CAPÍTULO 9

Nutrición y Suplementación en la Rehabilitación Deportiva

Nutrition and Supplementation in Sports Rehabilitation

Luis Hebert Palma Pulido
Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA); Universidad del Valle; Nutrición deportiva Inter de Palmira (Cortulua)
https://orcid.org/0000-0001-8751-1636
lpalma@uceva.edu.co

Resumen

Este capítulo tiene como objetivo ofrecer pautas específicas relacionadas con la nutrición y la suplementación, centrándose tanto en la prevención de lesiones como en los procesos de rehabilitación deportiva. En primer lugar, se analiza el gasto energético diario total en diferentes perfiles de individuos, diferenciando entre personas activas y sedentarias, y se explica cómo este gasto puede variar considerablemente cuando un deportista pasa por un proceso postoperatorio o sufre alguna lesión. La importancia de una adecuada ingesta de nutrientes durante las distintas fases de recuperación es otro aspecto destacado del capítulo, donde se aborda en detalle el consumo de macro y micronutrientes esenciales para optimizar la recuperación y apoyar la reparación de tejidos. Igualmente, se subraya la relevancia de mantener una buena hidratación, que muchas veces es olvidada, ya que una correcta hidratación ayuda a reducir la fatiga muscular y prevenir lesiones asociadas a desequilibrios de líquidos. Para facilitar la implementación de recomendaciones, se proponen protocolos sencillos y accesibles, útiles tanto para atletas como para entrenadores, que contribuyen a mejorar el estado físico y prevenir complicaciones. Finalmente, se describen los principales suplementos que pueden acompañar a los deportistas en las diferentes

Cita este capítulo / *Cite this chapter*

Palma Pulido LH. Nutrición y suplementación en la rehabilitación deportiva. En: Calero Saa PA, editor. Elementos básicos de la rehabilitación deportiva: una mirada multidisciplinaria. Tomo III: rehabilitación y readaptación deportiva. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali; 2026. p. 375-426. https://doi.org/10.35985/9786287914179.9

etapas de rehabilitación, incluyendo la creatina, proteínas, ácidos grasos esenciales, entre otros, señalando su papel como coadyuvantes para favorecer la recuperación muscular, mejorar el rendimiento y facilitar la reintegración a la actividad deportiva tras una lesión.

Palabras Clave: Nutrición en el Deporte, Rehabilitación, Volver al Deporte

Abstract

This chapter aims to offer specific guidelines related to nutrition and supplementation, focusing on both injury prevention and sports rehabilitation processes. First, it analyzes total daily energy expenditure in different individual profiles, differentiating between active and sedentary individuals, and explains how this expenditure can vary considerably when an athlete undergoes a postoperative process or suffers an injury. The importance of adequate nutrient intake during the different recovery phases is another highlight of the chapter, which addresses in detail the consumption of essential macro- and micronutrients to optimize recovery and support tissue repair. It also emphasizes the importance of maintaining good hydration, which is often overlooked, as proper hydration helps reduce muscle fatigue and prevent injuries associated with fluid imbalances. To facilitate the implementation of recommendations, simple and accessible protocols are proposed, useful for both athletes and coaches, that contribute to improving physical fitness and preventing complications. Finally, the main supplements that can be used by athletes during the different stages of rehabilitation are described, including creatine, protein, essential fatty acids, among others, highlighting their role as adjuvants in promoting muscle recovery, improving performance, and facilitating return to sports activities after an injury.

Keywords: *Nutrition in Sport, Rehabilitation, Return to Sport*

Introducción

Para nadie es un secreto que el deporte y en especial aquel que tiene un enfoque hacia el alto rendimiento puede generar la aparición de diversas lesiones, las cuales pueden ser principalmente óseas, ligamentarias, tendinosas y musculares. Esto se da por los niveles tan altos de entrenamiento y competencias a los que es sometido un atleta. Un ejemplo claro de ello, es que jugadores de fútbol que compiten 2 veces a la semana, tienen tendencia a lesionarse 6,2 veces más, que aquellos que solo juegan una vez por semana (1), además, dicha lesión es ocasionada en gran medida por la realización de movimientos repetitivos.

Para conocer la cantidad de lesiones o por lo menos generar una idea general de las personas que pasan por esto, hablando de la parte recreacional, la National

Safety Council (2), entrega datos que van desde el 2013 al 2022, evidenciando que es en los centros de acondicionamiento físico o gimnasios donde se producen la gran mayoría de lesiones, mientras que el ciclismo, baloncesto y futbol ocupan el segundo, tercero y cuarto lugar, respectivamente (2). La incidencia de las lesiones se estable de acuerdo a la cantidad de lesiones que presenta un deportista por cada 1000 horas, ya sea de entrenamiento o competencia (1). Para entregar un dato relacionado con lo anterior, en EEUU entre los atletas universitarios, se evidencia una tasa anual de aproximadamente 9,2 lesiones por cada 1000 horas de exposición de los deportistas, siendo las tendinitis y fracturas por estrés las lesiones más comunes (3).

Ahora bien, dentro de las variables a tener en cuenta tanto para evitar lesiones como para mejorar su recuperación cuando ya existen, se tienen estrategias que entregan datos importantes de cada uno de los atletas, Brown et al. (4) nos brindan las siguientes:

- Pruebas físicas que determinaran la capacidad cardiorrespiratoria y de fuerza de los atletas, con estos resultados se manejan las cargas para mejorar la performance deportiva
- Datos de composición corporal, arrojan resultados importantes en lo que corresponde a la masa muscular, grasa, tejido óseo, residual y piel
- Pruebas específicas de laboratorio para conocer niveles de fatiga, inflamación, genes, microbiota, función inmune y estado nutricional general.
- Pruebas de bienestar, con ello se conoce el estado actual del deportista en lo que respecta a su recuperación y calidad de vida
- Test de hidratación. Determina los niveles de electrolitos y agua que pierde el deportista después de entrenar
- Dispositivos portátiles para la carga interna. Aquí se puede monitorear de forma precisa la calidad del sueño y variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Lo anterior debería ser una constante en todos los deportes, además de contar con un departamento médico especializado que pueda atender sugerencias por parte de los deportistas y obviamente responder de forma eficaz cada una de las demandas de los atletas tanto en la parte médica, nutricional y de fisioterapia. Claro está que, esto lastimosamente no se cumple o por lo menos en el deporte amateur.

Después de mencionar de forma general algunos conceptos, a continuación, se ahondará en la variable objeto de estudio de este capítulo, es decir, la nutrición, pero la nutrición aplicada tanto a disminuir el riesgo de lesión en atletas, como la utilización de estrategias nutricionales en la recuperación de ellas. La nutrición es entonces, el proceso biológico en el que los organismos asimilan y utilizan los nutrientes y la energía para el crecimiento y el mantenimiento de las funciones normales, (5), sin embargo, es el estado nutricional lo que para muchos interesa realmente, en este caso los mismos autores determinan esto como la resultante del equilibrio entre el consumo y el gasto de energía y de nutrientes.

Continuando con lo anterior y discriminado este capítulo de acuerdo a la temática central, en primera instancia se explicará cómo hallar las calorías que requiere un atleta, teniendo en cuenta si tiene algún tipo de lesión o no, seguido a ello, se describirán las propiedades de los macronutrientes (proteínas, carbohidratos y grasas), ya que finalmente son estos los que pueden intervenir de una u otra forma en procesos pro o antiinflamatorios, ganancia de masa grasa o muscular e incluso en la recuperación de la fuerza, adicional a ello, se mencionaran los micronutrientes (vitaminas y minerales) que más actúen en esta población, ya que son esenciales para que los procesos metabólicos se puedan dar de forma satisfactoria y por último se indicarán los suplementos que pueden ayudar tanto a evitar la aparición de lesiones como a mejorar los procesos de recuperación cuando estas ya existen.

Requerimiento Energético Estimado (Ree) o Gasto Energético Diario Total (GEDT)

Antes de iniciar cualquier proceso nutricional se debe conocer la cantidad de energía ingerida y la que gastan los atletas en su día a día, esto es conocido como gasto energético total (GEDT), para ello, existen muchas formas de obtenerlo como lo es la calorimetría directa, indirecta, agua doblemente marcada y métodos generados por fórmulas. Un dato curioso es que la cantidad de energía que se requiere durante las primeras fases de rehabilitación tiende a aumentar hasta un 20% más de lo normal, esto ocurre porque el cuerpo se encuentra en un proceso muy catabólico y requiere de dicha energía para iniciar procesos de curación, (1). A continuación, se describirán de forma general las mencionadas con anterioridad, profundizando un poco en las fórmulas, ya que es uno de los métodos que más se utiliza en los diferentes clubes por su economía y rápidos resultados.

Calorimetría directa: El GEDT puede determinarse por la medición de la cantidad de calor producida por el organismo. Esto se realiza en cámaras herméticas con paredes aislantes, en donde se confina al sujeto y se registra el calor almacenado y el perdido por radiación, convección y evaporación; se precisa un mínimo de seis horas para estabilizar el sistema (6).

Calorimetría indirecta: Bajo el supuesto de que la energía química de un sustrato se obtiene en el organismo tras su completa oxidación con el consiguiente consumo de oxígeno y liberación de dióxido de carbono y agua, es posible estimar la cantidad de calor total producido en el organismo a partir de la determinación del volumen de ambos gases, (6), esto por medio del coeficiente respiratorio, ya que refleja el metabolismo de los nutrientes que se utilizan, (7)

Agua doblemente marcada: es un método indirecto que usa isótopos estables de deuterio y oxígeno para rastrear la producción de dióxido de carbono del cuerpo en humanos, durante la vida cotidiana. Las ventajas de este método son, que no se necesita colocar a la persona en una cámara cerrada (como en la calorimetría), ni siquiera es necesario que esté en actividad física y use un espirómetro, sino que simplemente se tome un vaso de agua marcada con los isótopos y siga con su vida cotidiana fuera del laboratorio por un tiempo determinado, (8). Este método consiste en determinar la diferencia en la tasa de eliminación de dos isótopos (deuterio/2 H2 y O18), que contienen agua (2 H2O18), esta diferencia equivale a la producción de dióxido de carbono (CO2).

Una condición previa necesaria del método del agua doblemente marcada es que el O2 del CO2 espirado esté en equilibrio con el O2 del agua corporal. Igualmente se debe tener en cuenta que la concentración de O2 marcado en el agua corporal disminuirá con el tiempo debido a la pérdida de CO2, por medio de la espiración y a través del agua corporal excretada, es decir, la orina, la respiración y la transpiración (9).

Métodos indirectos basados en fórmulas: como se ha descrito, los métodos más confiables para determinar las calorías que un sujeto requiere en su día, son complejos de realizar, ya sea por su costo o por carencia de la tecnología, es por ello por lo que, de los anteriores nacen otras formas mediadas por fórmulas para determinar dicho gasto de energía/día, dentro de ellos tenemos el método factorial y método combinado**.** El primero hace referencia a que después de conocer el gasto en reposo (GER) o tasa metabólica basal (TMB), la cual se puede determinar por medio de ecuaciones como la de Harris y Benedict (1919), Mifflin, et al. (1990), Cunningham (1980), entre otras, se debe multiplicar este

resultado por el factor de actividad física que varía de 1.2 si la persona realiza una actividad física mínima y hasta 2.0 o más si es intensa (10).

Fórmula para hombres de Mifflin (1990)
(10 * Peso) + (6,25* talla) – (5 * edad) + 5.

Fórmula para mujer de Mifflin (1990)
(10*peso) + (6,15*talla) - (5*edad) +161

Después de hallar la tasa de metabolismo basal, el resultado se debe multiplicar por el nivel de actividad física (ver siguiente tabla)

Tabla 1. *Nivel de actividad física*

Descripción del estilo de vida	Ejemplo de ocupaciones	Nivel de actividad física (NAF)
En reposo o sedentarios o estar acostados	Ancianos, individuos enfermos o que no se pueden mover solos	1,2
Actividad muy sedentaria, trabajo sentado, poca o ninguna actividad	Empleados de oficina o mecánicos de precisión	1,4-1,5
Actividad sedentaria, trabajo sentado y con una caminata ocasional o actividad de pie, pero nada agotador	Personal de laboratorio, conductores, estudiantes o trabajadores de líneas de montaje	1,6-1,7
Trabajo que se realiza de pie o caminando	Amas de casa, vendedores, camareros, mecánicos, comerciantes	1,8-1,9
Trabajo laboral pesado o personas muy activas en su tiempo libre	Trabajadores de construcción, agricultores, trabajadores forestales, mineros o atletas de alto rendimiento.	2,0-2,4
Práctica deportiva significativa o actividad agotadora en tiempo libre, además de lo indicado de los otros puntos		Adicionar extra de NAF

Fuente: Tomado y adaptado de Barele, Adrian, (11).

Lo anterior es completamente válido para conocer las calorías en personas o deportistas sanas, no obstante, cuando ocurre una lesión, se debe revisar muy bien el nivel de actividad y el tipo de lesión para ajustar dichas calorías. Es por ello por lo que Smith-Ryan et al. (12), resumen lo que se debe hacer en caso de querer conocer la cantidad de calorías que necesita un deportista que ha pasado por una lesión (ver siguiente tabla).

Tabla 2. *Cálculo del gasto energético*

Tasa metabólica en reposo **=**	• Calorimetría indirecta • Harris Benedict Hombres: TMR= 66+(13.7x peso [kg]) + (5 x altura [cm]) – (6.8 x edad [años]) Mujeres: TMR = 655 + (9.6 x peso [kg]) + (1.8 x altura [cm]) – (4.7 x edad [y]) • Masa magra (Cunningham, 1980) • TMR = 370 + (21.6 X MLG [kg])
X **Nivel de actividad**	• Sedentario = 1.2 (poco o ningún ejercicio, trabajo de escritorio) • Ligeramente activo = 1.375 (ejercicio ligero, deportes 1-3 días/semana) • Moderadamente activo = 1.55 (ejercicio moderado/deportes 6-7 días/semana) • Muy activo = 1.725 (ejercicio intenso todos los días o ejercicio 2 veces/día) • Extra activo 1.9 (ejercicio intenso más de 2 veces/día; entrenamiento para eventos de resistencia larga).
X **Factor de estrés**	• Lesión menor (ejemplo, esguince de tobillo, dislocación) =1.2 • Cirugía menor = 1.2 • Herida limpia = 1.2 • Fractura ósea = 1.2 • Herida infectada = 1.5 • Traumatismo mayor (ejemplo, cirugía del ligamento cruzado anterior) = 1.5 • Quemadura grave = 1.5

Nota. TMR: tasa metabólica en reposo.

Fuente: *Tomado y adaptado al español de Smith-Ryan* (12).

Lo anterior se puede resumir de la siguiente forma:

Requerimientos energéticos diarios totales = TMB × *Factor de estrés* × *nivel de actividad.*

Ahora bien, teniendo ya el cálculo de las calorías que el deportista necesita (lesionado o no), lo siguiente a analizar son los macronutrientes.

Los carbohidratos (CHO) son, en su definición química, "polihidroxi aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos, sus derivados simples y sus polímeros con uniones de tipo acetal (13).

Dentro de los carbohidratos se encuentran diversas clasificaciones, siendo las más conocidas como monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, no obstante, Gómez et al. (14), entregan una taxonomía un poco más completa, involucrando los polialcoholes y una mejor distribución de polisacáridos, además de sustancias relacionadas, (ver tabla 25).

Tabla 3. *Discriminación de los carbohidratos*

Clase/grado de polimeración	subgrupo	componentes	Monómeros	Digestibilidad
Azúcares/1-2	Monosacáridos	Glucosa		+
		Galactosa		+
		Fructosa		+
	Disacáridos	Sacarosa	Glucosa y fructosa	+
		Lactosa	Glucosa y galactosa	±
		maltosa	Glucosa	+
		Trehalosa	Glucosa	+
Oligosacáridos/3-9	Maltooligosacáridos	Maltodextrinas	Glucosa	+
	Otros	Alfa-galactósidos	Galactosa y Glucosa	-
		Fructooligosacáridos	Fructosa y glucosa	-
		Polidextrosas	Glucosa	-
		Dextrinas resistentes	Glucosa	-
polialcoholes	Maltitol, sorbitol, xilitol, lactitol			±
Polisacáridos/>9	Almidones	Amilosa	Glucosa	±
		Amilopectina	Glucosa	±
		Almidones modificados	Glucosa	-
		Almidones resistentes	Glucosa	-
	Otros	Inulina	Fructosa	-
		Celulosa	Glucosa	-
		Hemicelulosa	Variable	-
		Pectinas	Ácidos urónicos	-
		Otros, hidrocoloides (gomas, mucilagos, beta glúcanos)	Variable	-

Fuente: Tomado y adaptado de Gonzales et al. (15)

Es de resaltar que, estos autores mencionan también los edulcorantes, los cuales pueden ser calóricos o acalóricos, (ver tabla 26). Así mismo, cabe recalcar que, en condiciones normales e incluso en momentos donde hay mucha exigencia

física o psíquica, los carbohidratos son la fuente principal del cuerpo en especial del cerebro, claro está, que, en algunos momentos como el ayuno prolongado o largas jornadas de actividades aeróbicas, otros macronutrientes como las grasas y algunos aminoácidos ayudan a la producción de energía

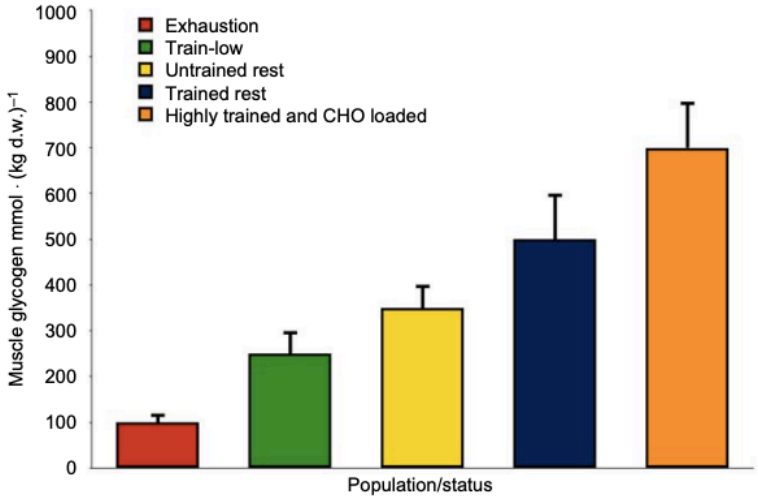
Tabla 4. *Edulcorantes calóricos y acalóricos*

	Calóricos	
Naturales	Azúcares	Sacarosa, glucosa, dextrosa, fructosa, lactosa, maltosa, galactosa, thehalosa, tagatosa, sucromalt
	Edulcorantes	Miel, jarabe de arce y de sorgo, azúcar de palma o coco
Artificiales	Azúcares modificados	Jarabe de maíz alto en fructosa, caramelo, azúcar invertido
	Alcoholes del azúcar	Sorbitol, xilitol, manitol, eritritol, maltitol, isomaltulosa, lactitol, glicerol
	Acalóricos	
Naturales	edulcorantes	Luo Han Guo, Stevia, taumatina, pentatina, monelina, brazeína
Artificiales	Edulcorantes	Aspartato, sucralosa, sacarina, neotamo, acesulfamo K, ciclamato, neohesperidina, dihidrocalcona, alutamo, advantamo

Fuente: Tomado y adaptado de Gómez et al. (14)

Ahora bien, el cuerpo no puede generar energía directamente de oligosacáridos o polisacáridos, así que estas moléculas deben ser convertidas en partículas más pequeñas como lo son los monosacáridos, es decir que todos los carbohidratos deben finalizar en galactosa glucosa y fructosa para poder ser absorbidos y así, pasar a la sangre portal, (16). Igualmente, se debe conocer que, la glucosa o en general los carbohidratos son indispensables, ya sea para obtener energía rápidamente como lo es por medio del sistema glucolítico, o generar ATP en mayor cantidad, pero de forma más lenta, como lo es el sistema de la glucólisis lenta (17). Es por ello que, tener niveles de glucógeno (ahorro de la glucosa) repletos en el músculo, hacen que el rendimiento sea mejor o por el contrario que la aparición de la fatiga se pronuncie más rápido y esto conlleve a una lesión (18).

Figura 1. *Variaciones en el almacenamiento de glucógeno muscular según el estado de fatiga, el estado de entrenamiento y la ingesta dietética de CHO*



Fuente: Tomado de Zoladz Jerzy (18)

La Imagen anterior, deja ver claramente diversos niveles de glucógeno en varias personas y momentos, indicando que es un macronutriente crucial para la práctica deportiva y para evitar la aparición de fatiga que puede generar lesiones.

Con relación al uso de CHO en fases de rehabilitación, existe todavía en algunas personas la creencia que se deben disminuir bastante para evitar la ganancia de masa grasa, no obstante, desde hace décadas atrás ya se hablaba de la importancia de este, tanto para evitar lesiones como su consumo durante las recuperaciones de ellas. Un ponente de esto fue Schlabach (19), donde deja claro que las reservas de glucógeno ayudan a evitar la fatiga y por ende posibles lesiones que se puedan presentar, ya que un músculo fatigado pierde fácilmente la fuerza y la capacidad de proteger las articulaciones, (19), es decir que, existe una relación directa entre este macronutriente y la respuesta del organismo hacia la fatiga y fuerza muscular. Igualmente, la ingesta simultánea de carbohidratos y proteínas ayuda a inhibir la degradación de proteína y por ende la atrofia muscular (20).

Siguiendo con la importancia del consumo de CHO en procesos de recuperación post lesión, estos aportan además de energía, funciones en el sistema inmune, hormonas y enzimas (21). La cantidad de carbohidratos que se deben utilizar

se debe individualizar, sin embargo, existen algunas recomendaciones que se pueden tener en cuenta en lo que respecta a la cantidad de por kg de peso día en personas que se encuentran en procesos de rehabilitación, esto es ideal que oscile que se encuentre de un 3 a 5 g/kg de peso/día o del 50 y 55% de las calorías totales, (22). Una recomendación principal es no sobrepasar el 60% de las calorías totales ya que puede afectar el trabajo del sistema inmune y los procesos de curación gracias a una hiperglucemia constante, adicional a esto, se debe tener en cuenta que dichos CHO deben ser en su gran mayoría complejos, dejando el consumo de simples, siempre por debajo del 10% por día.

Proteínas

Particularmente, las proteínas son moléculas que se distinguen estructuralmente de los carbohidratos y las grasas por la presencia del grupo amino (NH_2-). Las proteínas están compuestas de aminoácidos, 21 de los cuales son utilizados por cada célula del cuerpo para construir proteínas (23). Estas para poder absorberse necesitan ser catabolizadas a aminoácidos, proceso que está regulado la pepsina gástrica en el estómago y proteasas pancreáticas (24). Una característica especial de las proteínas es que existen de forma conjunta procesos de síntesis y degradación de proteínas. Lo anterior deja un recambio o *turnover,* que es más rápido para las proteínas de la mucosa intestinal, de los eritrocitos y de la piel y más lento para las proteínas del tejido conjuntivo y del sistema nervioso (25).

Cuando se da la degradación de proteínas, algunos aminoácidos se vuelven a utilizar en la resíntesis de las proteínas, no obstante, gran parte de ellas se cataboliza entre un 15-20% del total, lo que obliga a su reposición dietética (26).

Como se ha mencionado, las proteínas están compuestas por aminoácidos y estos están clasificados en esenciales y no esenciales. Los esenciales son los que el cuerpo no puede producir y por tal motivo se deben ingerir por medio de la dieta, mientras que los no esenciales el cuerpo los produce, sin embargo, Leaf en 2018 (27), entrega una tercera clasificación indicando que en ocasiones se deben consumir algunos de los aminoácidos que el cuerpo produce, a estos lo llama aminoácidos condicionalmente esenciales (27), (ver siguiente tabla).

Tabla 5. *Clasificación de los aminoácidos*

Aminoácidos esenciales	Aminoácidos no esenciales	Aminoácidos condicionalmente esenciales
Valina	Alanina	Arginina
Leucina	Asparagina	Cisteína
Isoleucina	Ácido aspártico	Glutamina
Histidina	Ácido glutámico	Glicina
Lisina	Serina	Prolina
Metionina		Tirosina
Fenilalanina		
Treonina		
Triptófano		

Fuente: Tomado y adaptada al español de Leaf (27)

Como se puede observan en la tabla anterior, se evidencian 3 clasificaciones cuando se ha descrito que solo existen aminoácidos esenciales y no esenciales, sin embardo, se realiza una tercera columna llamada aminoácidos condicionalmente esenciales, esto quiere decir que aunque el cuerpo los produce, en algún momentos se vuelven necesario consumirlos (27).

Dentro de las funciones de las proteínas, describe las siguientes (28):

- Las proteínas son esenciales para la contracción muscular.
- El sistema inmunológico se alimenta de proteínas y de algunos aminoácidos específicos.
- Toda persona necesita proteína, incluido niños (dependiendo del peso, igual la dosis), personas adultas e incluso con daño renal, esta última acompañada del especialista.
- Adicional, las proteínas tienen funciones de regulación, vías de señalización, transporte y generación de estructuras, siendo esta última una de las más importantes (29) .

Como se sabe, las proteínas forman en gran medida la masa muscular y por tal motivo cuando existe una lesión o un proceso donde el cuerpo deba quedarse inmóvil por algún tiempo, la perdida de músculo se incrementa de forma significativa y esto está influenciado directamente por el tiempo que dura toda la rehabilitación (30). En total se pierde aproximadamente 0,6% del área transversal de la zona muscular lesionada acompañada de una disminución del 50% en la síntesis de proteína por día (31), lo expuesto conlleva a que fácilmente se pierdan entre 150 a 400 g de músculo en las primeras semanas de la lesión. Algo que es incluso más preocupante que la reducción de masa muscular es que la fuerza puede llegar a verse reducida en un 9% con solo 14 días de inmovilización y la activación de vías catabólicas se aumenta (30). Similar fue lo encontrado por Hortobágyi, T, et al., donde después de 3 semanas de inmovilización de la pierna izquierda a 48 sujetos entre 20 y 30 años (24 hombres y 24 mujeres), se vieron reducidas las áreas de las fibras musculares de tipo I, IIa y IIx en un 13, 10 y 10 % respectivamente (32), además la fuerza excéntrica, concéntrica e isométrica también disminuyo en un 47%, esto puede deberse a una inflamación aguda, gracias al incremento de citocinas que inducen a la atrofia y pueden retrasar tanto la fuerza como la recuperación funcional (33). Por ello, es importante que por medio de la nutrición se busque reducir estos procesos catabólicos y optimizar los anabólicos con el fin de mantener la masa muscular y evitar al máximo la ganancia de masa grasa de forma excesiva (30).

Ahora bien, el objetivo del consumo de proteína y su importancia además de las mencionadas en este apartado, es que también puede incrementar la insulina y esta hormona es muy anabólica (34), siendo esto una de las cosas que se buscan en estos procesos, ya que la síntesis de proteína puede mejorar. El consumo de proteína promedio y de acuerdo a la persona, se puede evidenciar en las siguientes tablas (28), sin embargo en condiciones donde exista una inmovilización completa del segmento, la dosis que se debe utilizar es de 2.0 g/kg de peso/día, mientras que para responder al estrés metabólico propio del deporte, se deben ingerir 1.5 a 2.0 g/kg de peso/día (22) (21), incluso autores como Smith-Ryan, hablan de hasta 3.0 g/kg de peso/día con adición de 3 g de leucina en la población lesionada (12), ya que este aminoácido es el que desencadena el anabolismo (35)

Tabla 6. *A, B, C, D de consumo de proteína según la población*

Ingesta diaria óptima de proteínas para adultos sedentarios sanos

Peso corporal (lb)	Peso corporal (kg)	Extremo inferior (g)	Extremo superior (g)
100	45	54	82
125	57	68	102
150	68	82	122
175	79	95	143
200	91	109	163
225	102	122	184
250	113	136	204
275	125	150	225
300	136	163	245

Ingesta diaria óptima de proteínas para perder grasa (si tiene sobrepeso)

Peso corporal (lb)	Peso corporal (kg)	Extremo inferior (g)	Extremo superior (g)
100	45	54	68
125	57	68	85
150	68	82	102
175	79	95	119
200	91	109	136
225	102	122	153
250	113	136	170
275	125	150	187
300	136	163	204

a. Ingesta de proteína para sedentarios sanos. b. Ingesta proteína Sedentario con sobrepeso

c. Ingesta de proteína para deportista

d. Ingesta de proteína para ganar masa muscular con peso y masa muscular normal

Ingesta diaria óptima de proteínas para la ganancia muscular

Peso corporal (lb)	Peso corporal (kg)	Extremo inferior (g)	Extremo superior (g)
100	45	73	109
125	57	91	136
150	68	109	163
175	79	127	191
200	91	145	218
225	102	163	245
250	113	181	272
275	125	200	299
300	136	218	327

Ingesta diaria óptima de proteínas para deportistas

Peso corporal (lb)	Peso corporal (kg)	Extremo inferior (g)	Extremo superior (g)
100	45	64	91
125	57	79	113
150	68	95	136
175	79	111	159
200	91	127	181
225	102	143	204
250	113	159	227
275	125	175	249
300	136	191	272

Nota. Para levantadores de pesas experimentados y culturistas, el consumo de proteína puede llegar hasta 3.3 g/ kg de peso/día. *Fuente*: *Tomado de Editors of Examine* (28)

En la siguiente tabla se describe lo que puede ser un consumo de proteína bajo, normal o alta.

Tabla 7. *Consumo de proteínas, bajo, normal y alto*

Macronutrientes	Baja proteína	Proteína normal	Alto en proteína
Proteína (g/kg)	0.7	1.8	3.0
Proteína (% de la ingesta calórica)	5	15	25

Fuente: Tomado y adaptado al español de Editors of Examine (28)

Para atenuar la degradación proteica muscular, se sugiere un consumo de 20 a 40 g de proteína al finalizar una sesión (36) y dicho consumo de debe ocurrir además dentro de la hora posterior al despertar y cada 3 a 4 horas durante el día, esto, siempre y cuando se realicen las sesiones de rehabilitación que corresponde (37).

Grasas

Este macronutriente a diferencia de las proteínas y carbohidratos aporta más energía, entregando 9 calorías por cada gramo (38) y tienen dentro de sus funciones principales trasportar vitaminas liposolubles, actuar en procesos fisiológicos, inmunológicas y estructurales, además de aportar mucha energía al organismo. Dentro de las clasificaciones generales de las grasas, se encuentran grasas saturadas, monoinsaturadas y poliinsaturadas, de acuerdo con si tienen o no enlaces dobles entre sus átomos de carbono

Con relación al consumo de grasas, son las monoinsaturasas las más saludables para las personas, ya que tienen la capacidad de regular colesterol LDL (39) y en segunda medida las poliinsaturadas, en especial el omega 3, sin embargo, se observa en ocasiones una disminución de triglicéridos, pero un pequeño aumento del LDL, por tal motivo si se consume pescado unas 4-5 veces/semana y además se suplementa con omega 3, se debe supervisar el LDL. Una de las características importantes del por qué se debe ingerir omega 3, ya sea en alimentos o suplementos, es antinflamatorias, mientras que el omega 6, es especialmente inflamatorio.

Con relación al colesterol, es fundamental en la producción de testosterona junto con las células de Leydig en los testículos (40), es por ello que, no se debe llegar al extremo de no ingerir colesterol, puesto que la masa muscular y en general la salud se puede ver afectada negativamente. Desde 1990 la American Heart Association recomendó ingerir alrededor de 300 mg de colesterol/día (41), sin embargo, otros entes como el American College of Cardiology/American

Heart Association (ACC/AHA) y el Dietary Guidelines Advisory Committee (DGAC) de Estados Unidos, en el año de 2015 han retirado la recomendación que limita el consumo de colesterol dietario, pero de igual forma enfatizan que se promueva una dieta saludable alta en fibra y baja en grasas saturadas y ácidos grasos trans. Lo anterior se puede explicar fácilmente ya que a partir de dos moléculas de AcetilCoA se genera el colesterol y éste promueve a la producción de hormonas como la testosterona.

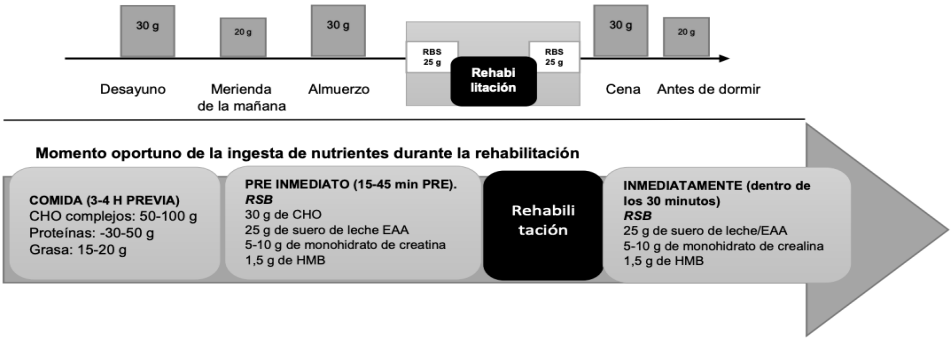
La grasa es fundamental para la curación de heridas y para incrementar la proliferación celular, ya que los ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados se utilizan para la producción de membranas celulares, mientras que los ácidos grasos saturados se utilizan a menudo como combustible. Durante un proceso de recuperación, la dieta debe contener en grasa (saturada, monoinsaturados y poliinsaturados) aproximadamente entre el 20% y el 25% de las calorías totales, es decir deben entre 0,8 a 2 g/kg de peso/día, (21). El ratio entre omega 6 y 3 debe ser aproximadamente 4/1 o 5/1 y nunca más de 10/1 (42), ya que el omega 6 es proinflamtario.

Para finalizar esta parte de los macronutrientes, es importante destacar el momento de ingesta de estos, puesto que en estos procesos se vuelve extremadamente importante esta variable.

Teniendo en cuenta lo anterior se expone lo siguiente: teóricamente, consumir la proporción adecuada de nutrientes durante este tiempo no solo inicia la reconstrucción del tejido muscular dañado y la restauración de las reservas de energía, sino que lo hace de una manera supercompensada que mejora tanto la composición corporal como el rendimiento deportivo (43)

Igualmente, se puede potenciar la síntesis de proteínas, mejorar la masa magra, fuerza y funcionalidad en aquellas personas que se encuentran en procesos de rehabilitación. todo lo anterior lógicamente va de la mano el entrenador deportivo y el fisioterapeuta para coordinar dicha ingesta de nutrientes antes y después de ver a un paciente, (12). Tanto ingerir carbohidratos y proteínas durante estas fases de rehabilitación, evidencian incrementos en fuerza, la masa muscular y la función general del atleta, (36). Para entender un poco más este proceso, a continuación, se dejan unas imágenes relacionadas con el consumo y cantidad de nutrientes durante el día cuando se está en fases de recuperación de alguna lesión. En la siguiente Imagen se puede ver la distribución de los macronutrientes y en especial la ingesta de proteínas en una persona que realiza su terapia habitual.

Figura 2. *Ejemplo de horario diario de comidas y proteínas*



Nota. Proteína total: 180 g. *Fuente*: *tomada y adaptada de Smith-Ryan* (12)

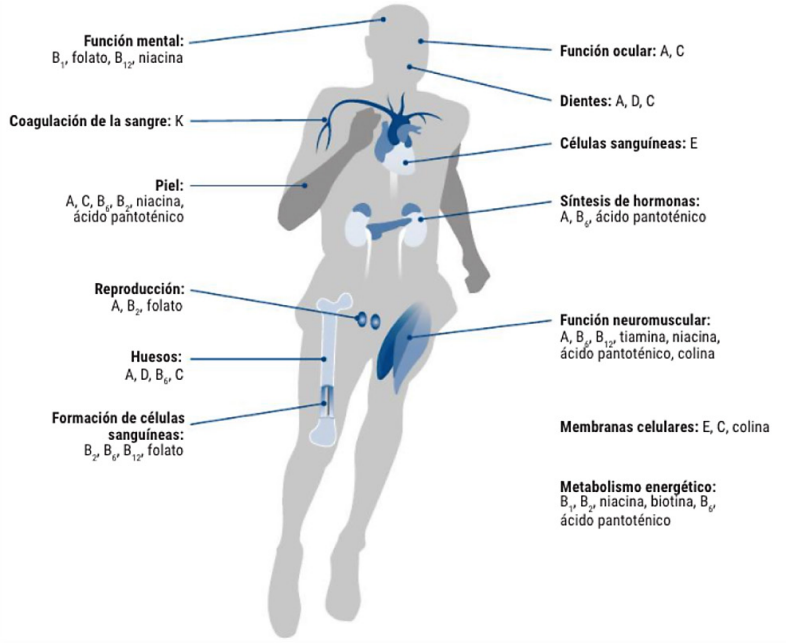
Como dato final en esta parte del capítulo se debe tener en cuenta lo expuesto por Tipton en el 2015, citado por Melin et al. en 2023:

"*La consideración nutricional más importante durante la recuperación de una lesión es evitar las deficiencias de energía y nutrientes, ya que eso perjudicará la curación de la herida y empeorará la pérdida de masa y función de músculos y tendones*"(44).

Micronutrientes

Las vitaminas y los minerales a diferencia de los macronutrientes no aportan calorías, sin embargo, son necesarios en una amplia gama de reacciones químicas que se llevan a cabo en el cuerpo, incluyendo las que participan en el metabolismo energético, el crecimiento celular, la reparación de tejidos, la protección contra el daño de los radicales libres y la función nerviosa y muscular. Adicional a ello, forman parte de los sistemas enzimáticos que involucran la producción energética y el rendimiento físico (45). El mejor aporte de estos macronutrientes se encuentra en las frutas y verduras, por ello es importante ingerir estas en todos los colores y todos los días, ya que en algunos casos dichos colores pueden indicar un aporte superior en cierta vitamina, como, por ejemplo, se sabe que las frutas amarillas o zapotes son ricas en vitamina A. En la siguiente Imagen se puede ver de forma resumida, el sitio de acción de tanto vitaminas hidro como liposolubles en el cuerpo humano.

Figura 3. *Funciones de vitaminas hidro y liposolubles*



Fuente: Tomado de Gonzales et al. (15).

Las vitaminas hidrosolubles (complejo B y C) se denominadas así porque se disuelven en agua, lo que significa que algunos alimentos al lavarlos pierden parte de sus vitaminas, o también al cocerlos. Al ser hidrosolubles se almacenan poco y a diario se deben suplir sus necesidades, o en su defecto en algunas ocasiones ingerir suplementos vitamínicos. El exceso de estas vitaminas se excreta por la orina, lo que significa que no son toxicas en condiciones normales, (46). Con relación a las liposolubles, se destaca que su exceso si puede llegar a ser tóxico, lo que indica que se deben ciclar, es decir consumir por 1 o 2 meses y después para el mismo tiempo. Dentro de ellas tenemos la A, D, E y K. Las vitaminas tanto hidro como liposolubles cumplen funciones que pueden afectar positivamente el rendimiento deportivo, puesto que muchas sirven como coenzimas (caso de la B1, como pirofosfato de tiamina), que ayuda a generar el paso de piruvato a AcetilCoA.

Se sabe que la deficiencia en el consumo de vitaminas y minerales conduce a una escasez de estas en los tejidos corporales, perjudicando la salud y el rendimiento del deportista, al igual que puede afectar la recuperación cuando se está en proceso de recuperación de una lesión, sin embargo, no hay evidencia de que

la suplementación con vitaminas y minerales mejore el rendimiento de forma significativa, a menos que realmente se conozca una deficiencia preexistente de algún micronutriente específico, descrito por Williams (2006) en su texto *Nutrition for Health, Fitness & Sports* (45).

y con relación a los minerales, Peralta, Ascencio y otros autores describen que se pueden dividir en dos categorías (47).

- **Macrominerales:** el cuerpo necesita más de 100 mg por día, ya que están presentes en el organismo en cantidades superiores a 5 g dentro de ellos tenemos calcio, fosforo, sodio, potasio, magnesio, azufre y cloro.
- **Microminerales:** presentes en cantidades inferiores a 5 g en el cuerpo y se necesitan menos de 100 mg/día. Los elementos trazan incluyen aluminio, arsénico, boro, cadmio, níquel, hierro, silicio, vanadio, yodo, flúor, zinc, cromo, cobre, cobalto, manganeso, selenio y molibdeno.

A nivel deportivo y en procesos de recuperación, priman unos un poco más que otros, ya que su función radica en mantener une buena contracción muscular o ayudar a una buena hidratación, dentro de ellos tenemos el sodio, potasio, magnesio, calcio, entre otros. Teniendo en cuenta lo expuesto por Gonzales Gros (15), En el próximo apartado de este capítulo se hablará de deshidratación y lesiones además de la suplementación aplicada a la recuperación de estas. Igualmente, se debe entender que muchas de estas vitaminas y minerales también son consideradas como antioxidantes, por tal motivo en procesos de recuperación post lesión se hace importante el consumo durante algunos meses, en especial la vitamina C, E y A (44), ya que tienen funciones importantes en la inmunonutrición para la recuperación de lesiones y la cicatrización de heridas (48).

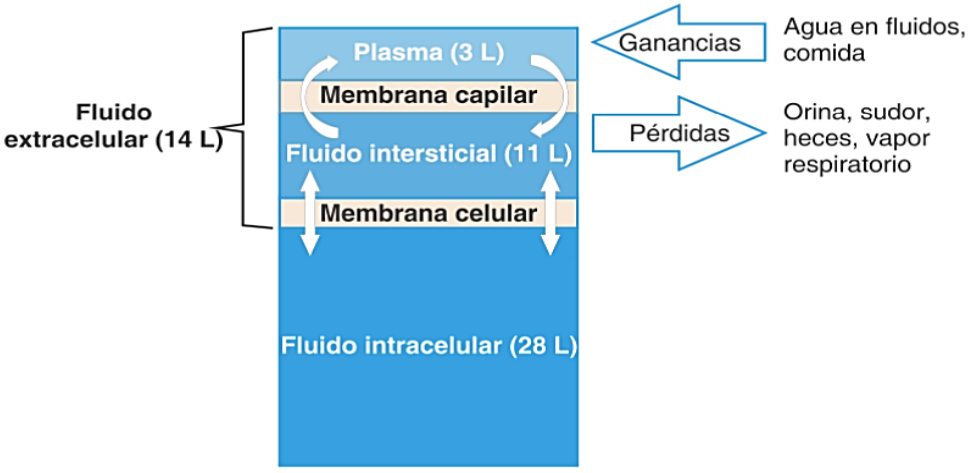
Deshidratación y Lesiones

En la práctica de cualquier deporte, la temperatura y humedad afectan directamente a los atletas, generando mayor desgaste físico y metal, fatiga y en ocasiones lesiones, ya sean musculares o afectando la salud como lo hace el golpe de calor, (49). Lo primero a tener en cuenta, es cómo está distribuida el agua en nuestro cuerpo (ver siguiente Imagen), la cual se encuentra entre un 60 y 65% del peso total y esta puede variar de la cantidad de glucógeno que posea la persona y de la masa muscular (1 g de glucógeno retiene 3 ml de agua), (50). Un ejemplo claro es el siguiente, una persona que pesa 70 kg es sano y está euhidratado, su volumen total será de 42 litros, de los cuales se distribuirán de la siguiente forma:

- 3 litros corresponden al plasma
- 11 litros al intersticio
- 28 litros estarán dentro de la cédula

Lo anterior es por día. La eliminación se realiza por medio de la orina, sudor, heces y CO2 espirado, mientras que, y su ganancia será por medio del agua y comida que se ingiere en el día a día, (49).

Figura 4. *Representación de los compartimentos donde se almacenan los fluidos*

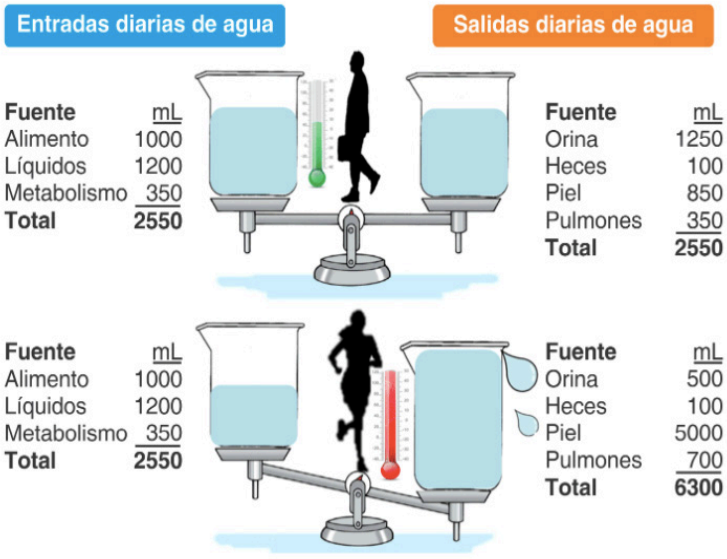


Fuente: Tomado Geers (51)

Representación de los compartimentos donde se almacenan los fluidos, así como sus pérdidas, para un sujeto de 70 kg con un volumen total de 42 litros.

Lo anterior aplica para personas sedentarias y bien de salud o que practican deporte de forma recreativa, esto varía abruptamente en personas atletas que están sujetas a sesiones de entrenamiento o competencia en lugares donde el ambiente es una variable difícil de manipular (calor, humedad, frío, lluvia, entre otros). La diferencia puede llegar a ser de 3 y hasta más litros que se pierden durante la actividad como se puede ver en la siguiente Imagen (51).

Figura 5. *Balance de agua corporal total, en ausencia de ejercicio vs durante la práctica de este*



Fuente: Tomado Geers (51)

La eliminación por medio del sudor es extremadamente alta en personas deportistas con relación a los que no lo son, es por ello que las estrategias de hidratación deben hacer parte de cualquier equipo o departamento médico, para asegurar no solo una buena performance sino además la salud de los deportistas. Claro está que no todos los deportes eliminan el calor interno por medio de la evaporación del sudor, existen otros medios que también cumplen esta función y son: conducción, convección y radicación. Para ello algunos autores indican lo siguiente (52):

- **Radiación:** Es la transferencia de calor por ondas electromagnéticas infrarrojas entre la piel y los objetos que la rodean.
- **Conducción:** Se trata de la transferencia de calor molécula a molécula, entre sólidos, líquidos y gases, pero sobre todo sólidos o líquidos, este mecanismo toma verdadera importancia al sumergir el cuerpo en agua.
- **Convección:** Es un concepto limitado a los fluidos (líquidos o gases), que implica corrientes de estos, es decir, cuando moléculas más calientes entran en contacto con otras más frías, las primeras transfieren calor a las segundas (por conducción) y estas se alejan, con lo que se crean corrientes.

Las corrientes externas de aire o agua, si el cuerpo está sumergido, facilitan el intercambio de calor por esta vía.

- **Evaporación:** en condiciones normales es el 20% de la pérdida de calor en reposo, constituyendo la principal defensa fisiológica en contra del sobrecalentamiento. De manera que cuando la temperatura ambiente supera a la del organismo sólo se puede perder calor por esta vía. El calor se transfiere continuamente hacia el ambiente conforme el agua se evapora de las vías respiratorias y de la superficie de la piel, constituyendo la evaporación insensible.

Tabla 8. *Estimación de pérdida de calor por distintos mecanismos en reposo y ejercicio de duración prolongada*

Mecanismo de pérdida de calor	Reposo		Ejercicio	
	% total	Kcal-min	% total	Kcal-min
Conducción y convección	20	0,3	15	2,2
Radiación	60	0,9	5	0,8
Evaporación	20	0,3	80	12,0
Total	100	1,5	100	15,0

Fuente: tomado de López (52)

Como se ha observado, la hidratación es una variable que puede afectar demasiado la salud y performance del deportista, es por ello que, se deben tener estrategias que ayuden a mantener al futbolista euhidrato y que mejoren la reposición de líquidos y electrolitos post-actividad. Para ello existen varias formas, a continuación de describirán algunas de ellas (53):

- Conocer el agua corporal total, debe ser < 2%
- La osmolalidad del plasma <290 mOsmol
- Gravedad específica de la orina <1.020 g/ml
- Osmolalidad de la orina <700 mOsmol
- Peso corporal < 1%.

- **Osmolalidad de la sangre:** corresponde a la medición de las partículas contenidas en una disolución expresada en osmoles o miliosmoles por litro de solución. Esta medición en sangre es considerada un patrón de referencia con relación a la hidratación. Lastimosamente es un método invasivo y requiere cierta tecnología para hacerse la medición y el valor de referencia corresponde a 290 mOsmol o menos para diagnosticar una buena hidratación, (54).
- **Osmolalidad de la orina:** es uno de los métodos más validados que existen**,** es un método no invasivo, sin embargo, se realiza en un laboratorio que requiere procesos bioquímicos costosos y complejos, (54).
- **Gravedad específica de la orina:** es un método sencillo y económico y se mide por medio de un refractómetro. Este método consiste en determinar la densidad de la orina y entre más alta sea, mayor es el nivel de deshidratación. Algo que se debe mencionar es que, en algunos estudios, deportistas con mucha más muscular pueden generar más subproductos y por tal motivo parecerá que están deshidratados cuando no lo están. Los valores de referencia son los siguientes.

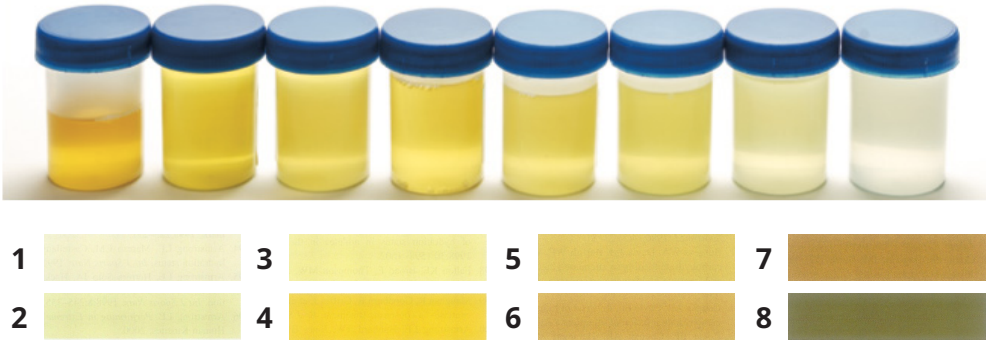
Tabla 9. *Clasificación del niveles de hidratación por medio de la gravedad específica de la orina*

Nivel de hidratación	Gravedad especifica de la orina
Extremadamente hiperhidratado	< 1.012
Algo hiperhidratado	1.012 – 1.014
Bien hidratado	1.015 – 1.017
Euhidratado	1.018 – 1.020
Algo deshidratado	1.021 – 1.024
Muy deshidratado	1.025 – 1.027
Extremadamente deshidratado	>1.027

Fuente: Tomado y adaptada de Fernández et al. (54).

Color de la orina y peso corporal: estas dos medidas son las más sencillas de todas las descritas y lo que se requiere es minino, de igual forma pueden dar resultados muy coherentes con respecto a la deshidratación del deportista. Para ello existe una escala del color de la orina que es confiable y se usa en muchos casos para determinar esta variable, (55).

Figura 6. *Escala de orina para determinar hidratación*



Fuente Tomado y adaptado de Casa et al. (55)

Teniendo en cuenta le color de la orina, se debe determinar que aquellos deportistas que estén en 4 o por encima en la escala, el nivel de deshidratación es más fuerte y su reposición de líquidos y electrolitos debe ser de manera inmediata.

Con relación al peso, es de gran importancia conocer tomarlo antes y después de cada entrenamiento o juego, ya que este indica el nivel de deshidratación entre otras y predice cuantos litros de líquido aproximado debería ingerir el deportista en las siguientes horas. Para conocer la cantidad de líquidos que debe ingerir el deportista solo se resta el peso inicial-peso final y el resultado se multiplica por 150%, (56), mientras que, para determinar el nivel de deshidratación, se realiza la siguiente operación: peso inicial-peso final*100/peso inicial. Ejemplo futbolista que peso 70 kg antes del entrenamiento y 68 después.

*70-68=2 kg*150%=3 litros, es lo que debe recuperar en las siguientes horas*
*70-68=2*100=200/70 2.8% es el nivel de deshidratación.*

Se debe tener en cuenta que, lo recomendable es no encontrase por encima del 2% de deshidratación post actividades, pues como se muestra a continuación, se ve afectada la performance y niveles ya muy altos pueden atentar contra la salud o generar lesiones principalmente musculares.

Tabla 10. *Porcentaje de deshidratación y sintomatología*

Pérdida de agua (% peso corporal)	Síntomas	Pérdida de agua		
		Niño 10 Kg	Adolscentes 15 Años, 60 Kg	Adulto 70 Kg
1%	• Sed Ligera	0,3	0,6	0,8
2%	• Disminución del rendimiento de resistencia • Tendencia a calambres musculares	0,6	1,2	1,4
3 - 5%	• Piel y mucosas secas • Menor saliva y orina • Disminución del rendimiento de fuerza • Enrojecimiento cutáneo	0,9 – 1,5	1,8 – 3,0	2,1 - 3,5
5 – 10%	• Pulso aumentado • Mareo, dolor de cabeza • Menor volumen sanguíneo • Dificultad para hablar • Imposibilidad de andar	1,5 – 3,0	3,0 – 6,0	3,5 – 7,0
10 – 15%	• Confusión • Incapacidad para deglutir • Vision borrosa • Lengua inflamada • Calambres, delirio	3,0 – 4,5	6,0 – 9,0	7,0 – 10,5
15 – 20%	• Muerte	>4,5	>9,0	>10,5

Tomado González Gross M, (7) y adaptado.

El uso de bebidas deportivas debe tener unas características especiales en lo que respecta a los minerales y el contenido de carbohidratos que debe consumir un deportista, para ello, Urdampilleta A en Morente Álvaro brinda una guía sencilla de entender a la hora de adquirir este tipo de bebidas (57), (56), las características son:

- Carbohidratos (mezcla de azúcares) entre el 6 y 9%.
- Sodio entre 0.46 a 1.2 g/litro
- Osmolaridad 200 a 330 (mOsm/L)

- Volumen que se debe consumir por hora, 500 a 1000 ml
- Temperatura de la bebida, 10-15º
- Frecuencia de consumo, cada 15 a máximo 30 min

A continuación, se muestran las estrategias hídricas con la cantidad de carbohidratos y electrolitos necesarias para los momentos de pre, per y post entreno, las cuales son muy útiles ya que si se hacen de forma constante pueden mantener al deportista euhidratado y como se ha mencionado, la probabilidad de generar lesiones en especial musculares puede ser menor.

Tabla 11. *Características de bebidas deportivas antes, durante y después de un entrenamiento*

Antes **Isotónica o ligeramente hipotónica**	**Durante** **Isotónica**	**Después** **Hipertónica**
4-6% azucares	6-9% azucares	9-10% azucares
0,5 – 0,7 g Na* / L	0,5 – 0,7 g Na* /L 0,7 – 1,2 g Na*/L (si + 1h o estrés por calor)	1-1,5 g Na* /L

Fuente: tomado de (57) y adaptada por (56)

Tabla 12. *Recomendaciones post competencia*

0-90 minutos	**120-140 minutos**	**Total 24 horas**
Ingesta de Líquidos 500 ml	450-680 ml/450 g peso perdido por sudor	150% del total de peso perdido por sudor
Ingesta de Electrolitos 12-24g/L Na* + 1-2 g/L K*	20 mmol/L Na* + 3 mmol/L K*	6 g de ClNa
Ingesta de CHO 1,2 g/kg de peso/h	1.2 g/kg de peso/h	5-7,712.10-12g / kg / día. Según carga

Fuente: tomado de Urdampilleta et al. (57) y adaptada por Morente y LLorente (56).

Ayudas Ergogénicas Nutricionales

Según Maughan, et al., "*No existe una definición única, ni legal ni dentro de ciencia nutricional, de lo que constituye un suplemento dietario*" (58). El Congreso de los Estados Unidos, por ejemplo, menciona que, un Suplemento Dietético, es un producto, distinto del tabaco, que se utiliza en conjunto con una dieta saludable y contiene uno o más de los siguientes ingredientes dietéticos:

- Una vitamina, un mineral, una hierba u otro botánico, un aminoácido o una sustancia dietética para complementar la dieta, aumentando su ingesta diaria total. Además, menciona también que puede ser un metabolito, un extracto o combinaciones de todos estos ingredientes mencionados".

Presentaciones de los Suplementos Dietéticos

- Alimentos funcionales, alimentos enriquecidos con nutrientes adicionales o componentes fuera de su composición de nutrientes típica (p. ej., alimentos enriquecidos con minerales y vitaminas, así como alimentos enriquecidos con nutrientes)
- Alimentos formulados y para deportistas, productos que proporcionan energía y nutrientes en una forma más conveniente de lo normal como apoyo nutricional general (ej., sustitutos de comidas líquidas) o para uso específico en torno al ejercicio (ej., bebidas deportivas, geles, barras)
- Nutrientes únicos y otros componentes de alimentos o hierbas, además, productos suministrados en formas aisladas o concentradas.
- Productos de múltiples ingredientes que contienen diversas combinaciones de aquellos productos descritos anteriormente, (58).

Cuando se habla de suplementación deportiva, uno de los máximos exponentes de esta temática es la *Australian Institute of Sport*, (59). Son ellos, los que cada 3-4 años categorizan los suplementos de acuerdo con diversos estudios realizados y a la función que cumplen dichos suplementos en los deportistas. A continuación, se presentan los suplementos clasificados en A, B, C y D. De forma resumida se puede decir que, aquellos suplementos que están en A, poseen evidencia científica sólida para su uso en situaciones específicas en el deporte, utilizando protocolos basados en evidencia, en la categoría B, se encuentran los suplementos que tienen un apoyo científico válido, pero necesita más investigación, en C, la evidencia científica no es fuerte o falta más investigación y en D, están aquellas sustancias que son prohibidas o con alto riesgo de contaminación que podrían dar positivo en una prueba de dopaje.

Tabla 12. A, B, C y D. *clasificación de los suplementos*

Categoría A

Descripción general de la categoría dentro de AIS **Marco de suplementos deportivos**	**Subcategorías**	**Ejemplos**
Nivel de evidencia: Fuerte evidencia científica para su uso en situaciones específicas en el deporte, usando protocolos basados en evidencia. Usar dentro de los programas suplementarios: Permitido para su uso en atletas, con las mejores prácticas Protocolos.	**Alimentos deportivos** Productos especializados utilizados para proporcionar una fuente conveniente de nutrientes cuando no es práctico consumir alimentos cotidianos.	• Bebidas deportivas • Geles deportivos • Confitería Deportiva • Barras deportivas • Suplementos de electrolitos • Suplementos de proteínas • Suplemento de macronutriente mixto (barra, polvo, comida líquida)
	Suplementos médicos Suplementos utilizados para prevenir o tratar problemas clínicos que incluyen una deficiencia de un nutriente. Debe usarse con la planificación de un experto.	• Hierro • Calcio • Vitamina D • multivitamínicos • Probióticos • Zinc
	Suplementos de rendimiento Suplementos/ ingredientes que puede mejorar el rendimiento. Se usa mejor con un protocolo individualizado y específico y con una guía de un experto/ Dietista Deportivo Acreditado.	• Cafeína • β-alanina • Bicarbonato • Jugo de remolacha / Nitrato • Creatina • Glicerol

Fuente: Tomado y adaptado al español de Australian Institute of Sport (59).

Categoría B

Descripción general de la categoría dentro de AIS **Marco de suplementos deportivos**	**Subcategorías**	**Ejemplos**
Nivel de evidencia: Apoyo científico emergente, merece más investigación. Usar dentro de los programas suplementarios: su uso en atletas o en situaciones de seguimiento clínico.	**Polifenoles alimentarios** Compuestos alimentarios que pueden tener bioactividad, incluyendo propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. consumir en formas alimenticias (entero o concentrado) o como extractos aislados.	• Polifenoles derivados de frutas
	Antioxidantes Los compuestos que se encuentran a menudo en alimentos que protegen contra el daño oxidativo y radicales libres.	• Vitamina C • N-acetilcisteína
	Saborizantes Compuestos derivados de alimentos que interactuar con los receptores en la boca / intestino para activar el sistema nervioso central.	• Mentol • Jugo de pepinillos • Quinina
	Otro	• Suplemento de colágeno • Curcumina • Suplementos de cetonas • Aceites de pescado • Carnitina

Fuente: *Tomado y adaptado al español de Australian Institute of Sport* (59).

Categoría C

Descripción general de la categoría dentro de AIS **Marco de suplementos deportivos**	**Subcategorías**	**Ejemplos**
Nivel de evidencia: Evidencia científica que no respalda Un beneficio entre los atletas o falta más investigación Usar dentro de los programas suplementarios: Puede permitirse su uso por parte de atletas donde hay especificidad de aprobación, o reportando a un Panel de suplementos deportivos.	Productos de categoría A y B usado fuera de protocolos aprobados	
	Productos nombrados Productos que se han movido a un nueva categoría.	• Magnesio • ácido alfa lipoico • HMB • BCAA / Leucina • Fosfato • Prebióticos • Vitamina e • Tirosina
	El resto Si no puede encontrar un ingrediente / producto de los Grupos A, B o D, probablemente merece estar aquí.	
	Otro	

Fuente: Tomado y adaptado al español de Australian Institute of Sport (59).

Categoría D

Descripción general de la categoría dentro de AIS Marco de suplementos deportivos	Subcategorías	Ejemplos
Nivel de evidencia: Prohibido o con alto riesgo de contaminación con sustancias que podrían dar lugar a una prueba de dopaje positiva. No debe ser utilizado por deportistas.	**Estimulantes**	• Efedrina • Estricnina • Sibutramina • Metilhexanamina (DMAA) • 1,3-dimtilbutilamina (DMBA) • Otros estimulantes a base de hierbas
	Prohormonas y hormonas impulsores	• DHEA • Androstenediona • 19-norandrosteniona /ol • Otras prohormonas • Tribulus terrestris y otros, aceleradores de testosterona * • Polvo de raíz de maca *
	Liberadoras de GH y "Péptidos"	
	Agonistas beta-2	• Higenamina
	Andrógeno selectivo Moduladores de receptores (SARMS)	• Andarine • Ostarine • Ligandrol
	Moduladores metabólicos	GW1516 (Cardarine)
	Otro Consulte la lista de la AMA para todos ejemplos: https://www.wada-ama.org/	• Calostro – no recomendado por la AMA debido a la inclusión de factores de crecimiento dentro de su composición.

Nota. * Estos productos no aparecen en la lista de WADA y, por lo tanto, no están específicamente prohibidos. Sin embargo, ellos se encuentran a menudo en productos de múltiples ingredientes que contienen ingredientes prohibidos o tienen un alto riesgo de ser contaminado. *Fuente: Tomado y adaptado al español de Australian Institute of Sport (59).*

A continuación, se describirán los suplementos que pueden aportar aspectos positivos, ya sea para prevenir lesiones o para ayudar en los procesos de recuperación de estas.

El suplemento que más evidencia científica tiene en la actualidad y que es útil tanto para sedentarios, deportistas, adultos, adultos mayores, lesionados y en general, es la proteína de suero de leche.

La proteína de suero de leche o *whey protein*, es extraída de la leche, para ello debe pasar por varios procesos como lo son ultrafiltración, nanofiltración y secado para el caso de la proteína concentrada, mientras que para la aislada se adiciona el paso de microfiltración, (60). Adicional a los beneficios conocidos como lo son mejora de la síntesis de proteína, entrega de aminoácidos esenciales, un excelente valor biológico, (27, 61) entre otras, la proteína de suero de leche tiene péptidos bioactivos, los cuales actúan brindando beneficios en la salud en las personas que las consumen.

Tabla 13. *Péptidos bioactivos en el suero de leche*

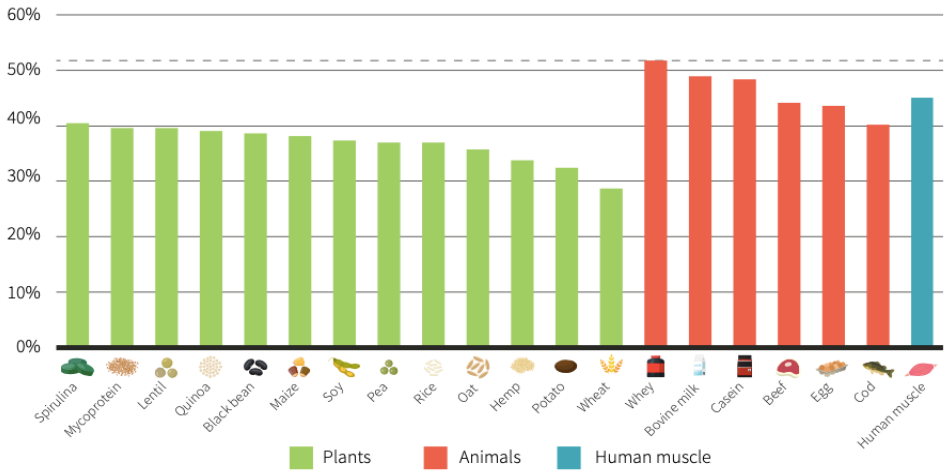
Subfracción de suero	% de whey protein	Efectos potenciales sobre la salud
β-lactoglobulina	56–60%	Podría reducir la presión arterial y fortalecer el sistema inmunológico.
α-lactoalbúmina	18–24%	Podría beneficiar la cognición y reducir la presión arterial. Posee propiedades inmunomoduladoras, antimicrobianas, antivirales y antioxidantes.
Inmunoglobulinas	6–12%	Podría fortalecer el sistema inmunológico.
Albúmina sérica	6–12%	Rica fuente de precursores de glutatión.
Lactoferrina	1–2%	Puede reducir el apetito y la grasa corporal mientras beneficia el control glucémico. Fortalece el sistema inmunológico.
Lactoperoxidasas	0.5–1%	Tiene propiedades antibacterianas.

Fuente: tomado y adaptado al español de Leaf (27)

Las fuentes de proteína de alta calidad como el suero de leche son beneficiosas para acumular la proteína posprandial lo que incluye una mejor síntesis de proteína muscular, (62), además, esto puede inducir a un aumento en la tasa de síntesis de proteína muscular tanto en reposo como en respuesta al ejercicio de fuerza (63). La cantidad de proteína que se debe ingerir post actividad debe ser

entre 20 y 40 g, esta, lo ideal es que sea de alto valor biológico debe ser como lo es el suero de leche aislada, ya que conduce a mayores tasas de síntesis de proteína muscular que otras proteínas, adicional a esto, la proteína láctea después del entrenamiento actúa favorablemente sobre la composición corporal y la fuerza muscular (64). Una de las ventajas es que la proteína se suero de leche tiene todos los aminoácidos esenciales y dosis altas de aquellos que habitan en la masa muscular (ver Imagen).

Figura 7. *Aminoácidos esenciales en alimentos de origen animal y no animal*



Nota. *La franja azul indica los aminoácidos que se encuentran en la masa muscular, las rojas los aminoácidos que aportas las proteínas de origen animal y las verdes las proteínas de origen vegetal. *Fuente: tomado de Leaf, Alex* (27)

Aunado a lo anterior, la proteína de suero es rica en aminoácidos de cadena ramifica entre ellos la leucina, siendo esta la que inicia el proceso de síntesis de proteínas puedo que reduce la pérdida de nitrógeno urinaria afectando positivamente el anabolismo (65). Con relación a la ingesta, aunque el consumo de este tipo de proteína puede realizarse en cualquier momento del día, si es importante que post actividad no se deje pasar más de dos horas al terminar la sesión (66), Además, se ha informado que 20 g de proteína de suero consumidos cada 3 h son superiores a una ingesta más frecuente cada 1,5 h o menos frecuente, es decir cada 6 h, para estimular la síntesis de proteína muscular a lo largo del día (67).

Creatina: es un compuesto orgánico que se sintetiza en pequeñas cantidades en el cuerpo a partir de los aminoácidos arginina, metionina y glicina, (12), dentro de las funciones principales de ella se encuentran:

- Realizar re-síntesis de ATP (la molécula que da energía)
- Activas vías de señalización anabólicas
- Mejora la recuperación entre series durante el entrenamiento
- Incrementa significativamente la fuerza
- Ahorra energía e incrementa el glucógeno muscular
- Mantiene la célula hidratada
- Excelente como coadyuvante para la ganancia de peso y mejora muscular
- Aumenta la vía MAPK (proteína kinasa activada por mitógenos), e inhibe la AMPK (proteína kinasa activada por AMP), es decir, mejora los procesos anabólicos y ayuda a inhibir los catabólicos.
- Cardioprotector, ya que puede disminuir la homocisteína por consumo exógeno
- Mejora los procesos de recuperación, puesto que ayuda a la disminución de CK (-19%), prostaglandina (-61%) y factor de necrosis tumoral (TNF) y < lactato deshidrogenasa (LDH), en comparación con controles.
- Es neuroprotector. No disminuye ni cura, pero ayuda a mantener una mejor salud neuronal en personas que padecen enfermedades neurodegenerativas.

Adicional y ya relacionándolo exclusivamente con las lesiones, la cretina tiene la capacidad de, aumentar la creatina muscular puede tener un efecto positivo en la rehabilitación de lesiones deportivas, (68), tiene funciones terapéuticas en algunas enfermedades crónicas y traumáticas como lesiones agudas, lesión de la médula espinal, distrofia muscular, atrofia, entre otras, (69), igualmente se han visto efectos positivos de la suplementación con creatina durante períodos de inmovilización, (70) como lo son el mantenimiento de la masa muscular, mejora de la fuerza, un buen trabajo de los GLUT-4 que pueden dar como resultado un aumento del glucógeno muscular y estimulo de factores de crecimiento muscular, (70).

En la actualidad existen muchos tipos de creatina, no obstante, el de mayor evidencia científica es el monohidrato de creatina, (71). Con relación a las dosis,

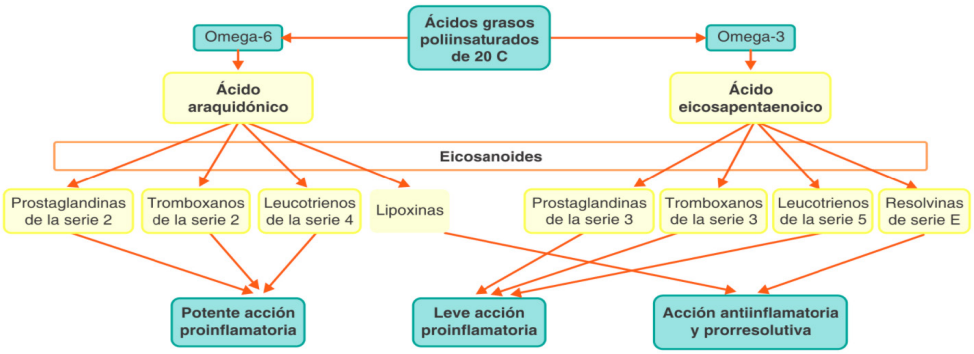
la *International Society of Sports Nutrition*, (72), deja claro que se pueden ingerir de 3 a 5 gramos al día o si se desea hacer la carga de 20 a 25 g/día y después consumir 5 g, con las dos se obtienen beneficios en lo que respecta a la parte muscular y salud. Algo importante de la creatina es que debe tomarse todos los días se entrenó o no se realice ninguna práctica, ya que esta actúa es por acumulación y su efecto no es inmediato sino a mediano y largo plazo, (73)

Ácidos grasos omega 3 (N-3): dentro de suplementos enfocados a la disminución de la inflamación, este suplemento tiene beneficios importantes, ya tiene la capacidad de producir resolvinas y protectinas (ver Imagen), las cuales son antiinflamatorias a diferencia de los omega 6 que estimulan la inflamación (74). Algo interesante con este tipo de suplementos es que además de lo descrito también pueden mejorar la síntesis de proteínas, (75), ya que pueden estimular vías de señalización intracelular. Tanto en estudios in vivo como in vitro, se evidencia un impacto positivo en el mantenimiento del músculo y síntesis de proteínas, no solo en personas con alguna patología, sino también en sujetos jóvenes y mayores que consumen 4 g de este suplemento durante 8 semanas, (76, 77).

Es de resaltar que los ácidos grasos saturados se encuentran principalmente en los alimentos provenientes de animales, mientras que las mono-insaturadas se hallan en el aceite de oliva, cacao, frutos secos y aguacate principalmente. Por último, las poli-insaturadas en especial el omega 3 está en los peces de mar, mientras que el 6 en los aceites vegetales, así mismo, estos últimos (3 y 6) se conocen como ácidos grasos esenciales ya que el cuerpo no tiene las enzimas necesarias para producirlas. (39).

Los N-3 tiene la capacidad de atenuar la pérdida de fuerza muscular, disminuir los marcadores sanguíneos inflamatorios como TNF-α, y marcadores de daño muscular, como mioglobina, creatina quinasa y troponina I lenta del músculo esquelético, (78), Además, el Docosahexaenoico parece aumentar la oxidación de lípidos y mejora la sensibilidad a la insulina en el músculo esquelético y puede estimular la capacidad glucolítica en los miocitos, (75).

Figura 8. *Ácidos grasos y procesos inflamatorios*



Fuente: *Tomada de Wensing AGCL. (79)*

Con relación al daño del cartílago y dolor articular, el cual es muy común en deportistas en especial donde el impacto es constante como el futbol, baloncesto, BMX entre otros, el consumo de N-3 puede tener efectos positivos, ya que 3 g/día puede reducir la incidencia en un 69% al 93% de la aparición de la artritis y puede retrasar la aparición de esta de 25 días a 34 días, (80).

Igualmente al ser los N-3 un suplemento de grasa se debe prestar atención en su consumo, puesto que dosis altas o muy prolongadas puede aumentar la producción de tromboxano A_3, el cual es un activador de plaquetario menos potente que el tromboxano A 2, por tal motivo, puede afectar la activación plaquetaria debido a los diferentes eicosanoides producidos, lo que conduce a un efecto antitrombótico que causa efectos perjudiciales para la cicatrización de heridas, (81), no obstante el efecto sobre la cicatrización de heridas probablemente depende de la cantidad y la duración de la suplementación, además de la gravedad de la herida. Otro efecto no deseado puede estar representado por la peroxidación lipídica, ya que los ácidos grasos de cadena larga, altamente insaturados, como el EPA y el DHA, se acumulan en las membranas celulares y tienen un alto riesgo de peroxidación, por tal motivo es bueno que se utilicen antioxidantes mientras se usen N-3. Con relación a las interacciones, la suplementación con N-3 sola, está contraindicada durante el tratamiento antiplaquetario y anticoagulante debido al efecto sinérgico sobre los tiempos de sangrado cuando se administran juntos, (82).

Cúrcuma: es una hierba perteneciente a la familia del jengibre, esta aporta curcumina y curcuminoides los cuales sirven para producir suplementos, los cuales tienen una potencia mayor que la misma cúrcuma. Sin embargo,

la curcumina ingerida por vía oral no se absorbe bien durante la digestión, (83) por lo que se han creado diversas formulaciones para mejorar su biodisponibilidad, (84). Algunas de ellas son: curcumina fitosomal, leche dorada de cúrcuma y cúrcuma blanca. La suplementación con curcumina reduce de manera confiable algunos marcadores de inflamación como proteína c reactiva, interleucina 6, factor de necrosis tumoral alfa e interleucina 8 (85) y puede aumentar los niveles de antioxidantes endógenos en el cuerpo (86), (87), sin embargo, la curcumina tiene un efecto mínimo en los marcadores de inflamación en personas con enfermedades inflamatorias crónicas, (88). La dosis de la curcumina Los estudios han utilizado dosis diarias que van desde 300 mg a 4000 mg, dependiendo de la afección específica, (89). Como se describía este extracto por vía oral no se absorbe bien, para solucionar esto, se puede consumir con piperina (un extracto de pimienta negra) o combinarla con lípidos como BCM-95 ® o Meriva ®. Si la curcumina se toma con piperina, se debe tomar 500 mg de curcumina con 5–6,7 mg de piperina tres veces al día para una dosis total de 1500 mg de curcumina y 15–20 mg de piperina por día. Para ingerir con BCM-95 ® (una combinación patentada de curcumina y aceites esenciales), se deben ingerir 500 mg dos veces al día para una dosis total de 1000 mg/día. Si la combinación es con Meriva ® (combinación patentada de curcumina y lecitina de soja), se deben tomar 200 a 500 mg dos veces al día para una dosis total de 400 a 1000 mg/día. La curcumina se vende en tabletas, cápsulas, geles blandos, polvo y gotas y generalmente se toma junto con la comida.

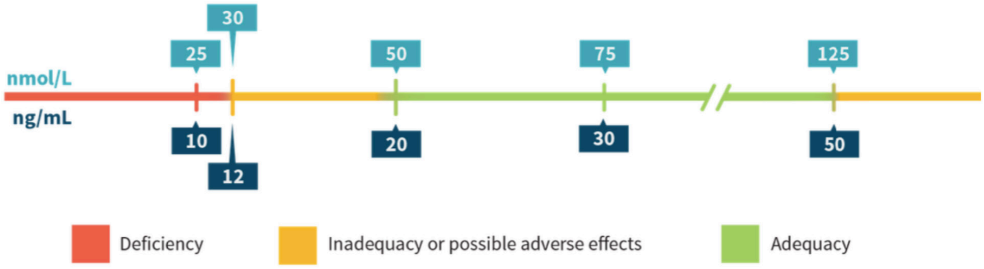
Vitamina D: este suplemento se ha popularizado principalmente por los efectos que posee con el metabolismo óseo, pero realmente tiene acciones en células y tejidos en todo el cuerpo, lo cual puede afectar una amplia gama de procesos fisiológicos. Los efectos adicionales de la vitamina D en el cuerpo incluyen, aunque no se limitan a los siguientes según Wang, Li y Meng (90):

- Efectos anticancerígenos (promoción de la muerte celular o supresión de la proliferación de células cancerosas)
- Desarrollo cerebral
- Diferenciación celular
- Efectos antiinflamatorios
- Efectos antioxidantes
- Efectos antibacterianos (a través de los efectos de la vitamina D sobre las células inmunes y su promoción de la expresión de genes que codifican péptidos antimicrobianos)

- Protección de los vasos sanguíneos
- Salud del sistema nervioso
- Regulación del calcio.

Ahora bien, al ser una vitamina liposoluble, se debe tener cuidado en no caer en un exceso al ingerirla, ya que puede a diferencia de las hidrosolubles, esta necesita de la grasa y no es fácil para el cuerpo eliminar sus excesos, por tal motivo, después de una lesión y en procesos de recuperación de estas, es ideal hacerse un examen de sangre para conocer cómo se encuentra el atleta y ya decidir si se debe suplementar o no.

Figura 9. *Concentraciones séricas de vitamina D*



Fuente: Tomado de Gelse et al. (91)

La vitamina D se establece en <80 nmol/L, mientras que su deficiencia es <50 nmol/L. También se ha documentado que la suplementación con 800 UI de vitamina D3 además de 2 g/día de calcio puede reducir las fracturas por estrés en mujeres en un 20%.

Colágeno: El colágeno es la proteína estructural más abundante en el cuerpo humano. Esta proteína ayuda a determinar la estructura de la piel, los tejidos conectivos, los huesos, los tendones y el cartílago (92), (93). Hasta ahora, se han clasificado 29 tipos de proteínas de colágeno (94). La propiedad más importante es la resistencia mecánica superior a la media, que resulta directamente de la estructura espacial. El colágeno es un material de construcción para la mayoría de los tejidos y órganos, También desempeña un papel importante en el proceso de crecimiento y diferenciación celular, que resulta de la estructura específica de las fibras de colágeno, así como de su capacidad para adherirse (94). Es posible que tomar colágeno pueda ayudar a reparar el cartílago, hipótesis planteada en varios estudios preclínicos (95). El problema con este suplemento y su utilización es que las investigaciones realizadas con las mejores metodologías

y disminución de sesgos han sido financiadas por la misma industria que vende dicho suplemento, (96). La dosis más efectiva de colágeno aún no está clara, pero los estudios indica que utilizar 10 gramos de colágeno hidrolizado o 40 mg de colágeno tipo II no desnaturalizado (UCP-II), puede tener efectos positivos, adicional a esto, los atletas que toman colágeno para prevenir el dolor articular relacionado con la actividad pueden ver un beneficio moderado con 5 a 10 gramos/día, no obstante, se necesita más investigación para ser precisos sobre la dosis óptima o para tener confianza en su utilidad en este caso, el colágeno parece ser seguro en dosis de hasta 10 gramos diarios durante 6 meses (En ocasiones se consume el postre de gelatina para ingerir colágeno, pero este tiene muy poco colágeno). (96). De igual forma, una de las preocupaciones por los investigadores, es que se ha demostrado que el colágeno (en dosis de alrededor de 10 gramos por día) aumenta los niveles de oxalato en la orina, probablemente porque el colágeno está compuesto aproximadamente por un 10 % de hidroxiprolina, y un metabolito importante de la hidroxiprolina es el oxalato. Como resultado, podrían aumentar el riesgo de cálculos renales a base de oxalato en personas susceptibles, (96).

Probióticos: el primer concepto nació en 1965 e indicaba que eran sustancias secretadas por los microorganismos que estimulaban el crecimiento de otros y haciendo referencia a la oposición de los antibióticos (97). Para la OMS, son **se** microorganismos vivos que cuando se administran en una proporción adecuada y constante, ofrecen un efecto beneficioso sobre la salud del huésped. Cuando se habla de un entorno médico, es importante describir que los antibióticos pueden causar un cambio negativo dentro de la flora gastrointestinal, lo que puede alterar un el metabolismo de los nutrientes (98) y es qui donde se hace importante que un deportista consuma este tipo de ayudas, puesto que muchas veces los atletas por orden médica deben ingerir fármacos que de forma indirecta afectan negativamente la micorbiota. El papel de los probiótico en la recuperación muscular, se relacionaa directaente con la interacción de los microorganismos con las células inmunes del tejido linfoide asociado al intestino, dando como respuesta la mejora en la eficiencia y los parámetros de permeabilidad intestinal. Adicional, es posible que de manera indirecta los probióticos puedan contribuir al proceso de reparación muscular, a través de la actividad de las células inmunes reduciendo el tiempo empleado en el proceso de reparación. (99). Para El consumo de probióticos en caso de lesión, no existe una norma clara de una dosis recomendada, claro está que, algunos estudios relacionados con deportistas fatigados se les han administrado Lactobacillus acidophilus en una dosis de 2 × 10 10 unidades formadoras de colonias (UFC)/ día, Bifidobacterium longum (2,0 × 10 8 UFC/día) para reducir los síntomas

respiratorios y la duración de la infección en jugadores de rugby, además se ha observado que microorganismos como Lactobacillus plantarum (10 7 UFC/día) se pueden ayudar para el incremento de la masa muscular y tiene un efecto antifatiga, (100). En el deporte y en la nutrición deportiva son los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* los que más se recomiendan en dosis para atletas de ≥ 10 10 UFC, estos se pueden encontrar en alimentos fermentados, como el yogur y el kéfir y suplementos dietéticos.

Con relación a la interacción entre el ejercicio, suplementos y microbiota, Donati, et al., indican algunas ayudas que pueden tener buena sinergia entre estas tres variables y otras que carecen de evidencia, no obstante esta tabla no se debe confundir con suplementos que tienen muy buena evidencia científica en procesos de recuperación y en la performance deportiva como la proteína y creatina, entre otros, ya que como lo indican estos autores, la referencia indica es a la interacción entre ejercicio, suplementos y microbiota, (101).

Figura 10. *Suplementos para utilizar de forma conjunta*

Evidencia contundente	Evidencia moderada o emergente	Falta de evidencia
• Antioxidantes (polifenoles) • Probióticos • Proteínas	• BCAA • L-glutamina • bicarbonato de sodio • Vitamina D • Omega -3 PUFas • Bebida deportiva con electrolitos CHO • L-carnitina • Cafeína	• Creatina • Taurina • Beta-Alanina • Jugo de remolacha • Colágeno • Glucosamina • Vitamina C

Fuente: tomada y adaptada al español de Sabrina et al. (101)

Conclusiones

- Un proceso de rehabilitación de un atleta se debe realizar con un trabajo inter y transdisciplinar, ya que cada profesional como le médico especialista, el fisioterapeuta el readaptador y el nutricionista cumplen funciones importantes en cada una de las lesiones.
- El conocer las calorías que necesita el deportista y su distribución es de gran importancia, ya que en algunas ocasiones se cae en el error de disminuir bastantes los carbohidratos buscando que el atleta no aumente masa grasa, pero se corre el riesgo de disminuir síntesis de proteínas significativamente evitando la ganancia de masa muscular.

- La cantidad de proteína que requiere una persona en los procesos de rehabilitación puede llegar a ser superior con relación a otros momentos, en especial antes y/o después de la sesión de trabajo.
- Las grasas y en especial los ácidos grasos esenciales y más puntualmente el omega 3, juegan un rol importante en la inflamación, ya que la puede disminuir.
- Es de gran valor saber de forma sencilla como manejar la hidratación de los deportistas, ya que niveles de deshidratación por encima del 2% pueden llevar a una mala toma de decisiones e incluso a fatigas que pueden terminar en lesiones en especial musculares.
- Los suplementos serán siempre de gran ayuda, sin embargo, estos juegan un papel de "aditivo" a cada fase, ya que lo primordial siempre será la alimentación y quien dirija cada una de las etapas de la rehabilitación, no obstante, existen ayudas que realmente funcionan como las descritas en el capítulo.

Referencias

1. Mata O F, Novella M. Nutrición en la prevención y la recuperación de lesiones deortivas. In Gross M. Nutrición deportiva. Desde la Fisiología a la práctica. Madrid: Panamericana; 2021.
2. NSC. Injury facs. [Online].; 2022. Available from: https://injuryfacts.nsc.org/home-and-community/safety-topics/sports-and-recreational-injuries/.
3. Yardi S. MarketUS. [Online].; 2024. Available from: https://media.market.us/sport-medicine-statistics/.
4. Brown L, Tarnowski C, Randell R, Carter J, Rollo I, Lizarraga T, et al. Nutrición deportiva. Kit de herramientas. Barcelona:; 2021. https://es.scribd.com/document/715491171/Herramientas-GSSI-FCB
5. Velasquez de Correa G. Fundamentos de alimentación saludable Medellin: Universidad de Antioquia; 2006.
6. Blasco Redondo R. Gasto energético en reposo. Métodos de evaluación y aplicaciones. Rev Esp Nutr Comunitaria. 2015;: p. 243-251. https://doi.org/10.14642/RENC.2015.21.sup1.5071
7. Gonzalez Gross M. Nutrición deportiva, desde la fisiología a la práctica Madrid : Panamericana médica; 2021.

8. MiradorSalud. Hallazgos interesantes sobre nuestro gasto energético [Internet]. 2021 Sep 21 [cited 2025 Mar 9]. Available from: https://miradorsalud.com/hallazgos-interesantes-sobre-nuestro-gasto-energetico/.

9. Von Loeffelholz C. The role of non-exercise activity thermogenesis in human obesity. Endotexto. 2014. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279077/

10. Barele A. Conceptos básicos sobre nutrición humana y deporte. Argentina:; 2008.

11. Smith-Ryan A, Hirsch K, Saylor H, Gould L, Blue M. Nutritional Considerations and Strategies to Facilitate Injury Recovery and Rehabilitation. J Athl Train. 2020 Septiembre 1; 55 (9): p. 918-930. doi: 10.4085/1062-6050-550-19

12. García Luna PP, Pérez de la Cruz AJ. Nutrientes específicos. Hacia una nutrición clínica individualizada Madrid: Aula médica, información en salud; 2013. Disponible en https://www.chospab.es/biblioteca/libros/nutrientes_especificos.pdf

13. Gómez MJ, Moreno Dominguez O, González Madroño A, Gómez Candela C. Hidratos de carbono: suplementación y ayudas ergogénicas. In Cross MG. Nutricion deportiva, desde la fisiología a la práctica.: Panamericana; 2020.

14. Gonzales Gross M, Aparicio Urraziga R, Fuentes Jiménez F. Vitaminas, suplementación yayuda ergogénica. In Marcela GG. Nutrición deportiva, desde la fisiología a la práctica. Madrid: Panamericana médica; 2021.

15. Hall JE. Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica [Internet]. 14.ª ed. Barcelona: Elsevier; 2021 [citado 2026 Jul 19]. Disponible en: Elsevier Inspection Copy

16. López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Metabolismo y sistemas básicos de energía. In Cross MG. Nutrición Deportiva. Desde la fisiología a la práctica. Madrid: Panamericana médica; 2020.

17. Zoladz. Muscle and Exercise Physiology Cambridge: Academic Press is an imprint of Elsevier; 2019. Disponible en https://shop.elsevier.com/books/muscle-and-exercise-physiology/zoladz/978-0-12-814593-7

18. Schlabach G. Carbohydrate strategies for injury prevention. J Athl Train. 1994 Septiembre 29. Disponible en https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1317793/

19. Papadopoulou SK. Rehabilitation Nutrition for Injury Recovery of Athletes: The Role of Macronutrient Intake. nutrients. 2020; p. 1-17. doi: 10.3390/nu12082449

20. Demling R. Nutrition, anabolism, and the wound healing process: an overview. Eplasty. 2009 Febrero 3. Disponible en https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2642618/

21. Thomas D, Erdman K, Burke L. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. Med Sci Sports Exerc. 2016 Marzo; 48 (3): p. 543-568. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000852

22. Bonilla Ocampo D. G-SE. [Online].; 2016. Available from: https://g-se.com/consideraciones-metabolicas-de-las-proteinas-bp-n57cfb26dde6c6.

23. García Luna PP, López Gallardo G. Evaluación de la absorción y metabolismo intestinal. Nutr Hosp. 2007;22(Supl 2):5-13 [Internet]. [citado 2026 Jul 19]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v22s2/fisiologia1.pdf

24. Baskin K, Taegtmeyer H. Taking pressure off the heart: the ins and outs of atrophic remodelling. Cardiovasc Res. 2011. doi: 10.1093/cvr/cvr060

25. Álvarez L, Iglesias. I. Avances en Alimentación y Nutrición. Biblioteca Fundación Universitaria Iberoamericana. 2004. Disponible en https://nutricion.org/wp-content/uploads/2019/04/AVANCES-ALIMENTACION-2012.pdf

26. Leaf A. The Definitive Guide to Whey Protein. Examine; 2018. Disponible en https://examine.com/guides/protein-intake/?srsltid=AfmBOooMGnqdMwj-Uq1RaWgSMUZpTaZFmf_vcpDgxfQzvoZxgZnqvlB-

27. Examine. Optimal Protein Intake Guide & Calculator [Internet]. Solana Beach (CA): Examine.com; [citado 2026 Jul 19]. Disponible en: https://examine.com/guides/protein-intake/

28. MacLaren D, Morton J. Biochemistry for Sport and Exercise Metabolism Oxford: Wiley-Blackwell; 2024. https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-24683216-0377c3eb6f.pdf

29. Wall B, Morton J, van Loon L. Strategies to maintain skeletal muscle mass in the injured athlete: nutritional considerations and exercise mimetics. Eur J Sport Sci. 2015; 15 (1): p. 53-62. DOI: 10.1080/17461391.2014.936326

30. Phillips S, Van Loon L. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. J Sports Sci. 2011; 29 (1): p. 29-38. DOI: 10.1080/02640414.2011.619204

31. Hortobágyi T, Dempsey L, Fraser D, Zheng D, Hamilton G, Lambert J, et al. Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. J Physiol. 2000 abril 1; p. 293-304. DOI: 10.1111/j.1469-7793.2000.00293.x

32. Mendias C, Lynch E, Davis M, Sibilsky Enselman E, Harning J, Dewolf P, et al. Changes in circulating biomarkers of muscle atrophy, inflammation, and cartilage turnover in patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction and rehabilitation. Am J Sports Med. 2013 Agosot; 41 (8): p. 1819-1826. DOI: 10.1177/0363546513490651

33. Izquierdo Redín, González-Badillo JJ, Ibáñez Santos, Alonso Martínez, Gorostiaga Ayestarán EM. Entrenamiento de fuerza: adaptaciones neuromusculares y hormonales. In Lopez Chicharro J. Fisiología del ejercicio. Madrid: Panamericana; 2019. p. 168. Disponible en https://es.scribd.com/document/567342526/ADADTACIONES-NEUROMUSCULARES-Y-HORMONALES-DEL-ENTRENAMIENTO-DE-FUERZA

34. Tipton KD. Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. Sports Med. 2015; 45 (1): p. 93-104. DOI: 10.1007/s40279-015-0398-4

35. Kerksick CM, Arent S, Schoenfeld BJ, Stout JR, Campbell B, Wilborn CD, et al. International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2017; 14 (33): p. 1-21. https://doi.org/10.1186/s12970-017-0189-4

36. Areta JL, Burke LM, Ross ML, Camera DM, West DW, Broad EM, et al. Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. The Journal of Physiology. 2013 Marzo 05; 591 (9): p. 1-13. doi: 10.1113/jphysiol.2012.244897

37. Cabezas Sabana C, Hernández Torres B, Vargas Zarate M. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. Rev. Fac. Med. 2016; p. 761-768. DOI: http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684

38. Kathleen Mahan, Escott-Stump S, Raymond, JL. Dietoterapia: ELSIVIER; 2013. Disponible en https://www.academia.edu/44464991/Krause_Dietoterapia_14_a_EDICI%C3%93N

39. Nieschlag E, Behre H, Nieschlag S. Testosterone Action, Deficiency, Substitution Cambridge: Cambridge University Press; 2004.

40. Dussaillan C, Echeverría G, Rozowsk J, Velasco N, Arteaga A, Rigotti A. Consumo de huevo y enfermedad cardiovascular: una revisión de la literatura científica. Nutrición Hospitalaria. 2017. https://dx.doi.org/10.20960/nh.473

41. García Luna PP, Pérez de la Cruz AJ. Nutrientes específicos, Hacia una nutrición clínica individualizada Madrid: Aula médica; 2013. Disponible en https://www.chospab.es/biblioteca/libros/nutrientes_especificos.pdf

42. Aragon, Schoenfeld. Nutrient timing revisited: is there a post-exercise anabolic window? Journal of the International Society of Sports Nutrition volume. 2013; 10 (5): p. 2-11. https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-5

43. Melin A, Spanoudaki MJ, Rikardt Andersen J, Papadopoulo S. Nutrition Needs During Recovery Following Athletic Injury. Sports Injuries. 2024 abril 30. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36801-1_304-2

44. Elena QA, Janeth GB, Maritza DC, Lucía QO, Mercedes M, Eduardo MF, et al. Lineamiento de política pública en ciencias del deporte en nutrición Bogotá: COLDEPORTES; 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/328602944_LINEAMIENTOS_DE_POLITICA_PUBLICA_EN_CIENCIAS_DEL_DEPORTE_LINEA_TECNICA_METODOLOGICA_Coldeportes_Colombia

45. Gil MA. Manual de nutrición deportiva Badaloña: Paidotribo ; 2005.

46. Peralta CA. Fisiología de la Nutrición México: Mc Graw Hill; 2012. Disponible en https://politecnicometro.edu.co/wp-content/uploads/2021/10/Fisiologi%CC%81a-de-la-nutricio%CC%81n.pdf

47. Jiang Q. Natural forms of vitamin E: metabolism, antioxidant, and anti-inflammatory activities and their role in disease prevention and therapy. Free Radic Biol Med. 2014 Jul; 72:76-90. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2014.03.035. Epub 2014 Apr 3. PMID: 24704972; PMCID: PMC4120831.

48. Quinchia Castro A, González Pulido B, Díaz Torres C, Quiroz Bastidas O, Mora Plazas M, Marino Isaza F, et al. Lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte en Nutrición Coldeportes, editor. Bogotá: Coldeportes; 2016. Disponible en https://es.scribd.com/document/410216299/LINEAMIENTO-NUTRICION-DEPORTIVA-PDF-2016-pdf

49. Palma Pulido LH, Portela J, Lerma R, Mendez C, Bonilla D. Descriptive analysis of the water balance in swimmers of the club orcas Tuluá. Wseas Transactions on Environment and Development. 2018;: p. 619-629. Disponible en https://wseas.com/journals/ead/2018/b305915-096.pdf

50. Geers AB, Bohn D. Body fluids and salt metabolism – Part I. Ital J Pediatr. 2009; 35:36. doi:10.1186/1824-7288-35-36.

51. López Chicharro J. físico, Estrés térmico y ejercicio. In López Chicharro J, Fernández Vaquero A. Fisiología del ejercicio. Madrid: Panamericana; 2019.

52. Palacio Lacambra ME, Sabin Urkia P. Hidratación y rendimiento físico. Barcelona: 2015.

53. Fernández V, Mora R, González M. El agua y la hidratación en el deporte. In M G. Nutrición deportiva de la fisiología a la práctica. Barcelona: Panamericana; 2020.

54. Casa D, Armstrong L, Hillman S, Montain S, Reiff RV, Rich B, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. Journal of Athletic Training. 2000; p. 212-224. Disponible en https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1323420/pdf/jathtrain00002-0094.pdf

55. Morente A, LLorente F. Hidratación y deshidratación en la actividad física sevilla: Wanceulen; 2020.

56. Urdampilleta A, Gómez-Zorita S, Soriano JM, Martínez-Sanz JM, Medina , Gil-Izquierdo. Hydration and chemical ingredients in sport drinks: food safety in the European context. Nutr Hosp. 2015; p. 1889-1899. DOI: 10.3305/nh.2015.31.5.7867

57. Maughan Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon LJC, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernec A, Currell K, Ali VM, Budgett RG, Ljungqvist A, Mountjoy M, Pitsiladis YP, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. Br J Sports Med. 2018 Apr;52(7):439-455. doi: 10.1136/bjsports-2018-099027. Epub 2018 Mar 14. PMID: 29540367; PMCID: PMC5867441.

58. AIS. Australian Institute of Sport. [Online].; 2022. Available from: https://www.ais.gov.au/nutrition/supplements.

59. Department of Nutrition and Food Sciences. Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications Guo M, editor. Burlington: Wiley; 2019. Disponible en https://www.wiley.com/en-us/Whey+Protein+Production%2C+Chemistry%2C+Functionality%2C+and+Applications-p-9781119256021

60. Marshall K. Therapeutic Applications of Whey Protein. Alternative Medicine Review. 2004; 9 (2): p. 136-156. Disponible en https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15253675/

61. Quintero KJ, de Sá Resende A, Fogaça Leite GS, Lancha Junior AH. An overview of nutritional strategies for recovery process in sports-related muscle injuries. Nutrire. 2018; 43 (27). DOI: 10.1186/s41110-018-0084-z

62. Nicholas A B, Yang Y, Moore, Tang JE, Tarnopolsky M, Phillips S. Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men. British Journal of Nutrition. 2012 enero; 108 (6) DOI: 10.1017/S0007114511006271

63. Hartman J, Tang J, Wilkinson S, Tarnopolsky M, Lawrence R, Fullerton A, et al. Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. The American Journal of Clinical Nutrition. 2007; 86 (2): p. 373-381. DOI: 10.1093/ajcn/86.2.373

64. Rittig N, Bach E, Thomsen H, Møller A, Hansen J, Johannsen M, et al. Anabolic effects of leucine-rich whey protein, carbohydrate, and soy protein with and without β-hydroxy-β-methylbutyrate (HMB) during fasting-induced catabolism: A human randomized crossover trial. Clinical Nutrition. 2017 Junio; 36 (3): p. 697-715. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.05.004

65. Helms E, Aragon A, Fitsche P. Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2014; 11 (20): p. 1-20. https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-20

66. Areta J, Burke L, Camera D, West D, Crawshay S, Moore D, et al. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. Endocrinology and metabolims. 2014 marzo 4; 306: p. 989-998. DOI: 10.1152/ajpendo.00590.2013

67. Giraldo-Vallejo JE, Cardona-Guzmán MÁ, Rodríguez-Alcivar EJ, Kočí, Petro JL, Kreider RB, et al. Nutritional Strategies in the Rehabilitation of Musculoskeletal Injuries in Athletes: A Systematic Integrative Review. Nutrients. 2023; 15 (4). DOI: 10.3390/nu15040819

68. Marshall RP, Droste JN, Giessing , Kreider RB. Role of Creatine Supplementation in Conditions Involving Mitochondrial Dysfunction: A Narrative Review. Nutrients. 2022; 14 (3). DOI: 10.3390/nu14030529

69. Souza Padilha C, Sanches Cella P, Rodrigues Salles , Deminice R. Oral creatine supplementation attenuates muscle loss caused by limb immobilization: a systematic review. Fisioter Mov. 2017 Octubre; 30 (4): p. 831-838. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1980-5918.030.004.AR01

70. Kreider RB, Jäger R, Purpura M. Bioavailability, Efficacy, Safety, and Regulatory Status of Creatine and Related Compounds: A Critical Review. Nutrients. 2022; 14. DOI: 10.3390/nu14051035

71. Jose A, Candow DG, Forbes SC, Gualano B, Jagim AR, Kreider RB, et al. Common questions and misconceptions about creatine supplementation: what does the scientific evidence really show? Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2021; 18 (13). https://doi.org/10.1186/s12970-021-00412-w

72. Muccini AM, Tran NT, de Guingand DL, Philip M, Della Gatta PA, Galinsky R, et al. Creatine Metabolism in Female Reproduction, Pregnancy and Newborn Health. nutrients. 2021 febrero; 13. DOI: 10.3390/nu13020490

73. García Luna PP, Pérez de la Cruz AJ. Nutrientes específicos. Hacia una nutrición clínica individualizada Madrid: Aulamedica; 2013. Disponible en https://www.chospab.es/biblioteca/libros/nutrientes_especificos.pdf

74. Gammone MA, Riccioni G, Parrinello G, D'Orazio. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport. Nutrients. 2019; 11 (46). DOI: 10.3390/nu11010046

75. Gingras A, White P, Chouinard P, Julien P, Davis T, Dombrowski L, et al. Long-chain omega-3 fatty acids regulate bovine whole-body protein metabolism by promoting muscle insulin signalling to the Akt-mTOR-S6K1 pathway and insulin sensitivity. J Physiol. 2007 febrero 15. DOI: 10.1113/jphysiol.2006.121079

76. Gordon S, Atherton P, Reeds D, Mohammed S, Rankin D, Renn M, et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids augment the muscle protein ana-

bolic response to hyperinsulinaemia–hyperaminoacidaemia in healthy young and middle-aged men and women. Clinical Science. 2011 septiembre; 121 (6). DOI: 10.1042/CS20100597

77. Mickleborough TD, Sinex JA, Platt D, Chapman RF, Hirt M. The effects PCSO-524®, a patented marine oil lipid and omega-3 PUFA blend derived from the New Zealand green lipped mussel (Perna canaliculus), on indirect markers of muscle damage and inflammation after muscle damaging exercise in untrained men: a random. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015; 12 (1). DOI: 10.1186/s12970-015-0073-z

78. Smith GI, Atherton P, Reeds DN, Mohammed BS, Rankin D, Rennie MJ, Mittendorfer B. Dietary omega-3 fatty acid supplementation increases the rate of muscle protein synthesis in older adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*. 2011;93(2):402-412. doi:10.3945/ajcn.110.005611.

79. Leslie CA, Gonnerman WA, Ullman MD, Hayes KC, Franzblau, Cathcart ES. Dietary fish oil modulates macrophage fatty acids and decreases arthritis susceptibility in mice. J Exp Med. 1985; 162 (4): p. 1336–1349. DOI: 10.1084/jem.162.4.1336

80. Wensing AGCL, Mensink RP, Hornstra. Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine origin on platelet aggregation in healthy elderly subjects. British Journal of Nutrition (1999); 82: p. 183-191. PMID: 10655965. Disponible en https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/effects-of-dietary-n3-polyunsaturated-fatty-acids-from-plant-and-marine-origin-on-platelet-aggregation-in-healthy-elderly-subjects/8DBAB9C2AE95CB69412C6ABA2D90ABB7

81. Harris WS, Silveira S, Dujovne C. The combined effects of N-3 fatty acids and aspirin on hemostatic parameters in man. Thrombosis Research. 1990; 57 (4): p. 517-526. DOI: 10.1016/0049-3848 (90)90069-o

82. Anand P, Kunnumakkara A, Newman R, Aggarwal B. Bioavailability of curcumin: problems and promises. Mol Pharm. 2007 noviembre; 4 (6). DOI: 10.1021/mp700113r

83. Jamwal R. Bioavailable curcumin formulations: A review of pharmacokinetic studies in healthy volunteers. J Integr Med. 2018 noviembre; 16 (6): p. 367-374. DOI: 10.1016/j.joim.2018.07.001

84. Ferguson J, Abbott K, Garg M. Anti-inflammatory effects of oral supplementation with curcumin: a systematic review and meta-analysis of

randomized controlled trials. Nutr Rev. 2021 agosto; 79 (9): p. 1043-1066. DOI: 10.1093/nutrit/nuaa114

85. Alizadeh M, Kheirouri S. Curcumin reduces malondialdehyde and improves antioxidants in humans with diseased conditions: a comprehensive meta-analysis of randomized controlled trials. Biomedicine (Taipei). 2019 diciembre; 4 (23). DOI: 10.1051/bmdcn/2019090423

86. Jakubczyk K, Drużga A, Katarzyna J, Skonieczna-Żydecka K. Antioxidant Potential of Curcumin-A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. Antioxidants (Basel). 2020 Noviembre; 9 (11). DOI: 10.3390/antiox9111092

87. White C, Pasupuleti V, Roman Y, Li Y, Hernandez A. Oral turmeric/curcumin effects on inflammatory markers in chronic inflammatory diseases: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Pharmacol Res. 2019 agosto; 14 (6). DOI: 10.1016/j.phrs.2019.104280

88. Tabrizi R, Vakili S, Akbari M, Mirhosseini N, Lankarani K, Rahimi M, et al. The effects of curcumin-containing supplements on biomarkers of inflammation and oxidative stress: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Phytother Res. 2019 febrero; 33 (2): p. 253-262. DOI: 10.1002/ptr.6226

89. Wang W, Li Y, Meng X. Vitamin D and neurodegenerative diseases. Heliyon. 2023 enero; 12 (9). DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e12877

90. Hull M, Brown W, Sicart PA. Healthy Aging Supplement Guide. Canada: Examine; 2020. Disponible en https://examine.com/guides/healthy-aging/?srsltid=AfmBOorIPlyG41Xe-dEc3xng19-UP7u2jKLaHrt-K7rLi4XTZRlUtcFt

91. Supriya S, Sanjay D, Shaleen C, Akansha S, Pradkshana V. Colágeno: un breve análisis. OMPJ. 2019; 10 (1): p. 11-17. DOI: 10.5005/jp-journals-10037-1143

92. Gelse, Poschl E, Aigner T. Collagens—structure, function, and biosynthesis. Science direct. 2003; 55: p. 1531–1546. DOI: 10.1016/j.addr.2003.08.002

93. Owczarzy A, Kurasiński R, Kulig K, Rogóż W, Szkudlarek A, Maciążek-Jurcz M. Collagen - structure, properties and application. Engineering of Biomaterials. 2020; p. 17-23. DOI: https://doi.org/10.34821/eng.biomat.156.2020.17-23

94. Bello A, Oesser S. Collagen hydrolysate for the treatment of osteoarthritis and other joint disorders: a review of the literature. Curr Med Res Opin. 2006 Noviembre; 22 (11): p. 2221-2232. DOI: 10.1185/030079906X148373