyo peso se sitúa entre 50-100 kg. En el caso de los atletas grandes (100-150 kg), las necesidades pueden aumentar considerablemente, pudiendo oscilar entre 6000-12000 kcal/día.

Con estas necesidades calóricas, es prácticamente imposible cubrir los requerimientos exclusivamente con una alimentación equilibrada. Además, mantener una dieta insuficiente puede llevar a una pérdida de peso indeseada, así como sobreentrenamiento, patologías y lesiones. Además, los análisis nutricionales de numerosos atletas sugieren que muchos son susceptibles de mantener ingestas negativas de energía durante el entrenamiento. Es indispensable que un profesional de la nutrición trabaje con los deportistas para asegurar una alimentación que cubra todos los requerimientos energéticos de los atletas, utilizando suplementos si fuese necesario.

Entre las pautas que se deben seguir para asegurar los requerimientos energéticos se pueden incluir: asegurarse de que los atletas tengan disponibilidad de alimentos nutritivos todo el día para picar, planificar las comidas de acuerdo a los entrenamientos y hacer uso de suplementos ricos en calorías y nutrientes (en concreto hidratos de carbono y proteínas) para mantener la ingesta durante el entrenamiento.

El segundo pilar de la nutrición en los atletas es el aporte adecuado de macronutrientes, hablando entonces de hidratos de carbono, proteínas y grasas. <sup>4</sup>

## Hidratación:

La hidratación es la ayuda ergogénica más importante para un deportista, ya que el rendimiento puede verse muy afectado si se pierde un 2% de peso corporal en forma de sudor (y una pérdida del 4% o más puede provocar enfermedades, agotamiento, golpe de calor e incluso la muerte). Es por ello que es de suma importancia seguir una adecuada pauta de rehidratación durante el ejercicio, ya que los atletas tienen una tasa de sudoración de entre 0,5-2 l/h de ejercicio.

Esta pérdida de líquido supone la necesidad de consumir agua cada 10-15 minutos de ejercicio, aunque no se tenga sed (ya que la sensación de sed no aparece hasta que se ha perdido una gran cantidad de líquido en forma de sudor). Los atletas deben entrenar la ingesta elevada de líquidos durante el entrenamiento, especialmente en ambientes cálidos y húmedos. <sup>4</sup>

Algo a tener en cuenta en cuanto a la hidratación es el “timing”, donde podemos destacar los momentos de hidratación:

**Antes del ejercicio:** Es importante iniciar la actividad física euhidratado, con unos niveles de electrolitos normales en plasma. Esta situación se alcanza tras una hidratación normal y un período de recuperación adecuado (8-12 h) tras la última sesión de ejercicio. En caso contrario a esta situación, la persona puede necesitar un programa de hidratación agresivo antes del ejercicio, que ayudara a asegurar la corrección del cualquier posible desequilibrio líquidos-electrolitos antes de empezar la actividad. Se debe consumir lentamente líquido en las 4 h anteriores al ejercicio. El intento de hidratarse con bebidas que expandan los espacios intracelular y extracelular (como soluciones de agua y glicerol) provocarán necesidad de orinar durante la competencia. Por otro lado, la hiperhidratación puede disminuir la concentración de sodio en plasma y aumentar el riesgo de hiponatremia. La recomendación más importante es que dicha hidratación se haga varias horas antes para asegurar la absorción de líquido y que la producción de orina alcance niveles normales.

**Durante el ejercicio:** Como se ha mencionado antes, el objetivo es la rehidratación para evitar la pérdida de más del 2% de peso corporal en forma de líquido. Sin embargo, es difícil realizar una generalización de la cantidad óptima de líquido que hay que ingerir, dado que hay numerosos factores tanto individuales como externos que influyen en la tasa de sudoración y, por tanto, en la necesidad de reposición. Una recomendación muy aceptada es monitorizar los cambios de peso corporal de los individuos durante el entrenamiento para estimar sus pérdidas por sudoración en diferentes situaciones climáticas. Aunque no es una medida pragmática, permitiría personalizar los programas de reposición para las necesidades particulares de cada persona. La composición de las bebidas puede ser importante. En algunas guías de composición de "bebidas deportivas" se recomienda que contengan 20-30 mEq.L<sup>-1</sup> de sodio, 2-5 mEq.L<sup>-1</sup> de potasio y un 5-10% de hidratos de carbono. Estas proporciones podrían variar en función de la duración del ejercicio y podrían consumirse de fuentes no líquidas como geles o barras. Si la reposición de hidratos de carbono y de líquido va a cubrirse con una bebida, entonces la concentración de los hidratos no debe ser superior al 8%. En conclusión, la reposición óptima durante el ejercicio debe incluir la hidratación frecuente durante su práctica, de acuerdo con las tasas de sudoración individuales.

**Después del ejercicio:** La meta una vez terminada la actividad deportiva es reponer los electrolitos y el líquido perdido. La agresividad del programa de rehidratación dependerá del grado y la velocidad con la que se hayan perdido aquellos durante el ejercicio. Si el tiempo de recuperación lo permite, la situación ideal es consumir alimentos e hidratarse con normalidad para conseguir la euhidratación. En cambio, si la deshidratación está presente, y el período de recuperación es menor a 12 horas, podrían ser necesarios programas de rehidratación más agresivos. El consumo de sodio ayudará a mantener los líquidos ingeridos, estimulará la sed y evitará la eliminación excesiva de orina. Las guías recomiendan que los individuos que buscan una recuperación rápida deben consumir 1,5 L de bebida por cada kg de peso corporal perdido, espaciando dicho consumo en el tiempo dentro de lo posible para promover la máxima retención de líquido. La reposición intravenosa está justificada en individuos con una deshidratación severa (>7% del peso corporal) o en quienes no puedan ingerir la bebida vía oral, aunque esta medida no tiene ningún beneficio adicional. En conclusión, si el tiempo lo permite, una hidratación normal con alimentos y bebida ayudará a reponer, en caso contrario, habría que beber suficiente cantidad de bebida espaciada en el tiempo y con sodio para favorecer la máxima retención de esos líquidos. <sup>15</sup>

## Hidratos de carbono

Los deportistas que hacen ejercicio moderado generalmente pueden satisfacer las necesidades de macronutrientes mediante una alimentación equilibrada (45-55% de hidratos de carbono o 3-5g/kg/día).

Sin embargo, los atletas con un volumen de entrenamiento intenso necesitan mayores cantidades de hidratos de carbono. Si se lleva a cabo un entrenamiento moderadamente intenso, con sesiones de 2-3 horas realizadas 5-6 veces por semana, las necesidades de hidratos pueden aumentar al 55-65% (5-8 g/kg/día). Además, cuando el ejercicio realizado es intenso, con sesiones de 3-6 horas realizadas 5-6 días por semana, los atletas cuyo peso oscila entre 100-150 kg pueden necesitar entre 8-10 g/kg/día para mantener los niveles de glucógeno.

El aporte dietético de este macronutriente se debe hacer preferiblemente en forma de hidratos de carbono complejos, con un índice glucémico bajo (entendiendo índice glucémico como la velocidad en la que una cantidad de hidratos de carbono llega a sangre en forma de glucosa, utilizando como referencia el valor que se obtendría con la glucosa pura, que sería 100). Sin embargo, debido a la ingente cantidad de alimento que habría que consumir para suplir las necesidades a base de hidratos de carbono complejos, muchos profesionales recomiendan hacer uso de zumos, bebidas concentradas en hidratos u otro tipo de suplementos.

En cuanto al momento de consumo de los hidratos de carbono:

- **Hidratos de carbono antes del ejercicio:** Las reservas de glucógeno en el cuerpo duran aproximadamente 90 minutos durante un ejercicio de intensidad moderada-alta, de modo que la estrategia de carga de hidratos pre-ejercicio pueden maximizar el almacenamiento de glucógeno y aumentar la resistencia y el mantenimiento del tejido muscular (que puede verse comprometido ante niveles bajos de glucógeno). El ACSM recomienda la ingestión de 200-300 g de hidratos de carbono en las 3-4 horas previas al ejercicio. Por otro lado, el IOC recomienda entre 1-4 g/kg en las 4 horas previas. La sobrecarga de hidratos de carbono en las 24-36 h anteriores a un ejercicio intenso es un método válido, especialmente para los atletas bien entrenados.
- **Hidratos de carbono durante el ejercicio:** Las situaciones de fatiga muscular e hipoglucemias son frecuentes en el ejercicio de resistencia, resultado de una disminución del nivel de glucógeno hepático y muscular. Teniendo esto en cuenta, se recomienda la ingesta de hidratos de carbono durante el ejercicio. El tipo, la cantidad y el momento de consumo de hidratos de carbono es importante y debe adaptarse a las necesidades individuales. Los 3 organismos anteriormente mencionados recomiendan los mismos requisitos en términos de cantidad de hidratos de carbono que deben ser ingeridos durante el ejercicio si este es superior a 60 minutos de duración. Esta cantidad debe oscilar entre 30-60 g/hora de ejercicio o 1 g/minuto.
- **Hidratos de carbono tras el ejercicio:** La evidencia afirma que una ingesta adecuada de hidratos de carbono tras el ejercicio optimiza la resíntesis de glucógeno muscular. Los rangos de ingesta recomendados dependen de quien lo aconseja. El ACSM da una directriz amplia, mientras que el ISSN y el IOC sugieren recomendaciones dependiendo de la duración e intensidad del ejercicio. Las recomendaciones del IOC también distinguen entre fuerza y resistencia, facilitando un enfoque más individualizado. Los rangos facilitados por los organismos para aumentar la recuperación tras el ejercicio se sitúan entre 1-1,5 g/kg.

Además, los 3 organismos coinciden en que los hidratos de carbono deberían ser ingeridos en los 30 minutos posteriores al entrenamiento y repetir ingestas cada 2 horas en las 6 horas posteriores. Hay que tener en cuenta que estas recomendaciones van especialmente dirigidas a atletas que tienen una densidad de entrenamiento frecuente, ya que, si hay más de 2 días entre las actividades, la reposición de hidratos de carbono disminuye ligeramente su importancia. <sup>14</sup>

El consenso de la literatura científica es que el cuerpo es capaz de oxidar 1 g/min de hidratos de carbono, de modo que, de acuerdo con el American College of Sports Medicine, se recomienda ingerir en torno a 0,7 g/kg/h durante el ejercicio en una solución que se encuentre en el 6-8% (6-8 gramos por cada 100 ml). Además, la evidencia sugiere que la ingestión de mayores cantidades de este macronutriente no aumenta la oxidación. Por último, hay que destacar que las tasas de oxidación de los hidratos de carbono exógenos difieren según el tipo, ya que hacen uso de diferentes transportadores. Teniendo esto en cuenta, se ha sugerido que las combinaciones de glucosa y sacarosa, o maltodextrina y fructosa (en proporción 1-1,2 y 0,8-1), promueven una mayor oxidación exógena. <sup>4</sup>

### Proteína

Inicialmente, se pensaba que los atletas no necesitaban consumir cantidades de proteína mayores a las dosis recomendadas (es decir, 0,8-1 g/kg/día). Sin embargo, la evidencia actual y el consenso entre el ACSM, ISSN y el IOC confirma que los atletas que realizan ejercicio intenso necesitan consumir proteínas en dosis que pueden llegar al doble de la recomendada para la población general (1,5-2 g/kg/día) para mantener el equilibrio proteico. <sup>14</sup> Si se obtiene una cantidad insuficiente, se tendrá un balance nitrogenado negativo, aumentando el catabolismo proteico y retrasando la recuperación tras el ejercicio (y conducir con ello al desgaste y la fatiga muscular).

Los atletas que realizan deporte por afición, de manera moderada, ven suplidas sus necesidades con las cantidades recomendadas para la población general. Mientras que, para los atletas que realizan un ejercicio moderadamente intenso, las necesidades aumentarían hasta 1,5 g/kg/día para un atleta de entre 50-150 kg. Por otro lado, los atletas involucrados en la práctica de ejercicio intenso, necesitan entre 1,5-2 g/kg/día para atletas de un peso similar a los anteriores.

Para los atletas de menor tamaño, ingerir esta cantidad de proteína puede ser viable, sin embargo, aquellos que realizan ejercicio intenso y tienen mayor tamaño (como los jugadores de un equipo de rugby de élite) tienen mayores dificultades para conseguir sus requerimientos únicamente con una dieta normal. En este contexto, las fuentes de proteínas de mayor calidad se encuentran en suplementos como el suero, caseína, proteínas de la leche y huevo, pudiendo los deportistas hacer uso de estos suplementos en caso de que el profesional en nutrición deportiva así lo recomiende.

A parte de la cantidad, también hay que tener en cuenta el momento óptimo de consumo de la proteína, ya que puede ayudar a unos tiempos de recuperación más rápidos y una mejor adaptación al entrenamiento.

- **Proteína antes del ejercicio:** La ISSN recomienda que, dependiendo del individuo, duración del ejercicio y condición física, la proteína debe incluirse con carbohidratos en la comida previa al inicio del ejercicio.
- **Proteína durante el ejercicio:** La adición de proteína a las soluciones de hidratos de carbono durante el ejercicio es poco concluyente, de modo que el ACSM no hace ninguna recomendación al respecto. Sin embargo, según el ISSN, esta acción se muestra prometedora en términos de mejorar el rendimiento en ejercicios de resistencia, aumentando el glucógeno y reduciendo el daño muscular. De acuerdo con el IOC, la ingesta de hidratos de carbono y aminoácidos esenciales es beneficiosa antes y durante el ejercicio por diversos motivos. Sin embargo, todos concluyen que se necesita más investigación en este contexto para aportar la evidencia como para establecer recomendaciones inequívocas.
- **Proteína tras el ejercicio:** La adición de proteína al protocolo de reposición tras el ejercicio puede proporcionar aminoácidos para el mantenimiento y la reparación muscular, pero el ACSM no ha incluido una guía específica. Por otro lado, según el ISSN, la proporción óptima hidrato de carbono (de elevado IG)-proteína (aminoácidos esenciales) para la recuperación es de 3-4:1 en las 3 horas posteriores al entrenamiento, resultando en un aumento de la síntesis de glucógeno y un aumento del rendimiento. El IOC también recomienda que se incluyan proteínas tras el entrenamiento ya que es cuando se requiere la máxima estimulación de síntesis de proteína muscular. De este modo, se recomienda que se incluyan alrededor de 20-25 g de proteína de elevado valor biológico tras el ejercicio. Además, del mismo modo que la combinación de hidratos de carbono y proteína es importante tras el ejercicio, la ingesta de proteína por encima de las recomendaciones no promueve la síntesis, sino que puede conducir a una oxidación de las proteínas. <sup>14</sup>

También hay que tener en cuenta algunos aspectos sobre la proteína, como puede ser su fuente de obtención, el perfil de aminoácidos o el procesamiento y aislamiento de dichas proteínas. Estos aspectos influyen en la utilización, disponibilidad y actividad metabólica de la proteína, que desemboca en un efecto directo sobre el catabolismo y anabolismo. <sup>4</sup>

En cuando al efecto que tiene la proteína en el músculo esquelético, la evidencia muestra que el tamaño y crecimiento del músculo depende de la diferencia entre la síntesis proteica (MPS) y la descomposición proteica (MBS), que a su vez se ve influenciada por el ejercicio físico y la nutrición. Teniendo esto en cuenta, es importante saber que el aumento de carga del músculo, unido a la hiperaminoacidemia tras la ingesta de proteína ejercen, de una manera sinérgica, un efecto positivo en el equilibrio neto de proteínas (NPB) al modular el equilibrio entre MPS y MPB. <sup>13</sup>

#### **Grasa:**

Las recomendaciones de la ingesta de grasas en el caso de los atletas son similares que las recomendadas para los no atletas en condiciones normales. El consumo de grasa es importante entre los atletas para el mantenimiento del equilibrio energético, la reposición de las reservas intramusculares de triacilglicerol, el aporte adecuado de vitaminas liposolubles y el consumo adecuado de ácidos grasos esenciales. En este macronutriente también entran en juego los objetivos del entrenamiento.

Por ejemplo, las dietas con un elevado aporte de grasa parecen mejorar las concentraciones de testosterona (importante en la supresión de testosterona que puede ocurrir durante el entrenamiento).

En general, las recomendaciones del ISSN son similares a las de la población general, siendo óptima una ingesta de grasa que se encuentre entre el 20-30% del total de aporte calórico (pudiendo llegar a un 50% durante el entrenamiento de volumen frecuente), no siendo recomendable en la mayoría de los casos tener una ingesta inferior al 20%. El IOC, por otro lado, recomienda una dieta baja en grasa para los atletas, que se encuentre entre el 15-20% de la energía total. Sin embargo, para aquellos atletas que tienen como objetivo la bajada del porcentaje de masa grasa, se recomienda una ingesta de 0,5-1 g/kg/día. Además, es importante diferenciar el tipo de grasa en la dieta (esencial, saturada, insaturada, etc.) para garantizar una salud cardiovascular óptima. <sup>4</sup>

### **Vitaminas:**

Son compuestos orgánicos esenciales que regulan los procesos metabólicos corporales, así como las rutas de síntesis energética, procesos neurológicos, etc. La ingesta de vitaminas dependerá de su grupo químico, ya que si se encuentran dentro de las vitaminas liposolubles su ingesta excesiva puede derivar en una reacción de toxicidad, mientras que, si se tratan de vitaminas hidrosolubles, el exceso se eliminaría por la orina sin dar reacciones adversas (con excepciones como la B6 y el daño a los nervios periféricos).

Son pocas las vitaminas que tienen efecto ergogénico, ayudando a los atletas a tolerar el entrenamiento, reduciendo el daño oxidativo (Vitamina E y C principalmente) y manteniendo saludable el sistema inmunológico (Vitamina C). El resto de vitaminas no parecen tener un efecto directo en el rendimiento deportivo. Sin embargo, no son pocos los profesionales de la nutrición que recomiendan a los atletas el consumo de complejos vitamínicos para asegurar el aporte diario, aumentando el colesterol HDL, disminuyendo el riesgo de enfermedad cardíaca (Niacina) o preservando la función musculoesquelética (Vitamina D). Es remarcable el caso de la Vitamina D, que tiene algunos efectos a destacar, como la disminución de fracturas asociadas al estrés y la adaptación al ejercicio. <sup>4</sup>

### **Composición corporal:**

La antropometría es una ciencia aplicada de enorme importancia en el deporte. Se define como “el área de la aplicación del estudio del tamaño, forma, composición, maduración y funciones principales del ser humano mediante la medición del peso corporal, estatura, longitudes, diámetros, perímetros y pliegues”. Es el método de medición de la composición corporal más utilizado en deportistas, al ser una buena combinación de fiabilidad y facilidad a nivel técnico y económico. <sup>16</sup>

De acuerdo con Wang et al. la composición corporal se puede definir como “aquella rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación in vivo de los componentes corporales, las relaciones cuantitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos relacionados con factores influyentes”. Para analizar adecuadamente la composición corporal se debe prestar atención a los diferentes componentes, teniendo en cuenta los modelos compartimentales: <sup>17</sup>

- El modelo bicompartimental únicamente tiene en cuenta la división de la masa corporal en masa grasa y masa magra, siendo el modelo más utilizado para el análisis de la composición corporal en deportistas.
- Por otro lado, el modelo de 4 compartimentos de Matiegka subdivide a su vez la masa corporal en masa ósea, masa muscular, masa grasa y masa residual.
- Otro modelo se centra en 5 compartimentos o niveles de estudio con estructuras cada vez más complejas: nivel atómico, nivel molecular, nivel celular, nivel histológico o tisular y el nivel total corporal.

En la *Tabla 5* se resumen los métodos de medición de la composición corporal: 18

<b>Método</b>	<b>Componentes medidos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
<b>Pliegues cutáneos</b>	Grasa subcutánea en zonas localizadas del cuerpo.	Útil para medir la grasa regional y para controlar los cambios de grasa en niños. Muy usado en deportistas por su bajo coste técnico y económico.	Uso limitado a sobrepeso moderado o con peso normal por límites instrumentales. La fiabilidad de la medición depende de la habilidad del técnico y la calibración del instrumento.
<b>Impedancia bioeléctrica (BIA) y espectroscopia de impedancia bioeléctrica (BIS)</b>	Mide el agua corporal, que estima la masa libre de grasa bajo la premisa de que está formada por un 73% de agua.	Método económico, seguro y rápido. Además, se requiere mínima experiencia por parte del técnico. Permite monitorizar cambios en la composición corporal a lo largo del tiempo.	Influenciado por sexo, edad, altura, el estado patológico y la raza. Subestima la masa libre de grasa en individuos con peso normal y la sobreestima en obesos en comparación a la DEXA. Su validez se limita a adultos sanos, jóvenes y normalmente hidratados.
<b>Hidrodensitometría</b>	Peso corporal, volumen corporal medido en agua, densidad corporal y volumen pulmonar residual.	Buena fiabilidad test-retest, precisa para la densidad corporal.	Se basa en la participación del sujeto. Además, los errores en la medición del volumen pulmonar pueden errar la medición de la composición corporal. La masa libre de grasa se asume como constante, pero puede variar según factores.
<b>Pletismografía</b>	Volumen y grasa corporal total.	Alta fiabilidad para la grasa corporal, densidad corporal y volumen residual pulmonar. Es rápido y no invasivo, sin exposición a radiación y no depende de la actuación del sujeto. Fiabilidad test-retest.	Tiende a sobreestimar la masa grasa en comparación con DEXA. Las patologías pueden reducir la precisión. Factores como ropa, vello o ejercicio previo pueden alterar la prueba. El instrumental es caro.
<b>Absorciometría de rayos X (DEXA)</b>	Grasa total y regional, densidad mineral ósea.	Alta precisión y reproductibilidad. Rápido y no invasivo, no requiere actuación del sujeto. No hay alteración por patologías.	Radiación. Puede no ser confiable para estudios longitudinales si hay cambios en glucógeno o hidratación entre mediciones. Instrumento costoso.

<b>Ultrasonido:</b>	Espesor de la capa de tejido (piel, grasa, músculo)	Repetible, disponible, muy utilizado, portátil, rápido y no invasivo. Estimaciones precisas del grosor tisular.	Requiere experiencia. Los procedimientos no están estandarizados. Hay factores de confusión y el coste es mayor que los métodos de campo.
<b>Resonancia y tomografía computerizada</b>	Grasa total y regional (subcutánea, visceral), músculo, órganos...	Alta precisión y reproductibilidad. Sin exposición a radiación.	Procedimiento largo y costoso. Solo para individuos con sobrepeso normal o moderado. En la tomografía hay exposición a radiación.
<b>Interactancia infrarroja cercana (NIR)</b>	Grasa, proteína y agua (basados en supuestos de densidad Óptica)	Buen test-retest y fiabilidad diaria. Rápido y no invasivo.	Errores de estimación. El %MG se subestima (error que aumenta con el tamaño corporal).

*Tabla 5: Métodos de medida de la composición corporal (ISSN). Resumida por Mario Fernández.*

Como se ha mencionado anteriormente, el rugby es un deporte de naturaleza intermitente, con períodos de actividad de alta intensidad y de menor velocidad. Las posiciones dentro de un equipo se podrían dividir entre delanteros y defensas principalmente. Los delanteros tienden a ser más robustos y a tener un mayor pliegue cutáneo, sin muchas diferencias entre jugadores de la élite y de “semi-élite”. Los delanteros además deben tener una adecuada masa muscular y una capacidad de aceleración adecuada para “sprints” cortos, ya que cubren menos distancia en un partido, estando involucrados en más colisiones físicas. Los defensas, por el contrario, son menos robustos, más rápidos, más ágiles y con capacidad para mantener un sprint continuado, ya que cubren mayores distancias en los partidos y deben apoyar las jugadas ofensivas.

Por otro lado, estudios recientes muestran un menor pliegue cutáneo a medida que aumenta el nivel de juego (mayor masa magra en jugadores de élite). En el rugby, la masa muscular es especialmente importante, ya que un bajo pliegue cutáneo asociado a una mayor masa magra se asocia con mejorías en el salto vertical, en el sprint de 30 m, en la agilidad y en la potencia aeróbica máxima.

Estas investigaciones demuestran que el rendimiento durante las competiciones de rugby está ampliamente afectado por la grasa corporal, que a su vez depende en gran medida de la demarcación del jugador dentro del equipo, así como del volumen y los objetivos específicos del entrenamiento que se lleve a cabo. <sup>7, 19</sup>

## 6. Ayudas ergogénicas

Se puede definir “ayuda ergogénica” como cualquier maniobra o método (nutricional, físico, mecánico, psicológico o farmacológico) realizado con el fin de aumentar la capacidad para desempeñar un trabajo físico y mejorar el rendimiento. <sup>20</sup>

Las ayudas ergogénicas nutricionales están relacionadas con los complementos alimenticios, entendiéndose estos por “*productos cuyo fin sea complementar la dieta normal y que consisten en fuentes concentradas de nutrientes u otras sustancias que tengan efecto nutricional o fisiológico, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada (cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y similares, bolsitas de polvos, ampollas de líquido, botellas con*

cuentagotas y otras formas similares de líquidos o polvos que deben tomarse en pequeñas cantidades unitarias". Además, es importante que exista suficiente información de los mismos en lo relacionado a las dosis, momentos de consumo y seguridad para el consumidor.

Además de una buena alimentación, las ayudas ergogénicas nutricionales están teniendo cada vez más importancia en la práctica deportiva. La presentación de estas ayudas se da en numerosos formatos, y el momento y la finalidad de su utilización varían ampliamente según las características y la situación concreta del deporte y del individuo.

Sin embargo, es importante contar con un profesional de la alimentación y el deporte para el consumo de estos suplementos, ya que, si se consumen de manera errónea, no solo no aumentan el rendimiento, si no que pueden suponer un peligro real para la salud.

De acuerdo con el CCAH, las categorías de productos dietéticos adaptados a un gran desgaste muscular se clasificarían en:

- Productos alimenticios energéticos ricos en hidratos de carbono
- Soluciones con hidratos de carbono y electrolitos
- Concentrados de proteínas y alimentos con alto contenido proteico
- Otros componentes y suplementos utilizados con objetivo ergogénico

De acuerdo con los datos aportados por la ISSN, en la *Tabla 6* se resume la clasificación de los diferentes suplementos y ayudas ergogénicas de acuerdo a la evidencia y la literatura disponible.<sup>4</sup>

<b>Clasificación</b>	<b>Desarrollo de masa muscular</b>	<b>Mejora del rendimiento</b>
<b>Aparentemente efectivo y seguro</b>	<b>Creatina</b> <b>Proteína</b> <b>EAA</b>	<b>Agua y bebidas de reposición</b> <b>Hidratos de carbono</b> <b>Creatina</b> <b>Fosfato de sodio</b> <b>Bicarbonato sódico</b> <b>Cafeína</b> <b>B-Alanina</b>
<b>Posiblemente efectivo</b>	<b>HMB o β-hidroxi-β-metilbutirato</b> (para individuos que se inician en el deporte) <b>BCAA</b>	<b>Reposición de HCO</b> tras el ejercicio <b>Reposición proteica</b> tras el ejercicio <b>EAA</b> <b>BCAA</b> <b>HMB</b> <b>Glicerol</b>
<b>Sin evidencia suficiente por el momento</b>	<b>α – cetoglutarato</b> <b>α – cetoisocaproato</b> <b>Hormona de crecimiento liberadora de péptidos y secretagogos</b> <b>Ornitina α</b> <b>Zinc</b> <b>Magnesio</b> <b>Aspartato</b>	<b>Triglicéridos de cadena media</b>

*Tabla 6: Clasificación de los suplementos ergogénicos de acuerdo con el ISSN. Resumida por Mario Fernández*

Esta revisión se va a centrar en incidir de manera más específica en aquellas ayudas ergogénicas que tienen la evidencia de seguridad y eficacia más sólida o que se cree que probablemente sean efectivas. En este contexto se puede hablar de:

### **Creatina:**

Es un componente que se encuentra en alimentos de origen animal, fundamentalmente carne y pescado. Aunque el organismo puede sintetizarla en el hígado, riñones y páncreas mediante los tres aminoácidos básicos a partir de los que se compone (metionina, arginina y glicina). Un individuo sano requiere aproximadamente 2 g/día de creatina, de los cuales alrededor del 50% debe ser de origen exógeno. <sup>21</sup>Es también importante señalar que la síntesis endógena se halla parcialmente inhibida cuando el aporte dietético es elevado.

La suplementación con monohidrato de creatina por vía oral aumenta la creatina total del músculo, tanto la que se encuentra en forma libre como la fosfocreatina. Del total de creatina corporal en el músculo esquelético (95% aproximadamente), el 40% se encuentra en forma de fosfocreatina, que proporciona una resíntesis rápida del ATP en el músculo.

Esta resíntesis de ATP supone que la disponibilidad de fosfocreatina sea un condicionante esencial en el ejercicio. En concreto, la fosfocreatina y el ATP generado a partir de la misma es el combustible más importante para el ejercicio breve de alta intensidad (2-30 segundos). Además, evita la acidosis al utilizar los iones de hidrógeno para la síntesis de ATP, disminuyendo por tanto la fatiga muscular.

Es importante destacar que existe una respuesta diferente de los individuos a la suplementación con creatina que depende en gran medida de los depósitos iniciales de fosfocreatina (a mayor depósito, menor incremento del rendimiento debido a la creatina), de modo que los individuos poco entrenados con un depósito de creatina inferior notarán una gran mejoría con la suplementación.

La suplementación crónica de creatina puede promover una mayor adaptación al entrenamiento y un mayor beneficio asociado al mismo. Sin embargo, la suplementación con monohidrato de creatina se clasifica forma general en 2 protocolos de carga:

- Protocolo de carga rápida: Se aportan dosis de 20-30 g en 4-5 tomas diarias durante aproximadamente 5 días o incluso 1 semana
- Protocolo de carga lenta o mantenimiento: Se administran entre 3-5 gramos diarios en dosis únicas durante el tiempo que dure la suplementación.

Hay que tener en cuenta que el músculo tiene un límite de almacenamiento de creatina a partir del cual no aporta beneficio y se excreta vía renal. Además, hay estudios que sugieren que la adición de hidratos de carbono a la suplementación con creatina puede aumentar los efectos de la misma (si se consume con glucosa, el pico máximo se alcanzará a los 90 minutos y en menos medida que si se consume sola).

Igualmente, hay que tener en cuenta el momento de consumo de la creatina ya que el pico plasmático se produce 1h después de haber tomado la suplementación. Por tanto, los mejores momentos de consumo son:

- Para entrenamientos de fuerza o de alta intensidad, es preferible consumirlo en los primeros instantes del entrenamiento.
- Para entrenamientos largos (fuerza o resistencia), se puede consumir al inicio o durante el entrenamiento.
- Para entrenamientos de resistencia altamente aeróbicos, se debería consumir inmediatamente después del entrenamiento. Aunque en algunos casos concretos sería recomendable ingerirlo entre 30-60 minutos antes.

Se han planteado algunas dudas sobre los posibles efectos negativos de la cafeína en la suplementación de creatina, sin embargo, solo se produce con la ingestión conjunta de ambas sustancias. Si se consumen en distintos momentos, no se producirá interferencia alguna. <sup>20</sup>

### **Beta-hidroxi-beta-metil-butirato**

El beta-hidroxi-beta-metil-butirato (en adelante HMB) es un metabolito natural de la leucina que tiene importancia en la prevención del catabolismo de las proteínas musculares. Sin embargo, su forma comercial es la cálcica, al ser más estable.

El HMB mejora la respuesta al ejercicio mediante diferentes mecanismos de acción, como la reducción de los marcadores del catabolismo proteico, el aumento de la síntesis muscular, aumento de la hormona del crecimiento, así como la proliferación y diferenciación de otros tipos celulares y la inhibición de la apoptosis. <sup>1</sup>

Parece ser que los efectos beneficiosos sobre la masa libre de grasa y la fuerza no son elevados. Un efecto importante de este tipo de suplementación es la conservación muscular que se ha descrito en adultos mayores tras 10 días de reposo en cama, es decir, en caso de inactividad extrema o recuperación tras una lesión<sup>1</sup> (de modo que esta suplementación, unida a un programa de entrenamiento, podría ser útil en el tratamiento de la sarcopenia en población geriátrica)<sup>20</sup>.

También tiene un efecto notable en la ganancia de fuerza en sujetos sedentarios al inicio del entrenamiento, a diferencia de deportistas entrenados, en los que el efecto sobre la fuerza es reducido y no modifica su composición corporal. Además, la suplementación con HMB ofrece cierta protección contra el daño muscular asociado a una elevada intensidad de esfuerzo físico debido a contribuir a un menor incremento del enzima lactato deshidrogenasa.

En conclusión, está claro de este suplemento es que es especialmente útil en cuanto a la ganancia y conservación muscular en personas poco entrenadas o en situaciones catabólicas, respectivamente. Sin embargo, se necesita más evidencia sobre su efecto sobre personas bien entrenadas.

Al igual que la creatina, el efecto del HMB aumenta con el trabajo de fuerza, siendo antes de un entrenamiento de fuerza el momento de consumo óptimo. La dosis necesaria para alcanzar picos del suplemento en plasma es de 3 g, con una duración de aproximadamente 2, 5 horas.<sup>20</sup>

### **$\beta$ -Alanina:**

La  $\beta$ -Alanina es un aminoácido no esencial y, por tanto, puede ser sintetizado de forma endógena por el hígado. Tiene un efecto ergogénico potencial al sintetizar carnosina ( $\beta$ -Alanin-L-histidina) en el músculo esquelético, la cual mejora la contracción muscular al aumentar la sensibilidad del calcio en las fibras rápidas y actuando como tampón intramiocito, reduciendo las posibles limitaciones que causa la acidosis. <sup>20</sup>

En este contexto, la síntesis de carnosina se ve limitada por la cantidad de  $\beta$ -Alanina. En dosis de 4 a 6g/día de  $\beta$ -Alanina, las concentraciones de carnosina aumentan hasta un 64% tras 4 semanas, llegando a un 80% tras un período de 10 semanas, con una gran variabilidad individual, independientemente de los valores de referencia. Aunque es cierto que la  $\beta$ -Alanina puede sintetizarse de forma endógena, es insuficiente para producir un efecto ergogénico. Otra forma de obtención de  $\beta$ -Alanina es mediante la alimentación o la suplementación, siendo estas las principales vías. <sup>27</sup>

El mecanismo de acción para conseguir el efecto ergogénico se relaciona de forma directa con las funciones que presenta la carnosina, siendo la más característica la función de tampón. Las funciones de la carnosina se pueden resumir en:

- La función más importante de la carnosina en el organismo es la de la regulación del pH que, junto a la fosfocreatina, actúa como un tampón a nivel intracelular.
- Además de su efecto tampón, a nivel muscular se le atribuye una función que tiene que ver con la activación de la miosina ATPasa que ejerce un papel en el mantenimiento de las reservas de ATP.
- Reduce la fatiga durante la actividad muscular y mejora los procesos contracción-excitación por ese efecto sobre la sensibilidad del calcio que se señaló anteriormente.
- También tiene función antioxidante, ya que con la actividad física se produce un incremento del estrés oxidativo debido a la actividad de la cadena de electrones y a la liberación del oxígeno de la hemoglobina hacia los tejidos.

Para incrementar la cantidad de carnosina, Hill y cols. Propusieron un sistema de suplementación progresivo, comenzando con 4 g/día de  $\beta$ -Alanina y finalizando con 6,4 g/día. La respuesta de los niveles musculares de carnosina muestra un comportamiento similar al observado tras un protocolo de suplementación con monohidrato de creatina. Sin embargo, a diferencia de la suplementación con creatina, los niveles iniciales de carnosina no afectarán al aumento conseguido mediante la carga de  $\beta$ -Alanina. <sup>28</sup>

### Cafeína:

También llamada 1, 3, 7 trimetilxantina, es un alcaloide antagonista del receptor de adenosina y cuyo consumo forma parte de muchas culturas, en forma de infusión, café, té, refrescos, etc. La cafeína es metabolizada en el hígado y mediante la acción enzimática se producen 3 metabolitos: paraxantina, teobromina y teofilina.

Aumenta la concentración en sangre entre 15 y 45 minutos tras su ingestión, alcanzando el pico máximo a los 60 minutos. Del mismo modo, la excreción de cafeína vía renal es análoga a la velocidad a la que se absorbe y metaboliza.

Aunque hay muchos mecanismos que se han propuesto para explicar el efecto ergogénico de la cafeína, se ha llegado al consenso de que el mecanismo que tiene mayor peso es su capacidad para competir con la adenosina en los diferentes receptores.

Sin embargo, es difícil enumerar todos los efectos que tiene un suplemento nutricional, ya que, además del antagonismo con la adenosina, la cafeína atraviesa no solo la barrera hematoencefálica (teniendo un poderoso efecto sobre el SNC), también todas las membranas del cuerpo, pudiendo tener un efecto en todos los tejidos. Entre las funciones que se pueden resaltar, se encuentran: <sup>29</sup>

- Durante el ejercicio, la cafeína actúa disminuyendo la dependencia de glucógeno y aumentando la movilización de ácidos grasos libres.
- Otro posible mecanismo es el aumento de la secreción de endorfinas, aumentando las concentraciones plasmáticas de endorfinas durante el ejercicio y disminuyendo la percepción del dolor.
- También promueve una respuesta termogénica importante, lo que produce un aumento del gasto energético.
- Mejora de la función neuromuscular y la contracción muscular esquelética.

En general, el consumo de cafeína favorece una respuesta tanto a nivel central como periférico, muscular, neuronal y hormonal, entre otros. La cafeína ha demostrado efectividad en diferentes tipos de actividad deportiva, como ejercicios de resistencia, de alta intensidad, de equipo, de fuerza-potencia y ejercicios submáximos. En cuanto al ejercicio aeróbico, hay metaanálisis que confirman la mejoría de este tipo de ejercicio mediante la suplementación con cafeína, siendo más importante en sujetos entrenados, a diferencia de otros suplementos.

En el ejercicio aeróbico, la suplementación con cafeína arroja resultados menos consistentes, encontrando mejoras en el rendimiento de ejercicios de fuerza y potencia, aunque con importantes lagunas en cuanto a la relevancia de factores individuales.

En cuanto al protocolo de carga, en el ejercicio aeróbico se ha visto que dosis bajas/moderadas son efectivas, de modo que a dosis de 2,1 mg/kg tienen un efecto adecuado, mientras que a dosis de 3,2 mg/kg tienen efecto óptimo. En general, se estima que dosis de entre 200-300 mg de cafeína pura alcanzan mejoras de rendimiento, mientras que si se aportan dosis cercanas o superiores a los 9 mg/kg se acerca a los valores tóxicos. <sup>20</sup>

Una posible consideración a tener en cuenta es la posible falta de mejora en el rendimiento en el caso de deportistas que consumen de manera habitual cantidades elevadas de cafeína en su dieta.

### **Bicarbonato:**

Los protones y el CO<sub>2</sub> se acumulan en la sangre y en el músculo durante la práctica deportiva. El bicarbonato es una sustancia alcalinizante que actúa eficazmente en medio ácido. Este efecto de prevención de fatiga muscular es especialmente evidente en el ejercicio físico de alta intensidad de entre 1-3 minutos de duración, es decir, en esfuerzos de tipo anaeróbico láctico. La respuesta ergogénica depende de factores individuales y de la dosis ingerida. Sin embargo, aunque la carga de bicarbonato puede optimizar el rendimiento deportivo, hay individuos que tienen dificultades para tolerar el bicarbonato, pudiendo causar problemas gastrointestinales que pueden disminuir consumiendo suficientes cantidades de agua. Otras formas de disminuir las molestias son tomar 5 g en bajas dosis durante numerosos días o consumir el bicarbonato junto a hidratos de carbono <sup>4, 20</sup>

El protocolo de suplementación de bicarbonato es de 0,2-0,4 g/kg de peso, consumido entre 60-150 minutos antes del ejercicio. Como se ha mencionado antes, se pueden fraccionar las tomas en dosis más bajas consumidas a lo largo de 30-180 minutos, o consumidas con dosis aun menores en los 2-4 días previos al evento deportivo. <sup>1</sup>

## **7. Lesiones en rugby**

Hay diferentes definiciones de lo que constituye una lesión en el ámbito del rugby. Una definición válida puede ser: un evento adverso que evita que un jugador participe al menos en los dos entrenamientos planificados posteriores a dicho evento o en el siguiente partido, o bien un evento que requiere que el jugador sea retirado del campo durante el resto del tiempo de juego. Muchos estudios hacen referencia a la falta de una definición estándar de lesión, que resulta en una gran discrepancia a nivel epidemiológico en la incidencia de lesiones reportadas.

El rugby es el deporte de contacto más popular a nivel mundial y, debido a la existencia de las colisiones, tiene uno de los niveles de lesiones más alto del deporte. Con el objetivo de estandarizar las lesiones en rugby, numerosos estudios han optado por subdividir las lesiones según su gravedad, teniendo por tanto 3 tipos:

- Leves: Ausencia inferior a 1 semana de duración
- Moderada: Ausencia comprendida entre 1 y 3 semanas
- Grave: Ausencia superior a 3 semanas de duración

En cuanto a la incidencia de lesiones, hay 4 estudios importantes que cuantifican la incidencia de lesiones por horas de juego. De esta manera, según los países y la definición de lesión que tengan, tenemos diferencias importantes en el número de lesiones. Así, diferentes autores describieron un rango de lesiones que va desde 32 lesiones por cada 1000 horas de juego, hasta 218 lesiones por cada 1000 en el caso del equipo de rugby inglés (esta elevada incidencia se asoció a una mayor exposición de los jugadores y una definición más amplia del concepto de lesión).

Por otro lado, Bathgate y cols. mostraron un aumento importante en la incidencia de lesiones en aquellos jugadores que comenzaban su etapa profesional. Este aumento se asoció a una mayor intensidad de entrenamiento y juego, a momentos de sobreentrenamiento y a un mayor tiempo en el que la pelota está en juego. <sup>30</sup>

En cuanto a la naturaleza de las lesiones en el rugby, en un estudio prospectivo de las lesiones y prácticas de entrenamiento de los jugadores, se realizó una clasificación de las lesiones más frecuentes, así como las que más se repetían según la posición de juego, etc.

En dicho estudio, la Tabla 2 resume las diferentes lesiones, su frecuencia y su gravedad. En general, se aprecia que las lesiones más graves presentan una incidencia notablemente inferior a aquellas que tienen una gravedad inferior.

De entre las lesiones más frecuentes, las menos numerosas fueron los esguinces de hombro y la lesión de ligamento del tobillo, que a su vez fueron las más graves dentro de este grupo. Las lesiones musculares fueron ligeramente más frecuentes, a excepción de la lesión muscular aductora, que se encuentra dentro de lesiones de mayor incidencia. Entre las más frecuentes encontramos la lesión de la articulación facetaria cervical, de baja gravedad, el esguince de rodilla y la fractura/contusión de costilla, siendo esta última la más grave de ellas (con 66 días de recuperación aproximada).

Las lesiones más graves presentaron una incidencia significativamente inferior. De esta clase de lesiones, la más grave que se dio fue la lesión de ligamento cruzado anterior, en la que el tiempo de recuperación fue de aproximadamente 235 días. Después, ordenadas de mayor a menor gravedad, encontramos la lesión del cartílago de la rodilla y la del manguito rotador.

Teniendo en cuenta la posición de juego de los jugadores y, por tanto, la composición corporal de los mismos, encontramos diferencias en el tipo de lesión. Los defensas presentan mayor incidencia de lesiones de cabeza y cuello, así como de extremidades inferiores, lo que puede explicarse por las colisiones inherentes a esta posición, así como un entrenamiento de resistencia y fuerza del tren inferior más limitado, a diferencia de los delanteros, en los que aumentaron considerablemente ese tipo de entrenamientos. Sin embargo, los delanteros presentaron mayor cantidad de lesiones del tren superior, probablemente debido al mismo motivo.

Hay que destacar, entre otras cosas, las diferencias que existen en delanteros y en defensas en cuanto a lesiones. Los defensas mostraron una incidencia general de lesiones más elevada, mientras que aquellas que afectaban a los delanteros tenían, en general, mayor gravedad promedio. Para los defensas, hubo un aumento de la incidencia en todas las etapas deportivas, tanto en el entrenamiento como en el evento competitivo; aumentando la gravedad de las lesiones en dicho evento.

En el estudio se demostró que la actividad física de resistencia y el entrenamiento de contacto representaban las acciones de mayor riesgo para el desarrollo de lesiones. La mayor estatura y masa corporal de los delanteros los colocaría en un mayor riesgo en la carrera de resistencia; y es por ello que es conveniente plantear objetivos de entrenamiento específicos, de manera que se reduzca al mínimo posible la incidencia.

Sin embargo, en líneas generales, la gravedad promedio de lesiones disminuyó con respecto a temporadas anteriores, lo que sugirió que un adecuado entrenamiento de acondicionamiento para el desarrollo de fuerza y resistencia fue una estrategia óptima para el manejo de las lesiones. <sup>31</sup>

La nutrición y las ayudas ergogénicas pueden jugar un papel importante en la prevención y la recuperación de lesiones musculares, pudiendo actuar a diferentes niveles, como la prevención de la fatiga muscular, el alivio del dolor musculoesquelético o la recuperación posterior una vez la lesión se ha producido. Hay que destacar que, en la etiopatogenia de la lesión, la aparición de la fatiga muscular y su comienzo durante los ejercicios de alta intensidad presenta un papel primordial.

El monohidrato de creatina, por ejemplo, muestra una fuerte evidencia de mejora de la respuesta adaptativa al ejercicio, así como una reducción de síntomas o una mejoría en la recuperación del daño muscular. Además, también parece tener un efecto positivo tras períodos de inmovilidad extrema, que pueden estar relacionados causados por una lesión previa.

Los efectos del HMB sobre el daño muscular no están claros, sin embargo, hay evidencia sólida de la utilidad de este suplemento tras períodos de inactividad extrema o recuperación de una lesión. Esto se debe a la eficacia del HMB para frenar el proceso de catabolismo muscular en sujetos poco entrenados o personas sedentarias.

Por otro lado, los efectos antiinflamatorios de los ácidos grasos omega-3 parecen reducir el daño muscular y la recuperación tras el ejercicio. La Vitamina C o el colágeno también pueden tener beneficios funcionales, así como favorecer la recuperación de una lesión. Otros suplementos que pueden tener importancia en la prevención o recuperación de lesiones son:

- Taurina: Existen estudios que relacionan este suplemento con la reducción de la lesión muscular durante la actividad física.
- Arginina: Su suplementación se recomienda en dosis de 2-3 g/día para deportistas que están en proceso de recuperación de una lesión y permanecen inactivos.
- Vitamina D: En los últimos años ha crecido el número de estudios en relación con este nutriente y su papel en la prevención de lesiones
- Para evitar o aliviar las lesiones condrales, podemos destacar sustancias como el sulfato de condroitina, el sulfato de glucosamina o el ácido hialurónico (ampliamente usados por deportistas para mejorar el rendimiento de manera indirecta). <sup>1, 20</sup>

## 8. Discusión

El rugby en todas sus variantes es un deporte que cada vez se practica más en todo el mundo, aumentando por tanto el interés por los factores que lo influyen. La información actualizada sugiere que es un deporte en el que se da una interacción entre fuerza y resistencia, tanto en el entrenamiento como a nivel competitivo. Sin embargo, en la búsqueda bibliográfica hay un número notablemente inferior de artículos referidos al entrenamiento de resistencia en el rugby. Lo más probable es que este hecho se deba a que el rugby ha sido considerado durante muchos años como un deporte donde el factor más importante era el desarrollo de la fuerza.

La fuerza, a diferencia de la resistencia, se ha relacionado con el rugby desde sus inicios, siendo posiblemente este el motivo por el que hay una cantidad de información disponible.

El desarrollo de fuerza es, en efecto, un factor clave en el rugby, y tiene una gran relevancia tanto en los entrenamientos como en los eventos competitivos. Es importante que los entrenamientos sean pautados por un profesional, basándose en la evidencia actual. De este modo, parece que el punto en común de los diferentes estudios para evitar el sobreentrenamiento, fatiga muscular y, en general, lesiones, es un entrenamiento adecuado, con una nutrición óptima, asegurando siempre el tiempo de recuperación necesario. Además, parece ser que la fuerza no solo reduce la frecuencia y gravedad de lesiones por sí misma, sino que está íntimamente relacionada con la composición corporal, teniendo una relación que, de acuerdo con algunas investigaciones, no solo afecta al rendimiento, sino que puede también influir en la incidencia de lesiones en general, pero más frecuentemente en el rugby. Esta sería, entre otras, una de las razones por las que la composición corporal es importante en este deporte, dado que no supondría solo una mejora en el desempeño de los jugadores, si no que podría jugar un papel protector en los mismos, de acuerdo con Gabbett y cols. <sup>7</sup>

La resistencia, por otro lado, representa la capacidad aeróbica que tiene el organismo de aguantar un esfuerzo prolongado, o recuperarse más rápidamente tras su realización. Todas las referencias bibliográficas coinciden en la importancia de la nutrición en el desarrollo de ambas capacidades, tanto fuerza como resistencia. Como se ha indicado anteriormente, la investigación sobre el desarrollo aeróbico en el rugby es mucho más reciente con respecto a la de fuerza. Parece que las adaptaciones metabólicas en el  $\text{VO}_2$  máx. dependen fundamentalmente de los entrenamientos, ya su vez estas adaptaciones pueden tener relación con la prevención de lesiones en este tipo de actividad. De este modo, los jugadores profesionales de rugby tienen un  $\text{VO}_2$  máx. superior con respecto a los jugadores amateur, que tienen una capacidad aeróbica máxima mucho menos desarrollada, posiblemente debido a una menor frecuencia e intensidad de los entrenamientos. Por otro lado, la mayoría de los estudios coinciden en que las capacidades de resistencia de delanteros y defensas son bastante similares, pese a desarrollar diferentes actividades durante los partidos. Brewer y cols. midieron un  $\text{VO}_2$  máx. de 56 y 55 ml/kg/min en delanteros y defensas, respectivamente. Este hecho se debe muy probablemente a que, pese a que en los partidos tengan diferentes funciones, los entrenamientos sean similares para ambas demarcaciones. Sin embargo, pese a que en la mayoría de casos no se han encontrado diferencias entre delanteros y defensas, un estudio realizado por O'Connor encontró diferencias significativas en las diferentes demarcaciones. Puede ser que las diferencias entre ambos estudios se deban al nivel de juego de los jugadores de rugby, habiendo más diferencias según demarcación en los entrenamientos de jugadores profesionales en comparación con los de jugadores amateur.

Por otro lado, los requerimientos nutricionales en los jugadores de rugby han sido ampliamente estudiados a lo largo de los años. En general, las recomendaciones de grasas, vitaminas y minerales no presentarían diferencias significativas con respecto a la población general, con algunas puntualizaciones. En cuanto a los minerales, hay estudios que sugieren que hay deficiencia de algunos de ellos en el ejercicio prolongado, de modo que se podría dar el caso en el que asegurar un aporte adecuado de estos mejore el rendimiento bajo ciertas condiciones, de acuerdo con Kreider y cols en el documento de revisión de la ISSN. Algunos ejemplos que se han encontrado en la búsqueda bibliográfica podrían ser el calcio para el mantenimiento de la densidad ósea, la suplementación con hierro, el fosfato de sodio, que parece que podría aumentar el  $\text{VO}_2$  máx. ayudando por tanto a aquellas adaptaciones anteriormente mencionadas en el ejercicio de resistencia, o la sal en la primera etapa del entrenamiento, que ayuda a mantener el equilibrio hídrico y a prevenir la deshidratación. Sin embargo, no hay mucha información acerca de la utilidad de los minerales en el rugby, posiblemente debido a que su efecto ergogénico, aunque parece existir, es muy inferior al de otros suplementos que despiertan mayor interés en la comunidad científica.

La hidratación, por otro lado, es un factor clave tanto en el rugby como en cualquier deporte prolongado. La evidencia sugiere que hay que mantener una hidratación abundante y regular sin esperar la llegada de la sensación de sed. Además, parece ser que la hidratación depende del momento de ejercicio en el que se encuentre el atleta.

Por otro lado, dado que el gasto energético en los jugadores profesionales de rugby puede llegar a ser exageradamente elevado (llegando a duplicar o triplicar los requerimientos calóricos de otros deportes o de jugadores amateur) puede darse una sorprendente situación en la que los jugadores se encuentren en un déficit energético, de acuerdo con la ISSN. Parece que la cantidad de fuentes bibliográficas que hacen referencia a este hecho es bastante limitada, debido muy probablemente a que es difícil imaginar que se pueda estar dando esta situación en un deporte como el rugby, donde se da tanta importancia a la fuerza y la composición corporal de los jugadores. Sin embargo, este hecho podría tener consecuencias más graves de lo que se podría pensar en un primer momento, ya que no solo podría suponer un cambio en la composición corporal de los atletas, con lo que ello implica, sino que es posible que pudiese disminuir el rendimiento de los mismos al no cubrir los requerimientos e incluso exponerlos a una situación de sobreentrenamiento con el consiguiente riesgo de lesión.

Los requerimientos proteicos en el rugby están aumentados. En este contexto, la ingesta adecuada de proteína ha demostrado ser indispensable en estos atletas, dada la importancia del entrenamiento de fuerza en este deporte, ya que el balance nitrogenado negativo puede llevar a la fatiga muscular y, por lo tanto, aumentar el riesgo de lesiones. En este contexto, y dada la dificultad de cubrir los requerimientos proteicos mediante la alimentación, podrían ser útiles los suplementos dietéticos de cara a la prevención de la fatiga muscular y de lesiones deportivas. Para ello se podría recomendar complementar la dieta con suplementos de proteína de elevado valor biológico como el suero, la caseína, proteína de la leche en polvo, etc. Es importante recordar que, al igual que en la nutrición deportiva o en cualquier tipo de suplementación, es importante que un profesional de la nutrición y dietética supervise el uso de estos complementos alimenticios e individualice la suplementación, ya que hay situaciones en las que un exceso de proteína puede producir más perjuicio que beneficio, como podría ser el daño renal, y habría que tenerlo en cuenta.

En cuanto a los hidratos de carbono, parece ser que los trabajos publicados con respecto a los requerimientos no son muy abundantes. Posiblemente esto se deba a que tradicionalmente los hidratos de carbono se han relacionado con el ejercicio de resistencia y esta no se ha considerado un factor relevante en el rugby hasta hace relativamente poco tiempo. Sin embargo, actualmente es evidente la necesidad de aportar unos niveles adecuados de hidratos de carbono en este deporte para el mantenimiento y recuperación del glucógeno muscular tras el ejercicio. El aporte de hidratos no solo es necesario desde el punto de vista de los requerimientos calóricos, sino que, al igual que el resto de nutrientes con potencial ergogénico, puede jugar un papel importante en la prevención de lesiones mediante el mantenimiento y síntesis de glucógeno.

De este modo, es muy importante consumir las cantidades adecuadas de hidratos de carbono en los 3 momentos clave (antes, durante y después del ejercicio). Además, de acuerdo con los documentos de consenso de la IOC, la ISSN y la ACSM, parece ser que sería recomendable consumir hidratos de carbono acompañados de una pequeña cantidad de proteína en las horas posteriores a un entrenamiento o un partido para optimizar la recuperación y resíntesis de glucógeno y muscular y ejercer esa función de prevención anteriormente mencionada.

Por otro lado, actualmente hay una gran cantidad de información sobre la importancia de una determinada composición corporal de acuerdo a las distintas posiciones de juego, sin embargo, no siempre fue así. La información relativa a ello es relativamente reciente, posiblemente debido a que antes no se consideraba que la composición corporal tuviese tanta relevancia en un deporte de colisión y actividad intermitente como el rugby, de modo que la mayoría de los jugadores presentaban un somatotipo similar. Actualmente, parece que la mayoría de los estudios coinciden en la importancia de la cantidad de masa grasa y de masa muscular en el rendimiento durante los partidos según la posición de juego. El punto en común en común de los diferentes estudios es que los delanteros tienden a presentar una mayor masa grasa acompañada de una gran cantidad de masa muscular, siendo jugadores robustos, mientras que los defensas presentan menos masa grasa. Sin embargo, parece que la composición corporal también varía según los distintos niveles de juego, prestando más atención a la misma y mejorándola cuanto mayor es el nivel, probablemente debido a una mayor especificidad de los entrenamientos.

Es debido a la importancia de la composición corporal que se debería insistir en que los equipos de rugby cuenten con un Dietista-Nutricionista, no solo para elaborar un plan de alimentación adecuado a cada objetivo específico, sino también para la pauta y asesoramiento de aquellas ayudas ergogénicas que pueden tener un efecto beneficioso sobre la composición corporal de los jugadores.

Por último, es importante puntualizar algunos aspectos con respecto a las ayudas ergogénicas. Parece que los suplementos nutricionales de eficacia demostrada se han estudiado ampliamente desde el ámbito puramente ergogénico, es decir, de potenciación del rendimiento deportivo. En cambio, la información que se ha encontrado sobre la utilidad de dichos suplementos en la prevención y recuperación de lesiones deportivas es mucho más reducida, limitándose a dedicarle a este ámbito algún comentario o párrafo aislado en los estudios consultados.

En el caso de la creatina, por ejemplo, existe una gran cantidad de información y su efectividad ha sido ampliamente demostrada, así como sus dosis, momentos, etc. Sin embargo, en esta revisión se ha podido comprobar que en la inmensa mayoría de artículos sobre la creatina en el rugby se insiste exclusivamente en su efecto anabolizante y potenciador del rendimiento deportivo. Sin embargo, hay estudios que sugieren que la creatina también es importante desde el punto de vista anticatabolizante.

Esta función, a diferencia de su potencial ergogénico, ha sido escasamente estudiada y la información relativa a la misma es mucho más limitada, llegando a no encontrar fuentes de información sobre sus efectos anticatabolizantes en jugadores de rugby en particular.

De acuerdo con las fuentes consultadas, parece ser que la creatina puede jugar un papel importante en la prevención de la fatiga muscular, de acuerdo con el documento de consenso de la FEMEDE. Es probable que este efecto se deba a la utilización de iones de hidrógeno para la síntesis de ATP, limitando por tanto la fatiga muscular y teniendo un papel importante en la prevención de lesiones principalmente en los ejercicios cortos de actividad intensa. Esta información permite suponer que pueda resultar de utilidad durante los partidos de rugby, ya que, como se ha mencionado anteriormente, hay una constante intermitencia de actividad intensa con períodos de mayor “descanso”.

Con respecto al HMB, parece que es un suplemento que tiene una gran importancia para el tratamiento de lesiones deportivas. De acuerdo con el documento de consenso del IOC, el HMB es especialmente útil para evitar el catabolismo muscular, sobre todo, tras períodos de inactividad o bajo nivel de entrenamiento. Este hecho se podría traducir en que no solo puede resultar de utilidad para la evitar la pérdida muscular en sujetos poco entrenados, sino que, de acuerdo con esta revisión, resultaría importante de cara a la conservación muscular tras un período de sedentarismo asociado a una lesión, de modo que habría que tener en cuenta este suplemento de cara al mantenimiento de la composición corporal, siempre pautado por un profesional en la materia.

En este mismo contexto, el bicarbonato puede ser otra de las ayudas ergogénicas que presentan utilidad en el tema que nos concierne, es decir, la prevención de la fatiga muscular. La fatiga se produce, entre otros motivos, por la acumulación de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}^+$ , de modo que el efecto alcalinizante del bicarbonato podría ser interesante, especialmente en situaciones de actividad física intensa anaeróbica.

Sin embargo, sería necesario puntualizar que los suplementos que se han ido mencionando podrían presentar únicamente un papel protector en aquellas situaciones en las que la fatiga muscular es el principal motivo de la lesión. Esto quiere decir que, en las lesiones de tipo mecánico, es decir, aquellas que se dan por colisiones (siendo estas muy frecuentes en el rugby de acuerdo con Brooks y cols.), los suplementos podrían no tener ese papel protector al no tener la fatiga tanta implicación.

Por último, la B-Alanina, al igual que los otros suplementos, también puede desempeñar un papel protector frente a la fatiga (actuando como tampón, antioxidante, etc.). Sin embargo, la información relativa a la B-Alanina es bastante escasa en comparación a las otras ayudas ergogénicas tratadas en esta revisión.

Esto posiblemente se deba a que el primer documento de consenso que trata la B-Alanina como ayuda ergogénica data del 2015, de modo que no ha habido tiempo para realizar muchos estudios de calidad.

Es por ello que son necesarios más estudios sobre el efecto y el posible beneficio de la B-Alanina en particular y de las demás ayudas ergogénicas en general de cara a la prevención y recuperación de las lesiones deportivas. Es importante incidir en este ámbito, ya que el efecto de estos suplementos sobre el rendimiento ha sido ampliamente estudiado y, aunque también es muy importante su potencial ergogénico, no es exageración considerar que el hecho de evitar la aparición de lesiones y, por tanto, el perjuicio de la carrera deportiva del atleta, es igualmente relevante.

## 9. Conclusiones

- Una nutrición adecuada, así como la utilización de determinadas ayudas ergogénicas nutricionales permiten el mantenimiento de la salud, así como la minimización de la aparición de lesiones y la mejoría del rendimiento deportivo en el rugby, el cual tiene unas características particulares, como es la interacción de la fuerza y la resistencia.
- Los requerimientos nutricionales del jugador de rugby son diferentes con respecto a la población general, a otros deportistas o, incluso dentro del rugby, entre los diferentes niveles de competición. Los principales nutrientes que hay que tener en cuenta son las proteínas y los hidratos de carbono, así como la interacción entre los mismos y sus momentos de consumo para conseguir de manera óptima el efecto que se busca.
- Existe una evidencia sólida de la efectividad de ciertas ayudas ergogénicas en la mejora del rendimiento deportivo. Sin embargo, la información sobre su utilidad en las lesiones deportivas y las situaciones perjudiciales para la salud es mucho más reducida. La prevención de dichas lesiones abarca multitud de factores: pudiendo ser nutricionales, así como un entrenamiento y recuperación adecuados y, en caso de ser necesario, ayudarse de suplementos que disminuyan la fatiga muscular.
- La composición corporal ha demostrado ser un factor esencial en el rendimiento de los jugadores de rugby dependiendo de su demarcación dentro del juego. Es por ello, que hay que prestar atención a cubrir los requerimientos nutricionales de acuerdo con los objetivos de composición corporal que se tengan. En este contexto, las ayudas ergogénicas que mejoran la composición corporal pueden tener un papel importante.
- El rugby es un deporte que tiene una incidencia de lesiones mucho más elevada que otros deportes de equipo. Es por ello que es especialmente necesario hallar más información sobre ello en este tipo de actividad.
- La figura del Dietista-Nutricionista es esencial de cara a la elaboración de las estrategias nutricionales en deportistas. Para ello es necesario detectar y distinguir el problema nutricional, de manera que se pueda elaborar un plan de alimentación concreto para solventarlo. Además, es importante para la adecuada indicación de ayudas ergogénicas.

## 10. Bibliografía

- 1- *Maughan R.J, Burke L.M, Dvorak J, Larson-Meyer D.E, Peeling P, Phillips S.M, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med. 2018; 52: p. 439-455*
- 2- *Skeletal Muscle Strain Injuries and the Connective Tissue: optimal Nutritional Strategies During Rehabilitation After Acute Muscle Strain Injuries. 31/10/2019*
- 3- *Shaw G, Serpell B, Baar K. Rehabilitation and nutrition protocols for optimising return to play from traditional ACL reconstruction in elite rugby union players: A case study. J Sports Sci. 2019; 37(15): p. 1794-1803.*
- 4- *Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, et al. ISSN exercise and sport nutrition review: research and recommendations. Int J Soc Sports Nutr. 2010; 7(7): p. 1-43.*
- 5- *Brazier J, Antrobus M, Stebbings G, Day S.H, Heffernan S.M, Cross M.J. et al. Tendon and Ligament Injuries in Elite Rugby: The Potential Genetic Influence. Sports (Basel) 2019; 7(6): p. 138.*
- 6- *Johnston RD, Gabbett TJ, Jenkins DG. Applied sport science of rugby league. Sports Med. 2014; 44(8): p. 1087-1100*
- 7- *Gabbett T, King T. and Jenkins D. Applied Physiology of Rugby League. Sports Med 2008; 38(2): p. 119-138.*
- 8- *Coutts A, Reaburn P, Piva T.J, Murphy A. Cambios en medidas bioquímicas, de fuerza muscular, de potencia y de resistencia seleccionadas durante el sobrealcance deliberado y la disminución gradual en jugadores de la Liga de Rugby. Int J Sports Med 2007; 28(2): p. 116-124.*
- 9- *Suchomel TJ, Nimphius S, Bellon CR, Stone MH. The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. Sports Med. 2018; 48(4): p. 765-785.*
- 10- *Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med. 2018; 52(7): p. 439-455.*
- 11- *Weineck J. Fútbol Total: Entrenamiento físico del futbolista (Título original: Optimates Football Training). Vol. 11, 4ª Edició. Editorial Paidotribo; 2017*

- 12- Moore D.R, Camera D.M, Areta J.L, Hawley J.A: *Beyond muscle hypertrophy: why dietary protein is important for endurance athletes. Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2014; 39: p. 987–997
- 13- Stokes T, Hector AJ, Morton RW, McGlory C, Phillips SM. *Recent perspectives regarding the role of dietary protein for the promotion of muscle hypertrophy with resistance exercise training. Nutrients.* 2018; 10(2): p. 1-18
- 14- Potgieter S. *Sport nutrition: a review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sports Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. S Afr J Clin Nutr.* 2013; 26(1): p. 6-16.
- 15- Sawka M.N. Burke L.M, Eichner E.R, Maughan R.J, Montain S.J, Stachenfeld N.S. *Ejercicio y Reposición de líquidos. Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39(2): p. 377-390
- 16- Martínez-Sanz J.M, Urdampilleta A, Mielgo-Ayuso J, Janci-Irigoyen J. *Estudio de la composición corporal en deportistas masculinos universitarios de diferentes disciplinas deportivas. Cuadernos de Psicología del Deporte,* 2012; 12(2), p. 89-94
- 17- González E. *Body composition: Assessment and clinical value. Endocrinología y Nutrición,* 2013; 60(2), p. 69-75
- 18- Aragon A.A, Schoenfeld B.J, Wildman R, Kleiner S, VanDusseldorp T, Taylor L. et al. *International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. J Int Soc Nutr,* 2017; 14(16), p. 1-19
- 19- Twist C, Highton J, Waldron M, Edwards E, Autsin D, Gabbett T.J. *Movement Demands of Elite Rugby League Players During Australian National Rugby League and European Super League Matches. Int J Sport Physiol.* 2014; 9, p. 925-930
- 20- Antuñano N.P.G, Manonelles P, Blasco R, Franco L, Gaztañaga T, Manuz B. et al. *Suplementos nutricionales para el deportista. Ayudas ergogénicas en el deporte. Documento de consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte.* 2019
- 21- Suárez E. *Efectos de la creatina en el rendimiento deportivo. Universidad de Cataluña (TFM Nutrición y Salud).* 2019

- 22- Gonzalez J, Ribas J. *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE publicaciones. 2002.
- 23- Sánchez-Medina L, González-Badillo JJ. *Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training*. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;
- 24- Carpinelli RN. *The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier-is-better recommendation for resistance training*. *Journal of Exercise Science and Fitness*. 2008.
- 25- Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. *Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European college of sport science and the American College of Sports Medicine*. *Med Sci Sports Exerc*. 2013
- 26- Haff GG, Triplett NT. *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*, NSCA. *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico*, NSCA. 2017.
- 27- Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, et al. *International society of sports nutrition position stand: Beta- Alanine*. *J Int Soc Sports Nutr*. 2015; 12 (30)
- 28- Domínguez R, Lougedo JH, Maté-Muñoz JL, Garnacho-Castaño MV. *Efectos de la suplementación con  $\beta$ -Alanina sobre el rendimiento deportivo*. *Nutr Hosp*. 2015; 31 (1), p. 155-169
- 29- Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, Kreider R, Campbell B, Wilbron C, et al. *International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance*. *J Int Soc Nutr*. 2010; 7 (5)
- 30- Kevin M, Kaplan MD, Goodwillie A, Eric J, Strauss MD, Jeffrey E, et al. *Rugby Injuries. A review of concepts and current literatura*. *Bull NYU Hosp Jt Dis*. 2008; 66 (2), p. 86-9
- 31- Brooks JHM, Fuller CW, Kemp SPT and Reddin DB. *A prospective study of injuries and training amongst the England 2003 Rugby World Cup squad*. *Br J Sports Med*. 2005; 39, p. 288-293