

Módulo 4. Sistema inmunitario

Unidad 4.1 Ejercicio y sistema inmunitario

Uno de los factores más importantes para un equipo en el fútbol es asegurarse de que el equipo en conjunto esté sano. Prevenir las lesiones y las enfermedades es fundamental para el éxito. Sin embargo, especialmente en el nivel más alto, en donde se juegan dos y a veces hasta tres partidos en una semana, con muchos viajes, espacios concurridos, etc., esto puede ser complicado. Lamentablemente, el ejercicio intenso y la recuperación limitada comprometerán al sistema inmunitario y, por lo tanto, es común que ocurran infecciones del tracto respiratorio superior durante los períodos invernales (en la temporada europea) cuando hay un programa de partidos saturado.

Es importante asegurarse de que el sistema inmunitario esté preparado para combatir microorganismos potencialmente dañinos (patógenos) como bacterias, virus y hongos. Si bien muchos factores influyen en la inmunodepresión inducida por el ejercicio (p. ej., el estrés físico, ambiental y psicológico), la nutrición tiene un rol muy importante. Una nutrición inadecuada puede provocar deficiencias y la función subóptima del sistema inmunitario. Con estrategias de nutrición adecuadas es posible optimizar la recuperación, y en esta sección exploraremos la evidencia de que las intervenciones nutricionales pueden ayudar a prevenir la inmunodepresión. Primero, estudiaremos el sistema inmunitario y los efectos del ejercicio en el sistema inmunitario.

4.1.1 El sistema inmunitario

El sistema inmunitario está involucrado en la reparación de los tejidos después de la lesión y en la protección del organismo contra microorganismos potencialmente dañinos (patógenos) como las bacterias, los virus y los hongos. En algunas circunstancias, el sistema inmunitario puede estar funcionalmente deprimido (lo que se conoce como inmunodepresión), lo cual puede causar una mayor susceptibilidad a la infección. Varias formas de estrés, incluido un programa pesado de entrenamiento y competición, pueden conducir a la inmunodepresión en los deportistas, lo cual los expone a un mayor riesgo de infecciones oportunistas, particularmente infecciones del tracto respiratorio superior (ITRS) (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 365).

Las deficiencias nutricionales pueden afectar la función inmunitaria y aumentarán el riesgo de infección. También es evidente que "incluso las infecciones médicamente

inofensivas pueden afectar el rendimiento deportivo significativamente" (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 365).

Dicho de manera sencilla, el sistema inmunitario reconoce, ataca y destruye cosas que son ajenas al organismo. En realidad, las funciones de este sistema homeostático son mucho más complejas, e implican la coordinación precisa de muchos tipos de células y mensajeros moleculares. No obstante, como cualquier otro sistema homeostático, el sistema inmunitario está compuesto por mecanismos redundantes para asegurar que se lleven a cabo los procesos esenciales.

El sistema inmunitario tiene dos funciones generales, la inmunidad **innata** (natural o no específica) y la inmunidad **adaptativa** (adquirida o específica), que trabajan sinérgicamente. El intento de un agente infeccioso de ingresar al organismo activa inmediatamente el sistema innato. Esta así llamada primera línea de defensa comprende tres mecanismos generales que tienen la meta común de restringir el ingreso de microorganismos en el organismo:

- barreras físicas o estructurales (piel, revestimientos epiteliales y secreciones de las mucosas);
- barreras químicas (pH de líquidos corporales y factores solubles);
- células fagocíticas (p. ej., neutrófilos y macrófagos o monocitos).

□

□

□

La falla del sistema innato y la infección resultante activa el sistema adaptativo, que ayuda a la recuperación de la infección. La inmunidad adaptativa se ve favorecida considerablemente con la adquisición, por parte de los linfocitos T y linfocitos B, de receptores que reconocen las moléculas extrañas (llamadas antígenos), lo que genera especificidad y "memoria" que permiten que el sistema inmunitario prepare una respuesta aumentada cuando el huésped es reinfectado por el mismo patógeno.

Los componentes del sistema inmunitario comprenden elementos celulares y solubles. Los glóbulos blancos de la sangre (leucocitos) tienen diversas funciones, a pesar de su origen común a partir de las células madre de la médula ósea. Los leucocitos están compuestos por granulocitos (de 60 % a 70 %), monocitos (de 10 % a 15 %) y linfocitos (de 20 % a 25 %). Se pueden identificar varios subgrupos de estos últimos a través de proteínas específicas (cúmulos de diferenciación o cúmulos de designación [CD]) que se expresan en la superficie celular de un tipo de célula particular. Por ejemplo, todos los linfocitos T expresan la proteína CD3 en la superficie celular. Los linfocitos B no expresan la CD3 pero expresan las CD19, CD20 y CD22. Un subgrupo particular de linfocitos T llamados colaboradores T específicamente expresan la proteína CD4, mientras que las células T citotóxicas expresan la CD8. Las células T reconocen las secuencias cortas de péptidos de los antígenos solo si se mantienen en la superficie de la célula acompañadas por una molécula de complejo mayor de histocompatibilidad (CMH). La habilidad del sistema inmunitario para distinguir lo propio de lo no propio depende en gran medida del CMH, un grupo de marcadores de proteínas que está presente en la superficie de cada célula y es levemente diferente en cada persona (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 366).

4.1.2 Efecto del ejercicio en la función inmunitaria

"Los deportistas que participan en programas de entrenamiento intensos, particularmente eventos de resistencia, parecen ser más susceptibles a las infecciones que la población en general. Por ejemplo, los dolores de garganta y los síntomas semejantes a los de la gripe son más comunes en los deportistas". (Calder y Yaqoob, 2013, p. 653). Actualmente, muchos deportistas que participan en deportes de élite "están expuestos a cargas de entrenamiento altas y calendarios de competición cada vez más saturados" (Soligard et al., 2016, p.1030). La incipiente evidencia indica que la administración inadecuada de la carga es un factor de riesgo significativo tanto para los episodios agudos de enfermedad como para el síndrome de sobreentrenamiento.

El Comité Olímpico Internacional (COI) [recientemente] convocó a un grupo de expertos para revisar la evidencia científica sobre la relación de la carga ([incluidos] los cambios rápidos en el entrenamiento y la carga de competición, la congestión del calendario de competición, la carga psicológica y los viajes) y los resultados para la salud en el deporte (Soligard et al., 2016, p. 1030).

Llegaron a la conclusión de que hay evidencia acerca de que los cambios en la carga externa (mayor volumen e intensidad del entrenamiento) y la carga interna de entrenamiento (las respuestas fisiológicas y psicológicas a la carga externa en cada individuo) están asociados con un riesgo aumentado de enfermedad, y que la participación en las competiciones (simples o múltiples) está asociada con un riesgo aumentado de enfermedad. Sin embargo, también reconocieron que todavía no es posible cuantificar la magnitud del aumento de la carga de entrenamiento que está relacionada con el riesgo aumentado de una enfermedad específica en cualquier deporte. Además, que los factores responsables del riesgo aumentado de enfermedad como consecuencia del entrenamiento intensivo y la competición probablemente son multifactoriales y se tienen que explorar más en estudios futuros (Schwellnus et al., 2016).

Sin embargo, "cierta evidencia convincente sugiere que esta susceptibilidad aumentada a la infección surge debido a una depresión en la función del sistema inmunitario" (Calder y Yaqoob, 2013, p. 653). (Para ver revisiones detalladas, consulte: Gleeson, February, 2016; Gleeson & Walsh, 2012; Gleeson & Williams, 2013; Walsh et al., 2011).

El componente principal del sistema inmunitario está compuesto por glóbulos blancos o leucocitos.

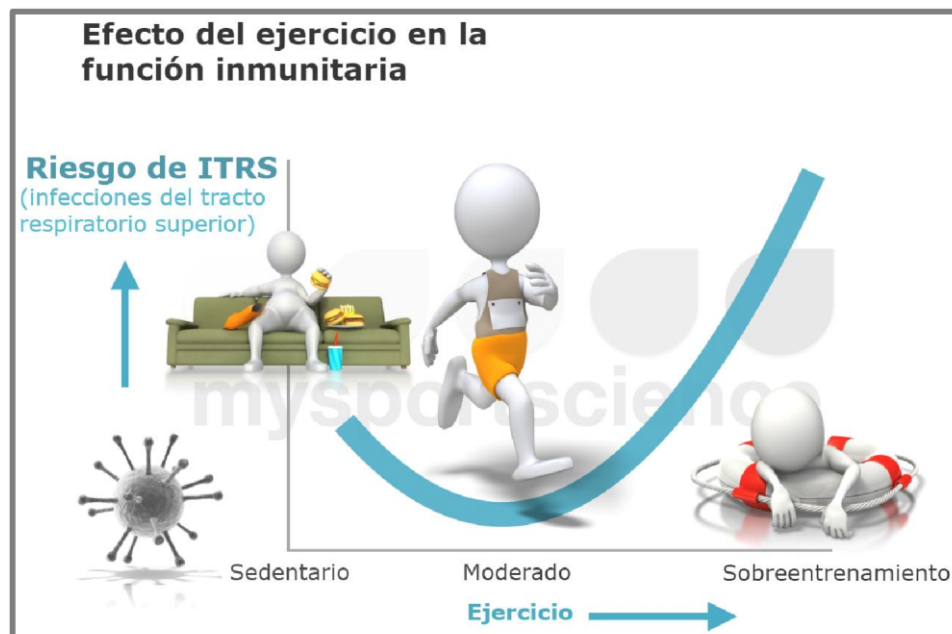
Los números circulantes y las capacidades funcionales de los leucocitos pueden disminuir a causa de series repetidas de ejercicio intenso y prolongado [...]. Esto puede deberse a mayores niveles de hormonas del estrés (p. ej., epinefrina y cortisol) y citoquinas antiinflamatorias (p. ej., IL-6 e IL-10) durante el ejercicio y la entrada a la circulación de leucocitos menos maduros de la médula ósea (Calder y Yaqoob, 2013, p. 653).

La producción aumentada de radicales libres durante el ejercicio es otro posible inhibidor de varias funciones de las células inmunitarias. "También se ha sugerido que los descensos en la concentración de glutamina en la sangre son una posible causa de la inmunodepresión asociada con el entrenamiento intenso, aunque la evidencia para esto es menos convincente" (Calder y Yaqoob, 2013, p. 653). La inflamación causada por el daño muscular puede ser otro factor.

La relación entre el ejercicio y la susceptibilidad a la infección se ha modelado con una curva en forma de J (Nieman, 1994) [...]. Este modelo sugiere que, aunque al participar en actividad moderada puede aumentar la función inmunitaria sobre los niveles sedentarios [...], cantidades excesivas de ejercicio prolongado y de alta intensidad [pueden] provocar efectos perjudiciales en la función inmunitaria. Si bien la literatura proporciona sólida evidencia que respalda el último punto, hay relativamente poca evidencia disponible para sugerir alguna diferencia clínicamente significativa en la función inmunitaria entre las personas sedentarias y las moderadamente activas (Calder y Yaqoob, 2013, p. 653).

De este modo, la porción de la curva en J que representa esta parte de la relación quizás se debería aplanar, como se observa en la Figura 1.

Figura 1: El modelo de la curva en J implica que el riesgo de infección del tracto respiratorio superior (ITRS) se reduce con la actividad moderada, pero se eleva progresivamente con cargas de entrenamiento más pesadas



Fuente: Jeukendrup, 26 de septiembre de 2016, <https://goo.gl/o1XtLy>

[C. E.] Matthews et al. (2002) informaron que el rendimiento regular de alrededor de 2 horas de ejercicio moderado por día estaba asociado con una reducción del 29 % en el riesgo de ITRS en comparación con el estilo de vida sedentario. De la misma manera, en un estudio con más de 1000 participantes, Nieman et al. [Nieman, Henson, Austin y Sha] (2011) observaron que hacer ejercicio moderado 5 o más días a la semana estaba asociado con un riesgo de ITRS un 30 % menor que hacer 1 día o menos días de ejercicio por semana. Este hallazgo señala que el beneficio del ejercicio regular moderado en la mejora de la resistencia a la infección es bastante pequeño [aunque hay, por supuesto, beneficios sustanciales para la salud metabólica y cardiovascular con un estilo de vida más activo] (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 381).

Los programas de competición saturados junto con numerosos viajes, eventos de prensa, grandes multitudes, etc. aumentan la susceptibilidad a la infección y tienen que administrarse con cuidado. A continuación se analizan los factores que aumentan las probabilidades de enfermedad.

4.1.3 Causas de enfermedad en los jugadores

Las enfermedades más comunes en los deportistas (y en la población en general) son las infecciones virales del tracto respiratorio superior (es decir, el resfriado común y la gripe), que son más comunes en los meses de invierno. Los adultos habitualmente experimentan entre dos y cuatro episodios de enfermedad respiratoria por año. Los deportistas también pueden desarrollar síntomas parecidos (p.ej., dolor de garganta [secreción nasal, tos seca]) debido a la alergia o inflamación [que afecta el revestimiento mucoso del tracto respiratorio superior] causadas por la inhalación de aire frío, seco o contaminado [...]. [En sí mismos,] estos síntomas son generalmente triviales, pero sin importar si la causa es la inflamación infecciosa o alérgica, pueden hacer que el deportista interrumpa el entrenamiento, tenga un rendimiento inferior o incluso se pierda una competición importante (Gleeson, 2015, p.1).

"Las series prolongadas de ejercicio extenuante [generalmente de más de 90 minutos y de una naturaleza continua más que intermitente, como una sesión de entrenamiento bastante típica en el fútbol] han demostrado que generan una depresión transitoria de las funciones de los glóbulos blancos (leucocitos)" (Gleeson, 2015, p. 2), lo cual, en consecuencia, puede perjudicar la defensa contra patógenos infecciosos, incluidos tanto virus como bacterias. Se ha sugerido que "tales cambios crean una 'ventana abierta' de protección disminuida en el individuo" (Gleeson, 2015, p. 2), tiempo durante el cual los patógenos "pueden afianzarse, lo que aumenta el riesgo de que se desarrolle una infección" (Walsh et al., 2011, como se cita en Gleeson, 2015, p. 2). Otros factores como "el estrés psicológico, la falta de horas de sueño y la nutrición inadecuada (particularmente deficiencias de proteína y micronutrientes esenciales) también pueden deprimir la inmunidad" (Walsh et al., 2011, como se cita en Gleeson, 2015, p. 2) y conducir a un riesgo de infección aumentado.

También hay algunas situaciones, tales como la proximidad a grandes multitudes, entrar en contacto estrecho con personas que sufren infecciones y estar expuesto a entornos con poca higiene, en las que puede aumentar la exposición de un deportista a agentes infecciosos. De este modo, el nivel de exposición a patógenos en el entorno del deportista y el estado del sistema inmunitario del deportista son dos importantes determinantes del riesgo de infección. Se pueden emplear varias estrategias, incluidas conductuales y nutricionales, para reducir estos factores de riesgo. Por supuesto, en muchos deportes profesionales que atraen grandes cantidades de espectadores la exposición de los competidores a grandes multitudes es inevitable. Los vuelos a países

extranjeros también pueden aumentar el riesgo de contraer infecciones. Recientemente se demostró que los viajes internacionales están asociados con significativamente más síntomas de enfermedad respiratoria alta (SRA) en jugadores profesionales de rugby que viajan a través de múltiples zonas horarias (Fowler, Duffield y Lu, 2016; Schwellnus et al., 2012). Los viajes internacionales fueron un factor de riesgo independiente para la enfermedad en otro estudio prospectivo entre esquiadores de fondo de élite (Svendsen et al. [Svendsen, Taylor, Tonnessen, Bahr, & Gleeson] 2016).

Durante el ejercicio dinámico, la exposición de los pulmones a bacterias y virus transportados por el aire aumenta debido al mayor ritmo y profundidad de la respiración. Sin embargo, los SRA también pueden surgir debido a alergia e inflamación de las vías aéreas por respirar aire frío, seco o contaminado; los SRA que se producen como resultado de esto son indistinguibles de los causados por una infección respiratoria. Por lo tanto, la causa de la mayor incidencia de los síntomas de enfermedad respiratoria en los deportistas es muy probablemente multifactorial (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

La enfermedad aguda puede causar una reducción en el rendimiento en el ejercicio, una interrupción del entrenamiento e incluso hacer que se pierda una competición importante. La enfermedad infecciosa aguda puede afectar a varios sistemas de órganos del cuerpo, lo que provoca una reducción en el rendimiento en el ejercicio a través de varios mecanismos, incluidos el deterioro de la coordinación motora, la reducción de la fuerza muscular y la fortaleza, la reducción de la capacidad aeróbica y alteraciones en la función metabólica. Además, la presencia de fiebre causa una disminución en la habilidad del organismo para regular la temperatura corporal y aumenta la pérdida de líquido a través de la transpiración, y de ese modo perjudica el rendimiento de la resistencia. También se ha documentado que una disminución en el rendimiento en el ejercicio después de la recuperación completa de una enfermedad respiratoria puede durar de 2 a 4 días, y los datos de un estudio indican que los corredores que comienzan una carrera de resistencia con síntomas sistémicos de una enfermedad aguda tienen de 2 a 3 veces menos probabilidades de completar la carrera. También se ha publicado que, en el 33 % de los casos, una infección (más comúnmente del tracto respiratorio) fue la razón por la cual los deportistas de élite de Gran Bretaña de 30 deportes olímpicos diferentes se perdieron las sesiones de entrenamiento. Quizás lo más importante es que una enfermedad infecciosa aguda también puede aumentar el riesgo de complicaciones médicas serias e

incluso de muerte súbita durante un ejercicio extenuante (Gleeson, 19 de agosto de 2016, <https://goo.gl/BGyJik>).

Otras enfermedades comunes en los deportistas son aquellas que afectan la piel, el tracto digestivo y el sistema genitourinario. Las infecciones de oído son más comunes en los deportes acuáticos. En los deportes de contacto, pueden ocurrir abrasiones de la piel [...] que aumentan el riesgo de infecciones transdérmicas. En algunas situaciones, la higiene de los alimentos puede ser un problema, lo que aumenta el riesgo de infecciones gastrointestinales.

Algunas formas de enfermedad que son bastante comunes en los deportistas pero no son infecciosas son la deshidratación y las enfermedades causadas por el calor. Un aumento en la permeabilidad del intestino puede permitir la entrada de endotoxinas bacterianas intestinales a la circulación, particularmente durante el ejercicio prolongado en el calor y esto puede causar el riesgo de enfermedad causada por el calor. Entre otras formas de enfermedad no infecciosa se incluyen las alergias que involucran el tracto respiratorio, la piel o el sistema digestivo y están causadas por una hipersensibilidad del sistema inmunitario a ciertas moléculas (a menudo, proteínas) que se inhalan (como el polen), entran en contacto con la piel (como el látex) o se comen (como el gluten de trigo). Todas ellas involucran la activación inadecuada del sistema inmunitario contra un compuesto que la mayoría de las personas normalmente tolera bien. La inflamación causada por esta hipersensibilidad es la principal causa de los síntomas de enfermedad. Pueden aparecer síntomas similares con la intolerancia a ciertos alimentos, aunque esto no implica directamente la activación del sistema inmunitario [como se explica a continuación] (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 377).

4.1.4 Nutrición para minimizar la inmunodepresión en los jugadores

Las malas prácticas nutricionales pueden contribuir a una inmunidad deficiente en los deportistas. Algunos deportistas adoptan dietas que son extremadamente altas en el contenido de carbohidratos en detrimento de las proteínas y las grasas. Al evitar alimentos altos en grasa animal, los deportistas están reduciendo su ingesta de vitaminas solubles en grasa y ácidos grasos esenciales (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Por otro lado, las dietas extremadamente bajas en carbohidratos aumentarán la respuesta de estrés al ejercicio, lo que además podría aumentar la inmunodepresión.

Los informes anecdóticos y de los medios de comunicación promueven los supuestos beneficios para el rendimiento de ciertas vitaminas y minerales, pero la mayoría de los deportistas no se dan cuenta de que la suplementación de micronutrientes solo es beneficiosa para corregir una deficiencia y de que la ingesta excesiva de micronutrientes individuales puede ser tóxica o puede limitar la absorción de otros oligoelementos esenciales. Las deficiencias o los excesos de diversos componentes de la dieta tienen un efecto sustancial en la función inmunitaria y pueden exacerbar la inmunodepresión asociada con cargas de entrenamiento pesadas (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

¿Cómo influye la nutrición en la función inmunitaria?

La disponibilidad de nutrientes afecta potencialmente casi todos los aspectos del sistema inmunitario porque muchos nutrientes están involucrados en el metabolismo energético y en la síntesis de proteínas. La mayoría de las respuestas inmunitarias implican la replicación de células y la producción de proteínas con funciones específicas (p.ej., citoquinas, anticuerpos y proteínas de fase aguda). Las funciones del sistema inmunitario que pueden verse comprometidas son la producción de anticuerpos humorales y secretorios, la inmunidad celular, la capacidad bactericida de los fagocitos, la formación de complementos y la respuesta proliferativa de los linfocitos T a los mitógenos.

Se dice que una deficiencia nutricional tiene un efecto directo cuando el factor nutricional tiene actividad primaria dentro del sistema linfático, y un efecto indirecto cuando la actividad primaria afecta todo el material celular o el sistema de un órgano que funciona como un regulador inmunitario (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Por ejemplo, la disponibilidad de carbohidratos afecta directamente a varias funciones de los leucocitos pero también afecta indirectamente al sistema linfático a través de su influencia en los niveles de circulación de las catecolaminas, la hormona adrenocorticotropa (ACTH) y el cortisol. Los cambios en los niveles plasmáticos de estas hormonas del estrés probablemente son en la mayoría de los casos responsables de los cambios observados en la función inmunitaria después de una serie aguda de ejercicio.

El efecto de la deficiencia de nutrientes en el sistema inmunitario depende de la duración de la deficiencia además del estado nutricional del deportista como un todo. La gravedad de la deficiencia también es un factor, aunque incluso una deficiencia leve de un solo

nutriente puede alterar la respuesta inmunitaria. Como la disponibilidad de un nutriente puede mejorar o perjudicar la acción de otro, y las deficiencias de nutrientes con frecuencia ocurren juntas, también es importante considerar las interacciones entre nutrientes en la función inmunitaria. Los deportistas que están entrenando intensamente comen para satisfacer sus demandas de energía, consumiendo más macronutrientes (carbohidratos, proteínas y grasas) y micronutrientes (vitaminas y minerales) que los sujetos sedentarios. Por lo tanto, es posible que ingieran cantidades excesivas de algunos nutrientes. Las cantidades excesivas de nutrientes específicos (p. ej., omega 3, ácidos grasos poliinsaturados, hierro y zinc) pueden tener efectos nocivos en la función inmunitaria.

Generalmente a los deportistas se les aconseja comer una dieta bien balanceada compuesta por una variedad de alimentos en cantidad suficiente para cubrir sus gastos energéticos. Sin embargo, muchos deportistas alteran sus dietas. Pueden usar dietas altas en proteína, carbohidratos o grasas; dietas muy bajas en energía; ayuno; o megadosis de vitaminas y minerales. Tales extremos en la dieta realmente pueden comprometer la función inmunitaria. Por ejemplo, las dietas que son excesivamente altas en carbohidratos, preferidas por muchos deportistas para mantener altos los reservorios glucogénicos, generalmente son bajas en productos cárnicos y, por ende, son bajas en proteína (un nutriente importante para la función inmunitaria) y vitamina B₁₂ (esencial para la síntesis de ADN). Muchos deportistas evitan los lácteos para minimizar la ingesta de grasas saturadas, pero al hacerlo están excluyendo de su dieta recursos importantes de vitamina D, vitaminas del grupo B y calcio, todos los cuales tienen un rol de variada importancia en mantener la función inmunitaria. "Si la ingesta de grasa es una preocupación, entonces los deportistas deberían seleccionar lácteos sin grasa o bajos en grasa que proporcionen los mismos (o mayores) niveles de calcio, vitamina D y vitamina B₁₂ que los lácteos enteros" (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p.396). Es probable que solo la leche (a pesar del contenido de grasa) esté fortificada con vitamina D.

Unidad 4.2 La mejora del sistema inmunitario

4.2.1 Macronutrientes y función inmunitaria

Carbohidratos

La importancia de la disponibilidad adecuada de carbohidratos para el mantenimiento de programas de entrenamiento intenso y el rendimiento deportivo exitoso es incuestionable. Durante períodos de entrenamiento intenso, los deportistas deberían consumir carbohidratos suficientes. En el fútbol: de 5 a 8 g/kg p. c./día de carbohidratos. Estas recomendaciones apuntan principalmente a restituir los reservorios glucogénicos de los músculos y el hígado para asegurar la disponibilidad de carbohidratos suficiente para la contracción de los músculos esqueléticos para el entrenamiento durante días consecutivos" (Gleeson, 2006b, p. 165).

La glucosa también es un combustible importante [...] para las células del sistema inmunitario, incluidos los linfocitos, los neutrófilos y los macrófagos [...]. Los fagocitos registran una tasa de utilización de glucosa 10 veces mayor que la de utilización de glutamina cuando estos dos sustratos están presentes en el medio de cultivo en concentraciones fisiológicas normales [...]. La importancia de la glucosa para el funcionamiento adecuado de los linfocitos y los macrófagos se acentúa más en un estudio que muestra que la proliferación [estimulada por mitógenos] de estas células in vitro depende de una concentración de glucosa por encima del rango fisiológico (Gleeson, 2006b, p.165).

Las células del sistema inmunitario tienen tasas metabólicas extremadamente altas, y este hallazgo resalta la importancia de una nutrición adecuada para la provisión de combustibles para mantener la inmunocompetencia.

Como los niveles elevados de hormonas del estrés parece causar muchos aspectos de la deficiencia de la función inmunitaria inducida por el ejercicio,

se esperaría que las estrategias nutricionales que efectivamente reducen la respuesta de la hormona del estrés al ejercicio limiten el grado de disfunción inmunitaria inducida por el ejercicio. El tamaño de los reservorios glucogénicos en los músculos y en el hígado al comienzo del ejercicio influye en la respuesta hormonal e inmunitaria al ejercicio. La cantidad de glucógeno almacenado en el organismo es limitada (generalmente menos de 500 g) y se ve afectada por la actividad física reciente y la cantidad de ingesta alimentaria de carbohidratos (Calder y Yaqoob, 2013, p. 662).

Cuando las personas realizan ejercicio prolongado durante varios días con dietas muy bajas en carbohidratos (típicamente <50 g de carbohidratos por día), "la magnitud de la respuesta de la hormona del estrés (p. ej., adrenalina y cortisol) y la citoquina (p. ej., IL-6, antagonista del receptor de la interleuquina-1 (IL-1 ra), e IL-10) es considerablemente mayor que en dietas contenido normal o alto de carbohidratos" (Gleeson, Blannin, Walsh, Bishop, & Clark, 1998, as cited in Gleeson, Nieman & Pedersen, 2004, p. 119). "Además, el descenso en la concentración de glutamina en el plasma después del ejercicio es mayor que en dietas con contenido normal y alto de carbohidratos" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Se ha especulado que los deportistas carentes de carbohidratos se exponen al riesgo de los efectos inmunosupresivos del cortisol y la disponibilidad reducida de glutamina, incluida la supresión de la producción de anticuerpos, la proliferación de linfocitos y la actividad citotóxica de las células NK. En el estudio de Mitchell et al. (1998) se observó que hacer ejercicio (durante 1 hora a 75 % de VO₂ máx.) en un estado de agotamiento de glucógeno (inducido por el ejercicio previo y 2 días con una dieta baja en carbohidratos) produce un descenso mayor en la cantidad de linfocitos en circulación 2 horas después del ejercicio en comparación con el mismo ejercicio realizado luego de 2 días con una dieta alta en carbohidratos.

El consumo de carbohidratos durante el ejercicio prolongado atenúa los aumentos de epinefrina, cortisol y citoquinas en plasma (Nehlsen-Cannarella et al., 1997); atenúa el tráfico de la mayoría de los subgrupos de leucocitos y linfocitos, incluido el aumento en el ratio de neutrófilos:linfocitos; evita el descenso en la función de los neutrófilos inducido por el ejercicio; y reduce el alcance de la disminución de la proliferación de linfocitos T estimulada por mitógenos (por célula) después del ejercicio prolongado. Se demostró que consumir de 30 a 60 g de carbohidratos por hora durante 2,5 horas de ciclismo extenuante evitaba la disminución en la cantidad y el porcentaje de linfocitos T de interferón-gamma (IFN- γ) positivo y la supresión de la producción de IFN- α de linfocitos T estimulados observada en el ensayo de control con placebo. La producción de IFN- α es fundamental para la defensa antiviral y se ha sugerido que la supresión de la producción de IFN- α puede ser un mecanismo importante que conduce a un riesgo aumentado de infección después de series de ejercicios prolongadas.

El consumo de carbohidratos en las bebidas durante el ejercicio puede tener el beneficio adicional de ayudar a mantener la tasa de flujo salival durante el ejercicio. La saliva contiene varias proteínas con propiedades antimicrobianas, como la inmunoglobulina A (IgA), la lisozima y la α -amilasa. Durante los períodos de entrenamiento intenso, los deportistas tienen niveles más bajos de IgA en su saliva y esta condición puede contribuir a la mayor incidencia de ITRS. La secreción salival está bajo control neural. La estimulación del sistema nervioso simpático que ocurre durante el ejercicio causa la vasoconstricción de los vasos sanguíneos a las glándulas salivales lo que tiene como resultado una disminución en la secreción de saliva. La ingesta regular de líquido durante el ejercicio evita este efecto, y un estudio (Bishop, Blannin, Armstrong, Rickman, & Gleeson, 2000) ha confirmado que el consumo regular de bebidas con contenido de carbohidratos ayuda a mantener la tasa de flujo salival y, por lo tanto, la tasa de secreción de IgA salival durante el ejercicio prolongado (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Es importante notar que los cambios en estos indicadores de la función inmunitaria no necesariamente suponen una función inmunitaria comprometida o más infecciones.

Todavía no hay evidencia acerca de que algún efecto beneficioso de la alimentación con carbohidratos en las respuestas inmunitarias al ejercicio se traduzca en una incidencia menor de ITRS después del ejercicio prolongado. Si bien en un estudio con 98 maratonistas [Nieman et al., 2002] se informó una tendencia hacia un efecto beneficioso de la ingesta de carbohidratos en ITRS después de una carrera, este hallazgo no logró una relevancia estadística. Se necesitan estudios a mayor escala para investigar esta posibilidad (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Grasas

La ingesta de grasas es comúnmente del 20 al 35 % de la energía alimentaria, pero esto en sí no es realmente una recomendación. Sin embargo, el tipo de grasa alimentaria es importante.

Dos grupos de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) son esenciales para el organismo: la serie de omega 6 (n-6), derivada del ácido linoleico, y la serie de omega 3 (n-3), derivada del ácido linolénico. La ingesta adecuada de estos ácidos grasos (AG) para hombres y mujeres adultos son 17 y 12 g/día, respectivamente, para AG n-6, y 1,6 y 1,1 g/día, respectivamente, para AG n-3. En general, el organismo no puede sintetizar estos AG y, por lo tanto, debe proporcionarlos la dieta. Las dietas ricas en cualquiera de estos AGPI mejora las condiciones de los pacientes que sufren de enfermedades caracterizadas por un sistema inmunitario superactivo, como la artritis reumatoidea, y también hay evidencia de que los suplementos de AG n-3 de aceite de pescado pueden ayudar a minimizar los síntomas respiratorios en individuos susceptibles a la broncoconstricción inducida por el ejercicio (Mickleborough, Head, & Lindley, 2011). Estos AGPI tienen funciones inmunomoduladoras.

Si bien los linfocitos utilizan los AG como combustibles, su oxidación no parece ser crucial para la función de los linfocitos porque la inhibición de la oxidación de los AG no afecta la habilidad de los linfocitos para proliferar en respuesta a los mitógenos. Los AG ejercen efectos directos (al alterar la fluidez de la membrana celular) o efectos indirectos (como precursores de moléculas de señalización de células llamadas eicosanoides) en la función inmunitaria, que generalmente tienen como resultado una reducción de la producción de IL-2 y la supresión de la proliferación de linfocitos inducida por mitógenos. Pero la suplementación con vitamina E o vitamina C parece proporcionar protección parcial contra algunos de estos efectos inmunosupresores.

Se conoce relativamente poco sobre el aporte potencial de los AG a la regulación de la modificación de la función inmunitaria inducida por el ejercicio. Si bien no se ha realizado ningún estudio en deportistas, la ingesta excesiva de AGPI posiblemente podría potenciar aún más la supresión de la producción de IL-2 y la proliferación de linfocitos inducidas por el ejercicio. Las altas ingestas de ácido araquidónico con relación a las ingestas de AG del grupo n-3 también pueden ejercer una influencia no deseable en la inflamación y la función inmunitaria durante y después del ejercicio. La alteración de la distribución de AG esenciales a través de cambios en la dieta o suplementación nutricional ya se está aplicando en el tratamiento de enfermedades inflamatorias crónicas. Hace falta más investigación sobre los efectos de la alteración de la ingesta de AG esenciales en la función inmunitaria después del ejercicio y durante períodos de entrenamiento intenso. Un estudio que investigó los efectos del entrenamiento de resistencia durante 7 semanas con dietas ricas en carbohidratos (65 % de la energía alimentaria) o ricas en grasas (62 % de la energía alimentaria) llegó a la conclusión de que la dieta durante el entrenamiento puede afectar la inmunidad natural porque la actividad de las células NK aumentó con la dieta rica en carbohidratos en comparación con la dieta rica en grasas (Pedersen, Helge, Richter, Rohde, & Kiens, 2000). Los resultados de este estudio sugieren que una dieta rica en grasas es perjudicial para la función inmunitaria en comparación con una dieta rica en carbohidratos, pero no aclara si este efecto es el resultado de una falta de carbohidratos en la dieta o del exceso de un componente graso específico en la dieta (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Proteínas y aminoácidos

"La ingesta inadecuada de proteínas deteriora la inmunidad del huésped, con efectos particularmente nocivos en el sistema de células T, lo cual produce un aumento de la incidencia de infecciones oportunistas [...]. Se observa cierto deterioro en los mecanismos de defensa del huésped incluso con la deficiencia moderada de proteínas" (Calder y Yaqoob, 2013, p. 656).

La proteína alimentaria excesiva también podría ser perjudicial para la función inmunitaria. Una dieta rica en proteínas (24% de proteínas, 72 % de grasas y 3 % de carbohidratos) consumida durante 4 días causó una disminución del 25 % en los niveles de glutamina en el plasma y los músculos (D. E. Matthews & Campbell, 1992). Este descenso se atribuyó a la mayor captación renal de glutamina para restablecer el equilibrio normal ácido-base porque una ingesta alta de proteínas combinada con una ingesta baja de carbohidratos provoca acidosis metabólica crónica. Además, los descensos en la concentración de glutamina en el plasma después de ejercicio extenuante prolongado son mayores cuando se consume una dieta baja en carbohidratos en comparación con una dieta normal. Sin embargo, ingerir carbohidratos durante el ejercicio no evita el descenso de glutamina en el plasma después del ejercicio (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

La ingesta de proteínas estimula la síntesis de proteínas y esto puede ser particularmente importante en el período posterior al ejercicio para favorecer la reparación muscular y la adaptación al entrenamiento. También se ha demostrado que la ingesta después del ejercicio de aproximadamente 20 g de proteínas (0,3 g/kg de p.c.) puede ayudar a restituir algunos aspectos de la función inmunitaria durante el período de recuperación (Witard, Jackman, Kies, Jeukendrup, & Tipton, 2011) y reducir la incidencia de la infección respiratoria en deportistas sobrecargados, lo que resalta la importancia de alentar a los deportistas a desarrollar estrategias de alimentación que se enfoquen en el período posterior al ejercicio como parte de sus planes generales de nutrición.

4.2.2 Vitaminas

Las vitaminas son moléculas orgánicas esenciales que no se pueden sintetizar en el organismo y, por lo tanto, se deben obtener de los alimentos [...]. Diversas vitaminas son esenciales para la función inmunitaria normal: las vitaminas liposolubles A y E y las vitaminas hidrosolubles B₁₂ y C [...]. Otras vitaminas (p. ej., la B₆ y el ácido fólico) también tienen roles importantes en la función inmunitaria, pero las deficiencias alimentarias de estas vitaminas en los humanos son extremadamente inusuales (Gleeson, 2006b, p. 184).

"No hay indicios en la literatura que sugieran que la ingesta de vitamina entre los deportistas en general sea insuficiente" (Gleeson, 2006b, p.184), con la excepción de la vitamina D. Los deportistas tienden a ingerir cantidades superiores al promedio de la mayoría de micronutrientes, y al igual que con los requerimientos de proteína alimentaria, la ingesta alimentaria aumentada puede satisfacer cualquier aumento necesario aparte de la vitamina D, la cual deriva mayormente de la síntesis endógena que requiere la acción de la luz solar sobre la piel, donde solo una pequeña proporción de los requerimientos diarios proviene de fuentes alimentarias. No se considera que el requerimiento de la mayoría de las vitaminas sea mayor en los deportistas en comparación con la población general. "Por ejemplo, la pérdida de vitamina a través del sudor durante el ejercicio es insignificante y el metabolismo de vitaminas no se ve considerablemente afectado por el ejercicio" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Vitaminas antioxidantes

Las vitaminas con propiedades antioxidantes, como las vitaminas C, E y el betacaroteno (provitamina A), pueden requerirse en cantidades mayores en los deportistas para desactivar los productos de la peroxidación lipídica inducida por el ejercicio. La formación de radicales libres de oxígeno que acompaña el considerable aumento del metabolismo oxidativo durante el ejercicio [...] podría inhibir potencialmente las respuestas inmunitarias (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Las especies reactivas de oxígeno [ERO] inhiben la actividad locomotora y bactericida de los neutrófilos, reducen la proliferación de los linfocitos T y los linfocitos B, e inhiben la actividad de las células NK. El entrenamiento de resistencia sostenido parece estar asociado con una regulación adaptativa por aumento del sistema de defensa antioxidante [...].

La vitamina C (ácido ascórbico) se encuentra en concentración alta en los leucocitos y participa en varias funciones antiinfecciosas, como fomentar la proliferación de linfocitos T, prevenir la supresión de la actividad de los neutrófilos inducida por corticosteroides, producir interferón e inhibir la replicación de virus (Gleeson et al., 2004, pp.117-118).

Algunos estudios informan que la suplementación diaria con grandes dosis de vitamina C redujo la incidencia de los síntomas de ITRS en deportistas después de la realización de ejercicio extremo (carreras de ultramaratón). Los resultados de uno de estos estudios además muestran que la suplementación de antioxidantes alimentarios adicionales (vitamina E y betacaroteno) no confiere ningún efecto beneficioso adicional.

Las dosis de vitamina C utilizadas en estos estudios (de 600 a 1000 mg/día) fueron muy altas.

En un estudio más reciente aleatorizado, de doble ciego, controlado con placebo, la ingesta de 1500 mg/día de vitamina C durante los 7 días previos a una carrera de ultramaratón y el consumo de vitamina C en una bebida con carbohidratos durante la carrera (los individuos en el grupo placebo consumieron la misma bebida con carbohidratos sin vitamina C agregada) no afectaron las mediciones del estrés oxidativo, la citoquina ni la función inmunitaria durante y después de la carrera (Nieman et al., 2002, como se cita en Gleeson, Bishop y Walsh, 2013, p. 227).

El metaanálisis más reciente de Cochrane examinó la evidencia de que las dosis diarias de más de 200 mg de vitamina C era más efectiva que el placebo para prevenir o tratar el resfriado común (Douglas *et al.*, 2007). Veintinueve comparaciones de ensayos con 11 077 participantes del estudio contribuyeron con este metaanálisis sobre el riesgo relativo (RR) de padecer un resfriado al tomar vitamina C profiláctica. El RR agrupado fue de 0,96 (IC del 95 % de 0,92 a 1,00). Un subgrupo de seis ensayos que involucró individuos físicamente activos (un total de 642 maratonistas, esquiadores y soldados en ejercicios subárticos) informó un RR agrupado de 0,50 (IC del 95 % de 0,38 a 0,66). Treinta comparaciones que involucraron 9676 episodios respiratorios contribuyeron con el metaanálisis sobre la duración del resfriado común durante la suplementación de vitamina C o placebo. Se observó un beneficio constante de la vitamina C que representó una reducción de la duración del resfriado del 8 % (IC del 95 % del 3 % al 13 %) para los participantes adultos y del 13,5 % (IC del 95 % del 5 % al 21 %) para los niños participantes. Quince comparaciones de ensayos que involucraron 7045 episodios respiratorios contribuyeron al metaanálisis de la gravedad de los episodios experimentados durante la profilaxis, y los resultados revelaron un beneficio de la vitamina C cuando los días reclusos en el hogar y fuera del trabajo o la escuela se tomaron como medida de la gravedad. Una cantidad limitada de ensayos había examinado la duración de los resfriados y la gravedad durante la terapia con vitamina C iniciada después de la aparición de los síntomas de resfriado, y no se encontraron diferencias significativas con respecto al placebo. Los autores determinaron que el hecho de que la suplementación de vitamina C no reduzca la incidencia de los resfriados en la población normal indica que la profilaxis con megadosis de rutina generalmente no se justifica, pero que los individuos sujetos a períodos breves de ejercicio físico severo o entornos fríos bien pueden obtener algún beneficio (Gleeson et al., 2013, p. 228-229).

"De este modo, si bien se ven algunas inconsistencias en la literatura con respecto a la suplementación de antioxidantes y las respuestas inmunitarias al ejercicio, hay algún sustento para creer que dicha suplementación podría tener efectos beneficiosos para aliviar la inmunodepresión inducida por el ejercicio" (Gleeson, 2006a, p. 125). Pero si bien la suplementación de antioxidantes en dosis altas ofrece cierto efecto protector del riesgo de infección, "los deportistas necesitan considerar los riesgos, que pueden incluir el embotamiento de algunas adaptaciones al entrenamiento" (Gleeson et al., 2013, p. 229).

Para la vitamina A, el caroteno y la vitamina E es posible que haya menos evidencia, pero los potenciales efectos negativos aún están presentes.

Como todavía hay poca evidencia de algún beneficio inmune de la suplementación excesiva con vitaminas antioxidantes (con la posible excepción de la vitamina C), esta práctica no se puede recomendar. "De hecho, la sobresuplementación puede disminuir el sistema de defensa antioxidante natural del organismo y podría atenuar algunas adaptaciones al entrenamiento de resistencia como la biogénesis mitocondrial" (Gomez-Cabrera, Ristow, & Vina, 2012; Merry & Ristow, 2016; Ristow et al., 2009; as cited in Jeukendrup & Gleeson, 2018, p. 396). Así, probablemente la opción más sensata sea garantizar que la dieta contenga abundantes frutas y verduras frescas.

Vitamina B₁₂ y ácido fólico

Las deficiencias de vitamina B₁₂ y ácido fólico tienen efectos significativos en la función inmunitaria. Estas dos vitaminas son esenciales para la síntesis de ácidos nucleicos y, por lo tanto, son necesarias para la producción normal de glóbulos rojos y blancos en la médula ósea. La vitamina B₁₂ se puede absorber desde los intestinos pero solo en presencia del factor intrínseco de la glucoproteína. La falta de este factor o la deficiencia de vitamina B₁₂ causan anemia perniciosa, que tiene efectos nocivos sobre la función inmunitaria. Por ejemplo, en personas con anemia perniciosa primaria se han informado respuestas proliferativas deficientes de los linfocitos a los mitógenos, y una moderada reducción en la capacidad fagocítica y bactericida de los neutrófilos. Las únicas fuentes naturales de vitamina B₁₂ son de origen animal. Como tal, los deportistas vegetarianos y los que están evitando los lácteos para minimizar la ingesta de grasas saturadas presentan un riesgo alto de deficiencia de esta vitamina. Si la ingesta de grasa es una preocupación, entonces los deportistas deberían seleccionar lácteos sin grasa o bajos en grasa que proporcionen los mismos (o mayores) niveles de vitamina B₁₂ que los lácteos enteros" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Vitamina D

Si bien la mayoría de los deportistas que consumen una dieta variada suficiente para satisfacer sus requerimientos de energía deberían satisfacer sus requerimientos de micronutrientes, una excepción puede ser no alcanzar el nivel adecuado de vitamina D (He et al., 2013). En los últimos años se ha establecido que la vitamina D no solo es importante para la homeostasis del calcio y la salud de los huesos sino también para el funcionamiento óptimo de la musculatura esquelética y la función inmunitaria, así como algunos otros efectos para la salud.

"La vitamina D realmente no es una vitamina si no una hormona secosteroide [que es mayormente] producida en la piel a partir del 7-dehidrocolesterol después de la exposición a la radiación ultravioleta B de la luz solar" (Gleeson et al., 2013, p. 229). Se pueden obtener dos formas de vitamina D de las fuentes alimentarias: la vitamina D₃ (colecalfiferol) y la vitamina D₂ (ergocalciferol). La vitamina D₃ sintetizada endógenamente, y la D₂ y la D₃ derivadas de la dieta primero se deben hidroxilar en el hígado en 25-hidroxitamina D (25(OH)D), la principal forma de almacenamiento (Jeukendrup y Gleeson, 2018). En la segunda hidroxilación, la 25(OH)D es convertida en la forma biológicamente activa, 1,25-dihidroxitamina D (1, 25(OH)₂D), por la 1- α -hidroxilasa en el riñón o algunas células en compartimentos no renales, incluidas varias células del sistema inmunitario como las células T, células B, macrófagos y células dendríticas (Aranow, 2011).

El nivel de vitamina D se determina mediante la medición de la concentración sérica de la principal forma circulante de precursor hormonal, la 25-hidroxitamina D (25(OH)D), que se forma en el hígado. La deficiencia de vitamina D (25(OH)D sérica <40 nmol/L) no es inusual y alcanza niveles epidémicos entre los adultos con exposición limitada a la luz solar (Calder y Yaqoob, 2013, p. 668).

"Un estudio reciente en deportistas universitarios informó un nivel mayor de secreción de catelicidina plasmática e inmunoglobulina A secretora (SIgA) salival en aquellos que tenían 25(OH)D plasmática mayor a 120 nmol/L en comparación con aquellos que tenían un nivel de vitamina D menor" (He et al., 2013).

Además, el nivel bajo de vitamina D (25(OH)D <30 nmol/L) se asoció con una producción estimulada por antígenos in vitro de citoquinas proinflamatorias (IL-6, IFN-g y TNF- α) a través de hemocultivo considerablemente menor que en deportistas con niveles altos de vitamina D (25(OH)D >90 nmol/L) (Jeukendrup y Gleeson, 2018, 398).

"Una producción mayor de citoquina proinflamatoria en respuesta a una provocación antigénica con mejor nivel de vitamina D se podría considerar beneficiosa para la defensa

del huésped contra los microorganismos patógenos" (He et al., 2013), y de hecho, en el estudio de He et al. (2013), aquellos deportistas con niveles de vitamina D relativamente altos tuvieron menos episodios de enfermedades del tracto respiratorio superior (IRS) durante los cuatro meses del invierno que aquellos con niveles inadecuados de vitamina D. Además, en aquellos que experimentaron al menos un episodio de IRS, tanto la gravedad como la duración de los síntomas se asociaron negativamente con el nivel de vitamina D.

En la mayoría de las circunstancias la principal fuente de vitamina D (~80-90 %) proviene de la exposición de la piel a la luz solar, por lo que la vitamina D alimentaria generalmente representa una pequeña parte (~10-20 %). "Las principales fuentes de vitamina D alimentaria se encuentran en alimentos de origen animal, como la yema del huevo, el aceite de hígado de bacalao y el salmón (la mayoría de estos como vitamina D3), y la vitamina D2 está presente en algunas plantas y hongos" (Jeukendrup y Gleeson, 2018). Además algunos cereales del desayuno, lácteos y margarinas pueden estar fortificados con vitamina D. La dieta y los suplementos se convierten en una fuente muy importante de vitamina D en las latitudes del norte durante el invierno porque, como se sabe, la limitada exposición a la luz solar y la reducida potencia de la luz solar en esta época del año son inadecuadas para inducir la producción de vitamina D endógena. La exposición adecuada de la piel a la luz solar para evitar la deficiencia de vitamina D es de alrededor de 15 minutos a mitad del día varias veces a la semana.

"Se ha publicado que la insuficiencia de vitamina D es común en los deportistas en el Reino Unido, especialmente al entrenar en los meses de invierno (Close et al., 2013; He et al., 2013; Morton et al., 2012)" (Jeukendrup y Gleeson, 2018). Un estudio que evaluó el nivel de vitamina D de deportistas profesionales situados en el Reino Unido (latitud 53°N) informó que el 62 % de los deportistas (38/61) incluidos "jugadores de rugby, futbolistas y jinetes profesionales tenían inadecuadas concentraciones de 25(OH)D séricas totales (<50 nmol/L) en los meses de invierno (Close et al., 2013)" (Jeukendrup y Gleeson, 2018). En un estudio de futbolistas de élite en la Premier League inglesa, el 65 % (13/20) de los jugadores presentó concentraciones de 25(OH)D séricas totales de <50 nmol/L en diciembre (Morton et al., 2012).

En síntesis, la abrumadora evidencia apunta a los beneficios de evitar la deficiencia de vitamina D para mantener la inmunidad y prevenir la infección respiratoria en los deportistas y el personal militar (consulte la revisión de He et al., 2016). "El trabajo reciente en deportistas muestra efectos beneficiosos de optimizar el nivel de vitamina D en la inmunidad innata y de la mucosa". Si bien el Instituto de Medicina describe la suficiencia de vitamina D (para la salud ósea) como un nivel de 25(OH)D circulante de >50 nmol/L, la evidencia reciente provisionalmente mantiene un nivel de 25(OH)D circulante óptimo de 75 nmol/L para la prevención de las infecciones respiratorias superiores (He et al., 2016).

Esto es difícil de alcanzar en invierno a partir de las fuentes alimentarias de vitamina D solamente, pero no parecen necesarias dosis muy altas de suplementos de vitamina D (p. ej. $\rightarrow 250 \mu\text{g}$ o 10 000 UI por día) para alcanzar este nivel óptimo propuesto de vitamina D para la salud inmunitaria; además, consumir dosis muy altas de suplementos orales de vitamina D aumenta el riesgo de toxicidad. Las recomendaciones prácticas son, primero, tener una exposición adecuada pero segura a la luz solar en el verano. En latitudes de 30-60 °N se pueden alcanzar niveles suficientes de vitamina D (nivel de 25(OH)D circulante $>50 \text{ nmol/L}$) en la mayoría de personas pasando tan solo 15 minutos al sol en verano entre las 10 y las 15 horas, la mayoría de los días de la semana usando camiseta y pantalón corto. Segundo, un suplemento diario de vitamina D₃ de 50 a 100 μg o de 2000 a 4000 UI puede ayudar a mantener el nivel de vitamina D durante los meses de invierno.

Suplementos y megadosis de vitaminas

"En general, no se recomienda la suplementación con vitaminas individuales o el consumo de grandes dosis de mezclas de antioxidantes simples" (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 290). "Los deportistas deberían obtener mezclas complejas de compuestos antioxidantes a partir de un mayor consumo de frutas y verduras" (Gleeson, 2006b, p. 258).

El consumo de megadosis de vitaminas individuales probablemente produzca más daños que beneficios. Como la mayoría de las vitaminas funcionan principalmente como coenzimas en el organismo, después de que se saturan los sistemas enzimáticos, las vitaminas en forma libre pueden tener efectos tóxicos. Por ejemplo, 300 mg de vitamina E (como α -tocoferol acetato), proporcionados diariamente a 18 hombres durante 3 semanas produjo una depresión significativa en la actividad bactericida de los leucocitos en sangre periférica y la proliferación de linfocitos inducida por mitógenos (Gleeson y Jeukendrup, 2018).

Consumir "megadosis de vitamina A puede perjudicar la respuesta inflamatoria y la formación de complementos así como tener otros efectos patológicos, como causar [...] anomalías fetales cuando las consumen mujeres embarazadas" (Gleeson, 2006b, p. 186) y reducir la densidad mineral ósea. "Se sabe que la vitamina D₃ en dosis de hasta 100 μg o 4000 UI/día es segura, pero la toxicidad se vuelve un riesgo (p. ej., hipercalcemia, cálculos renales) con dosis diarias que superan los 250 μg o 10 000 UI/día" (Gleeson y Jeukendrup, 2018).

4.2.3 Minerales

Los minerales se clasifican en macrominerales y microminerales (oligoelementos) en función de la magnitud de su aparición en el organismo. Aquí tienen particular importancia los oligoelementos, cada uno de los cuales compone menos del 0,01% de la masa corporal total, y de los cuales 14 se han identificado como esenciales para el mantenimiento de la salud (Nieman y Pedersen, 2000, p.150).

De estos 14, "se sabe que varios ejercen efectos moduladores sobre la función inmunitaria" (Nieman y Pedersen, 2000, p. 150), incluidos el zinc, el hierro, el selenio y el cobre.

Sin embargo, con la excepción del zinc y el hierro, no son frecuentes las deficiencias aisladas. De hecho, se ha informado que la deficiencia de hierro es la deficiencia de nutrientes más extendida en el mundo, y los estudios de campo constantemente asocian esta deficiencia con una mayor morbilidad por enfermedad infecciosa. Además, el ejercicio tiene un efecto pronunciado tanto en el metabolismo del zinc como en el del hierro (Bishop, Blannin, Walsh, Robson y Gleeson, septiembre de 1999, p.169).

Zinc

El rol del zinc en la función inmunitaria ha recibido una creciente atención en los últimos años. El zinc es esencial para el desarrollo del sistema inmunitario, y se han identificado más de 100 metaloenzimas que dependen del zinc, incluidas aquellas involucradas en la transcripción [del ADN] y la síntesis de proteínas. Por ejemplo, el zinc es un cofactor para la enzima desoxinucleotidiltransferasa terminal, requerida por las células T inmaduras para su replicación y funcionamiento. Los efectos de la deficiencia de zinc en la función inmunitaria incluyen la atrofia linfóide, menores respuestas de hipersensibilidad retardada cutánea, menor producción de IL-2, respuestas proliferativas de linfocitos estimulados por mitógeno disminuidas y menor actividad de células NK. Además, la disponibilidad de zinc afecta la producción de radicales libres superóxidos de los macrófagos estimulados, aunque en el laboratorio este efecto parece depender de la forma molecular real del zinc.

Los deportistas vegetarianos están en riesgo de deficiencia de zinc porque la carne y los mariscos son las fuentes más ricas de zinc [...]. Si bien las nueces, las legumbres y los granos integrales son buenas fuentes de zinc, los niveles altos de fibra de estos alimentos pueden reducir la absorción de

zinc. La deficiencia de zinc también puede ser un problema para los atletas de deportes en los que se considera que una masa corporal baja confiere una ventaja para el rendimiento. Las dietas de muy baja energía o las de hambre pueden inducir a pérdidas significativas de zinc [...]. Como el zinc se elimina del organismo principalmente en el sudor y la orina, y estas pérdidas aumentan con el ejercicio, es posible que un programa intenso de entrenamiento de ejercicio pueda provocar una deficiencia de zinc en los deportistas. Sin duda, las mujeres altamente entrenadas tienen una excreción urinaria de zinc significativamente mayor en comparación con sujetos de control no entrenados (Bishop et al., septiembre de 1999, pp. 169-170).

Y en jugadores varones bien entrenados una serie aguda de ejercicios de alta intensidad aumenta la excreción urinaria de zinc diaria en un 34 % en comparación con los valores de reposo (Bishop et al., septiembre de 1999).

Los hombres y las mujeres deportistas tienen menores concentraciones de zinc plasmático que las personas no entrenadas. Los estudios con respecto a la relación entre la función inmunitaria, el ejercicio y el nivel de zinc en deportistas son escasos.

Sin embargo, un estudio en corredores varones detectó que 6 días de suplementación de zinc (25 mg de zinc y 1,5 mg de cobre, dos veces al día) inhibían el aumento en la formación de radicales libres superóxidos asociada con el ejercicio por parte de neutrófilos activados [...] y acentuaban la supresión de la proliferación de linfocitos T inducida por el ejercicio en respuesta a mitógenos. Dichos efectos podrían predisponer temporalmente a los deportistas a infecciones oportunistas. Las megadosis de zinc tienen efectos nocivos adicionales en la función inmunitaria. La administración de zinc (150 mg dos veces por día) a 11 hombres sanos por un período de 6 semanas se asoció con menores respuestas proliferativas de linfocitos T a la estimulación de mitógenos y con una deficiente actividad fagocítica de los neutrófilos. Por lo tanto, no se recomiendan las megadosis de zinc. Se debería alentar a los deportistas a que den importancia a los alimentos ricos en zinc en la dieta (p.ej., carne de aves de corral, carnes rojas, pescado y lácteos). Se ha recomendado a los vegetarianos que tomen de 10 a 20 mg de suplemento de zinc a diario [la IDR es de 10 mg y de 12 mg para mujeres y hombres, respectivamente], pero en vistas de los [...] hallazgos [recién analizados], los suplementos de la parte inferior de este rango pueden ser más apropiados para los deportistas vegetarianos.

La eficacia de la suplementación de zinc como tratamiento para el resfriado común se ha investigado en al menos 11 estudios [...] publicados desde 1984. Los hallazgos han sido dudosos, y revisiones recientes de este tema han determinado que son necesarias más investigaciones antes de que se pueda recomendar el uso de suplementos de zinc para tratar el resfriado común (Macknin, 1999; Marshall, 2000) (Gleeson, 2006b, pp. 194-195).

Si bien solo hay poca evidencia que sugiera que tomar suplementos de zinc reduce la incidencia de ITRS (McElroy y Miller, 2002; Veverka et al., 2009), en los estudios que hallaron un efecto beneficioso del zinc para el tratamiento del resfriado común (es decir, la reducción de la duración o de la gravedad de los síntomas, o ambas), se tuvieron que tomar pastillas de zinc con alto contenido de zinc iónico (>75 mg/día) dentro de las 24 horas a partir de la aparición de los síntomas para tener algún beneficio (Hemila, 2011). Los posibles problemas con los suplementos de zinc incluyen náuseas, reacciones de mal sabor, disminución del colesterol HDL, depresión de algunas funciones celulares inmunitarias (p. ej., estallido oxidativo de neutrófilos), y la interferencia con la absorción del cobre (Gleeson, 2000) (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Hierro

"La deficiencia de hierro es prevalente en todo el mundo, y según algunas estimaciones hasta el 25 % de la población mundial presenta una deficiencia de hierro" (Bishop et al., septiembre de 1999, p. 170). Los competidores de resistencia se arriesgan a una potencial deficiencia de hierro debido a las mayores pérdidas de hierro en el sudor, la orina y las heces. La incidencia del agotamiento de hierro entre los deportistas, sin embargo, "no es mayor que la encontrada en la población general. No obstante, el ejercicio puede contribuir a un estado de agotamiento del hierro; la respuesta al estrés del huésped en fase aguda (incluido el ejercicio) implica el descenso de los niveles de hierro libre circulante" (Gleeson, 2006b, p. 195).

El ascenso de IL-1 inducido por el estrés produce la liberación de granulocitos de la proteína de unión al hierro lactoferrina dentro de la circulación. Se piensa entonces que la lactoferrina se une (mediante quelación) al hierro desde la transferrina y forma complejos de lactoferrina-hierro, lo cual conduce a un descenso en la concentración de hierro en plasma que es independiente de los cambios en el volumen plasmático (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

El sistema inmunitario en sí parece ser particularmente sensible a la disponibilidad del hierro. La deficiencia de hierro no tiene efectos completamente dañinos ni mejoradores en la función inmunitaria. Por otro lado, el hierro libre es necesario para el crecimiento bacteriano: la eliminación del hierro con la ayuda de agentes quelantes como la lactoferrina reduce la multiplicación bacteriana, particularmente en presencia de un anticuerpo específico (Gleeson, 2006b, p. 195).

"Según un estudio, los ratones con una deficiencia de hierro tuvieron menor mortalidad después de la infección con *salmonella* en comparación con los ratones con reservas normales de hierro" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

De este modo, la deficiencia de hierro puede [...] proteger a un individuo de la infección, mientras que la suplementación puede predisponerlo a enfermedad infecciosa, particularmente porque el hierro cataliza la producción de radicales libres hidroxilos, y la alta ingesta de hierro puede perjudicar la absorción gastrointestinal de zinc. Por otro lado, la deficiencia de hierro deprime varios aspectos de la función inmunitaria, incluida la producción de IL-1 de macrófagos, la respuesta proliferativa de linfocitos a los mitógenos, la actividad de células NK [actividad fagocítica de los neutrófilos] y la hipersensibilidad cutánea retardada [un índice de la función inmunitaria mediada por células] [...].

Se han sugerido varias causas de la deficiencia de hierro en deportistas de resistencia involucrados en entrenamiento intenso: el ejercicio puede causar reducciones en la absorción gastrointestinal del hierro, y el hierro se pierde en el sudor, que contiene 0,3 mg/L [...]. Esto podría contribuir con pérdidas de hasta 1,0 mg de hierro por día en deportistas que están entrenando vigorosamente. Como solo se absorbe el 10% del hierro alimentario, [tales pérdidas] aumentan el requerimiento alimentario en aproximadamente 10 mg/día, que es casi el doble del requerimiento de hierro diario normal [la IDR es de 15 mg para mujeres y de 10 mg para hombres] (Gleeson, 2006b, pp. 195-196).

Además, puede haber cierto daño a los glóbulos rojos (hemólisis) en los corredores y los jugadores debido al impacto de la pisada, y en los nadadores debido a la fricción del cuerpo en movimiento a través del agua. Posteriormente, la pérdida de hemoglobina en la orina ocurrirá, aunque se cree que esta pérdida es una fuga insignificante en las reservas de hierro. Algunos deportistas también son susceptibles al sangrado gastrointestinal durante el ejercicio, lo cual puede aumentar las pérdidas de hierro en la materia fecal.

La biodisponibilidad de hierro es menor en las dietas vegetarianas debido a la falta de hierro hémico, que se absorbe más fácilmente. El consenso es que todos los deportistas deberían estar al tanto de los alimentos ricos en hierro hémico como la carne roja magra, la carne de aves de corral y el pescado, e incluirlos en la dieta diaria. Los requerimientos de hierro en los deportistas de resistencia pueden duplicar la IDR, aunque estos requerimientos se pueden alcanzar a través de la dieta sin la necesidad de suplementos artificiales. Los deportistas vegetarianos deberían asegurarse de que las elecciones de alimentos de origen vegetal sean ricas en hierro (p.ej., verduras de hojas verdes, legumbres, panes y pasta de harina integral, y productos fortificados con hierro) (Jeukendrup y Gleeson, 2018). Algunos cereales para el desayuno, barras y panes están fortificados con hierro y proporcionan una buena fuente, aunque generalmente en menor cantidad que la IDR. "No se aconsejan las megadosis de hierro, y no se deben tomar suplementos de hierro orales de rutina sin recomendación médica" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Selenio

La deficiencia de selenio puede afectar a todos los componentes del sistema inmunitario. El selenio es un cofactor de la glutatona peroxidasa y reductasa y, por lo tanto, influye en la extinción de ERO (especies reactivas de oxígeno). Como tal, el requerimiento de selenio puede aumentar en los deportistas involucrados en programas regulares de entrenamiento intensivo. Sin embargo, todo suplemento de selenio se debe tomar con precaución (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

"Los suplementos con dosis hasta la IDR no parecen tóxicos, pero no está confirmada la seguridad de dosis más altas. Las ingestas de 25 mg (aproximadamente 40 veces la IDR) se han asociado con vómitos, dolor abdominal, pérdida del cabello y fatiga" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Cobre

Los efectos de la deficiencia de cobre en la función inmunitaria incluyen reducción de formación de anticuerpos, respuesta inflamatoria, fagocitosis de neutrófilos, actividad de células NK y respuestas por estimulación de linfocitos. Los resultados de los cambios en los niveles de cobre debido al ejercicio y el entrenamiento son controvertidos, y quizás reflejan la inadecuación de las técnicas utilizadas para medir el nivel de cobre (Nieman y Pedersen, 2000, p. 147).

Con el ejercicio

puede haber cierta redistribución del cobre entre los compartimientos del organismo [...], y se ha informado pérdida de cobre en el sudor de los deportistas después del ejercicio. Si bien la deficiencia de cobre no es frecuente en los humanos, los deportistas que toman suplementos de zinc pueden comprometer la absorción gastrointestinal del cobre debido a las propiedades físicoquímicas similares de estos dos minerales (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Magnesio

El magnesio es un cofactor esencial para muchas enzimas involucradas en los procesos biosintéticos y el metabolismo de la energía, y es necesario para la coordinación neuromuscular normal. El contenido total de magnesio en el organismo es de alrededor de 25 g. La IDR de magnesio es de 350 mg/día para los hombres y 280 mg/día⁻¹ para las mujeres; por ende, el magnesio se clasifica como un macromineral en lugar de un oligoelemento. La mayoría de los estudios de hábitos alimentarios en los deportistas sugiere que la ingesta de magnesio excede la IDR. Pero los datos utilizados para determinar las IDR de micronutrientes a menudo no incluyeron deportistas, o los niveles de actividad de los individuos no se informaron. Por lo tanto, si bien las IDR pueden ser pertinentes para la población sedentaria, posiblemente no sean un medio apropiado para evaluar las necesidades nutricionales de los deportistas. Varios estudios informan bajas concentraciones de magnesio sérico en los deportistas, y el ejercicio extenuante prolongado se asocia con mayores pérdidas de magnesio en la orina y el sudor. Al igual que con el zinc y el hierro, no es probable que una sola serie de ejercicio produzca pérdidas de magnesio importantes, pero se puede producir un estado de deficiencia leve de magnesio durante un período de entrenamiento intenso, particularmente en un entorno cálido donde las pérdidas de sudor son altas.

La deficiencia de magnesio en los humanos y los animales se asocia con anomalías neuromusculares, incluida la debilidad muscular, los calambres y el daño estructural de las fibras musculares y los orgánulos. El daño estructural puede ser causado por un deterioro de la homeostasis del calcio derivado de una alteración inducida por radicales libres de oxígeno en la integridad de la membrana del retículo sarcoplasmático. Una falta de magnesio también puede estar asociada con una disminución de selenio y la menor actividad de la glutatióna peroxidasa, que aumenta la susceptibilidad a daños por radicales libres. Por lo tanto, la deficiencia de magnesio puede potenciar el daño muscular inducido por el ejercicio y las respuestas al estrés, pero no hay evidencia disponible para este efecto (Nieman y Pedersen, 2000, pp. 146-147).

Manganeso

El manganeso es un cofactor de la enzima superóxido dismutasa, la cual ayuda en la protección contra los radicales libres. La IDR para el manganeso es de 2,0 a 5,0 mg/día. Las fuentes en las que se encuentra son productos de grano entero, arvejas y porotos secos, verduras de hoja y bananas. Los efectos del ejercicio en el nivel de manganeso actualmente no se conocen, pero el entrenamiento está asociado con un aumento en los niveles de enzimas antioxidantes, lo que sugiere un mayor requerimiento de manganeso durante períodos de mayor entrenamiento. Al igual que con otros oligoelementos, las pérdidas de manganeso en la orina y el sudor son superiores en los deportistas que en las personas no deportistas (Nieman y Pedersen, 2000, p. 148).

Cobalto

El cobalto como un componente de la vitamina B₁₂ fomenta el desarrollo de glóbulos rojos y blancos en la médula ósea. Las deficiencias están asociadas con anemia perniciosa, recuentos menores de leucocitos en sangre, proliferación deficiente de linfocitos y capacidad bactericida deficiente de los neutrófilos. Las principales fuentes alimentarias de cobalto son la carne, el hígado y la leche. Por lo tanto, los deportistas que evitan los alimentos de origen animal corren el riesgo de sufrir una deficiencia de cobalto y vitamina B₁₂ (Gleeson, 2006b, p. 198).

Flúor

Si bien no se requiere directamente para la función inmunitaria, el flúor es necesario para la formación normal de huesos y dientes sanos, y protege contra caries dentales (descomposición dental por las bacterias orales). Dada la ingesta relativamente alta de alimentos azucarados y bebidas deportivas por parte de los deportistas, es importante tener una buena higiene oral para mantener los dientes sanos. Las ingestas frecuentes de bebidas gaseosas y carbohidratos, particularmente azúcares, disminuyen el pH bucal, lo cual produce una desmineralización neta de los dientes. Las azúcares se metabolizan a ácidos orgánicos por las bacterias en la placa de los dientes y las encías. Por lo tanto, todas las personas deportistas deberían mantener un buen control de la placa. La IDR de flúor es de 1,5 a 4,0 mg/día, y este oligoelemento se encuentra en la leche, la yema del huevo, los mariscos y el agua potable. Varios dentífricos y enjuagues bucales contienen flúor (como fluoruro de sodio), y en algunos países, entre ellos, los Estados Unidos, se agrega flúor al agua potable (Gleeson, 2006b, p. 198).

4.2.4 Inmunoestimulantes alimentarios

Ciertos suplementos pueden potenciar la función inmunitaria y reducir el riesgo de infección en personas inmunocomprometidas, como los deportistas que realizan entrenamiento y competición intensa. Hay muchos suplementos nutricionales en el mercado además de los aminoácidos (p. ej., la glutamina), las vitaminas (p. ej., la vitamina C) y los minerales (p. ej., el zinc) ya mencionados en este capítulo, los cuales según se afirma fortalecen la inmunidad. Entre ellos se incluyen los β -glucanos, el calostro bovino, los probióticos y hierbas como la equinácea, la kaloba, el ginseng y la curcumina. Las afirmaciones para algunos de estos suplementos con frecuencia se basan en evidencia selectiva de la eficacia en animales, experimentos in vitro, niños, ancianos o pacientes clínicos en estado catabólico severo. Generalmente es escasa la evidencia directa de su eficacia para prevenir la inmunodepresión inducida por el ejercicio o mejorar el estado del sistema inmunitario en deportistas. En los últimos años, sin embargo, los efectos de algunos de estos suplementos en la función inmunitaria o la incidencia de la infección se ha evaluado en poblaciones físicamente activas (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 402).

La Tabla 1 proporciona un resumen de algunos de los suplementos más comúnmente usados y una calificación de su eficacia para fortalecer la inmunidad o reducir el riesgo de infección en los deportistas.

Tabla 1: Suplementos nutricionales (listados por orden alfabético) que, según se afirma, fortalecen la inmunidad y reducen la incidencia de SRA en los deportistas: mecanismos de acción propuestos y resumen de la evidencia de su eficacia

Suplemento	¿Qué es? ¿Cuáles son los efectos?	Evidencia
β -glucanos	Polisacáridos derivados de las paredes celulares de la levadura, los hongos y la avena que estimulan la inmunidad innata. Efectivos en ratones inoculados con el virus de la gripe, pero con resultados mixtos en estudios en humanos para la modulación inmunitaria y la incidencia de SRA.	●●○○○
Calostro bovino	Primera leche de la vaca que contiene anticuerpos, factores de crecimiento y citoquinas.	●●●○○

	Se afirma que fortalece la inmunidad de la mucosa y aumenta la resistencia a la infección. Varios estudios en deportistas que indican algunos efectos de fortalecimiento inmunitario y menor incidencia y duración de SRA.	
Carbohidratos	Mantienen la glucosa en sangre durante el ejercicio, reducen la hormona del estrés y las respuestas antiinflamatorias de las citoquinas y, por lo tanto, contrarrestan la disfunción inmunitaria. La ingesta de carbohidratos (30-60 g/h) atenúa la hormona del estrés y algunas alteraciones inmunitarias (pero no todas) durante el ejercicio, pero solo hay evidencia muy limitada acerca de que modifique el riesgo de infección en deportistas humanos.	●●●○○
Equinácea	Extracto herbal que es un suplemento popular entre los deportistas. Se afirma que fortalece la inmunidad a través de efectos estimulantes en macrófagos, y hay cierta evidencia in vitro de esto. Los primeros estudios en humanos indicaron posibles efectos beneficiosos, pero estudios más recientes, a mayor escala y mejor controlados no indican ningún efecto de la equinácea en la incidencia de infecciones o en la gravedad de los síntomas del resfriado.	●○○○○

Glutamina	Aminoácido no esencial que es un precursor en la síntesis de ácidos nucleicos y es importante para la división rápida de las células. Además, es un combustible importante para las células inmunitarias. La concentración plasmática de la glutamina desciende durante el ejercicio prolongado. La suplementación antes y después del ejercicio no modifica las alteraciones inmunitarias a pesar de que se mantenga la glutamina plasmática.	●○○○○
Kaloba	Medicamento herbario que ha demostrado fortalecer algunos aspectos de la inmunidad in vitro a través de efectos estimulantes en macrófagos.	●○○○○

	Evidencia de estudios en humanos para la reducción de la gravedad y la duración de los síntomas de la sinusitis y el resfriado común, pero utilizada más como un tratamiento que como un preventivo.	
Ácidos grasos poliinsaturados N-3	Ejercen efectos antiinflamatorios después del ejercicio. Sin evidencia en humanos que realizan ejercicio.	○○○○○
Probióticos	Los probióticos son microorganismos que cuando se administran oralmente durante varias semanas pueden aumentar la cantidad de bacterias benéficas en el intestino. Esto se ha asociado con una variedad de beneficios potenciales para la salud intestinal, así como con una modulación de la función inmunitaria. Los estudios en humanos muestran mejoras en algunos aspectos de la inmunidad adquirida y menor incidencia de SRA y problemas gastrointestinales.	●●●○○

Quercetina	<p>Un flavonoide derivado de plantas; estudios in vitro muestran fuertes efectos antiinflamatorios, antioxidantes y antipatogénicos. Algunos datos en animales indican aumento de la biogénesis mitocondrial y del rendimiento de resistencia.</p> <p>Estudios en humanos muestran cierta reducción de la incidencia de SRA durante períodos cortos de entrenamiento intensificado, y estimulación leve de la biogénesis mitocondrial y del rendimiento de resistencia en individuos no entrenados.</p>	●●●○○
Quercetina con galato de epigallocatequina	<p>La mezcla de flavonoides fomenta los efectos antiinflamatorios y antioxidantes, y la mejora de la función inmunitaria, por encima de que lo que lo hace la quercetina sola.</p> <p>El estudio en humanos mostró un fuerte efecto antiinflamatorio, con efecto antioxidante y mejora de la inmunidad innata moderados, pero no hay datos sobre la incidencia en los SRA.</p>	●●●○○
Vitamina C	Una vitamina antioxidante esencial hidrosoluble que extingue las especies reactivas de oxígeno y	●●○○○

	<p>aumenta la inmunidad. Reduce las respuestas de interleucina-6 y cortisol al ejercicio en humanos.</p> <p>Efectos relativamente leves en el cortisol en comparación con los carbohidratos; mediciones inmunitarias no distintas al placebo. Cierta evidencia de eficacia en la reducción de la incidencia de SRA después de eventos de ultramaratón.</p>	
--	--	--

Vitamina D3	<p>Vitamina liposoluble que se produce mayormente a través de la acción de la luz solar en la piel.</p> <p>Induce la producción de proteínas antimicrobianas, mejora la actividad citolítica de las células NK, aumenta la generación de especies reactivas de oxígeno en células fagocíticas, aumenta la secreción de interleucina-1β de macrófagos y regula hacia arriba la expresión de CD14, el receptor de lipopolisacáridos. Un nivel bajo de vitamina D está asociado con baja secreción de inmunoglobulina A salival, baja producción de citoquina proinflamatoria por células mononucleares estimuladas por antígenos y mayor riesgo de infección respiratoria con síntomas de enfermedad de mayor duración. Los suplementos orales de vitamina D3 de aproximadamente 4000 UI/día⁻¹ pueden reducir la incidencia de SRA.</p>	●●●●○
Vitamina E	<p>Una vitamina antioxidante esencial liposoluble que extingue las especies reactivas de oxígeno inducidas por el ejercicio y aumenta la inmunidad.</p> <p>Buena evidencia de algunos efectos de fortalecimiento inmunitario en ancianos débiles.</p> <p>Sin evidencia de beneficios similares para personas sanas más jóvenes o deportistas.</p>	●○○○○
Zinc	<p>La deficiencia de zinc no es rara en los deportistas y genera inmunidad deficiente. Un mineral esencial que, según se afirma, reduce la incidencia y la duración de los resfriados. Sin evidencia de menor incidencia de infecciones con la suplementación de zinc en personas adultas. Algunos estudios en humanos (pero no todos) sugieren una reducción en la duración de los</p>	●○○○○

	<p>síntomas del resfriado si se administran pastillas de gluconato de zinc dentro de las 24 horas a partir de la aparición de los síntomas del resfriado. No es probable que tenga algún beneficio real para los deportistas salvo que presenten una deficiencia de zinc.</p>	
--	---	--

Fuente: Gleeson, 2016b, p. 16 (<https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/20675/1/ICB%E2%80%93ACCEPTED%20MS%20%E2%80%93GLEESON%2004-12-2015.pdf>). La evidencia científica se indica con ●●●●, que significa evidencia muy firme, y ○○○○, que significa evidencia limitada o nula.

Equinácea y otras hierbas

Se considera que varias preparaciones con hierbas tienen efectos inmunoestimulantes, y el consumo de productos que contienen *Echinacea purpurea* está ampliamente difundido entre los deportistas. En un estudio de doble ciego controlado por placebo, se investigó el efecto de un pretratamiento oral diario de 28 días con jugo exprimido de *Echinacea purpurea* en 42 triatletas antes y después de un triatlón sprint (Berg et al., 1998). Un subgrupo de deportistas también se trató con magnesio como una referencia para la suplementación con un micronutriente importante para la función muscular óptima. Durante el período de pretratamiento de 28 días, ninguno de los deportistas en el grupo de la equinácea se enfermó, en comparación con 3 individuos en el grupo del magnesio y 4 individuos en el grupo placebo. El pretratamiento con equinácea aparentemente redujo la liberación del receptor IL-2 soluble antes y después de la carrera y aumentó el aumento de IL-6 inducido por el ejercicio.

Numerosos experimentos han demostrado que los extractos de *Echinacea purpurea* ejercen efectos inmunomoduladores *in vitro*. Estos efectos incluyen la activación de macrófagos, neutrófilos y células NK, y hay algunos informes de cambios en la cantidad y las actividades de los leucocitos de las células T y las células B. Sin embargo, la evidencia de efectos positivos en las actividades de los leucocitos *in vitro* no significa que estos efectos también se observarán *in vivo*. Varias docenas de experimentos en humanos, incluidos varios ensayos ciegos aleatorizados, informan beneficios moderados para la salud, particularmente aquellos que han examinado los efectos de los extractos de la *Echinacea purpurea* en el tratamiento de ITRS agudas. Sin embargo, la mayoría de estos ensayos han sido limitados en tamaño y calidad metodológica. En un ensayo aleatorizado, de doble ciego, controlado con placebo, la administración de equinácea no refinada ante la aparición de síntomas de ITRS en 148

estudiantes universitarios no proporcionó ningún beneficio o daño detectable en comparación con el placebo (Barrett et al., 2002).

En un metaanálisis de los ensayos con equinácea (Linde, Barrett, Wolkart, Bauer, & Melchart, 2006) que incluyeron 22 ensayos bien controlados, tres ensayos investigaron la prevención de resfriados y 19 ensayos probaron el tratamiento de resfriados. Se utilizaron varias preparaciones diferentes de equinácea. Ninguna de las tres comparaciones en los ensayos de prevención mostró algún beneficio de la equinácea sobre el placebo. En los ensayos que examinaron la efectividad de la equinácea en comparación con el placebo para el tratamiento de resfriados, se informó un efecto beneficioso significativo en nueve comparaciones, una tendencia en uno, y ninguna diferencia en seis. Las conclusiones principales de los autores fueron que hay cierta evidencia de que las preparaciones a base de las partes aéreas de la planta de equinácea podrían ser efectivas para el tratamiento temprano de resfriados en adultos, pero esos resultados no han sido totalmente uniformes. En los relativamente pocos ensayos a gran escala, bien controlados y aleatorizados que se han realizado, no se demostró ningún efecto beneficioso de la equinácea. Por lo tanto, todavía es incierto si la equinácea tiene algún valor real en la prevención o el tratamiento de ITRS en la población general, y solo poquísimos ensayos con pequeñas cantidades de individuos han intentado examinar su efectividad para reducir los SRA en deportistas (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Se cree que los ingredientes activos de los extractos de equinácea contienen alcamidas, ácido chicórico y polisacáridos.

También se cree que otras hierbas contienen diversas propiedades antivirales, antibacteriales, inmunomoduladoras y antioxidantes. Algunos ejemplos son los extractos de saúco (*Sambucus nigra*, que contiene flavonoides, antocianinas, glucósidos, ácido vibúrnico y vitaminas A y C), kaloba (el nombre común de un extracto de las raíces de *Pelargonium sidoides*, que contiene flavan-3-oles, derivados de 7-hidroxycumarina, proteínas y sacáridos), ginseng (*Panax quinquefolium*, que contiene en su mayoría poli-furanosil-piranosil-sacáridos), astrágalo (*Astragalus membranaceus*, que contiene polisacáridos, flavonoides, múltiples oligoelementos y aminoácidos) y las hojas del olivo (*Olea europaea*, que contiene compuestos fenólicos como la oleuropeína y su derivado, el ácido elenoico). Gran parte de la base de evidencia para estas preparaciones con hierbas se basa en estudios *in vitro* que demuestran efectos estimulantes de las células inmunitarias o acciones antivirales directas (que previenen la entrada de virus en células huésped o la replicación viral). La mayoría de las

preparaciones como la equinácea y otras que se clasifican como "medicamentos herbarios" se utilizan para reducir la gravedad y la duración de los síntomas del resfriado más que para prevenir infecciones (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Es discutible si estas preparaciones son más efectivas que tomar medicamentos antivirales o remedios sin receta para resfriados que contengan anestésicos locales, antiinflamatorios, descongestivos y estimulantes (p.ej., efedrina, cafeína) para el tratamiento de los síntomas de las ITRS como el dolor de garganta, la congestión nasal y la tos (Calder y Yaqoob, 2013)

Curcumina

La curcumina (diferuloilmetano) es un componente amarillo anaranjado de la cúrcuma, una especia que se encuentra comúnmente en los polvos y las salsas de curry.

"Tradicionalmente, la curcumina se ha conocido por sus efectos antiinflamatorios, y varios estudios han demostrado que es un potente agente inmunomodulador que puede modular la activación de células T, células B, células NK, neutrófilos, macrófagos y células dendríticas" (Jagetia, & Aggarwal, 2007, as cited in Jeukendrup y Gleeson, 2018).

"La curcumina también puede disminuir la expresión de diversas citoquinas proinflamatorias incluidas la TNF, IL-1 y IL-2 [...] muy probablemente a través de la desactivación del factor de transcripción NF-kappaB. Curiosamente, sin embargo, la curcumina en dosis bajas también puede mejorar las respuestas de anticuerpos" (Jagetia, & Aggarwal, 2007).

Polifenoles

"El reino vegetal usa decenas de miles de metabolitos secundarios (generalmente llamados fitonutrientes) incluidos terpenos, alcaloides y fenoles para defensa" (Jeukendrup y Gleeson, 2018), atracción y protección. Los compuestos fenólicos o polifenoles se dividen en cuatro clases principales. "flavonoides (~50 % de todos los polifenoles), ácidos fenólicos, lignanos y estilbenos" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Los flavonoides luego se clasifican en seis subgrupos simples (flavan-3-oles, flavanonas, flavonas, isoflavonas, flavonoles, antocianinas) y dos complejos (taninos condensados y derivados). En los alimentos, los flavonoides, los lignanos y los estilbenos generalmente se encuentran como glucósidos, y los ácidos fenólicos como ésteres con diversos polialcoholes, y las variaciones estructurales influyen en su absorción y biodisponibilidad. Una revisión sistemática y metaanálisis reciente mostró que la suplementación con flavonoides (rango de 0,2 a 1,2g/día en 14 estudios seleccionados) redujo la incidencia de episodios de SRA agudos en un 33% en comparación con los tratamientos de control o placebo (Somerville, Braakhuis, & Hopkins, 2016). Un flavonoide en particular, la quercetina, ha recibido mucha atención en los últimos años en relación con sus posibles efectos sobre el rendimiento del ejercicio, la adaptación al entrenamiento y la función inmunitaria (Jeukendrup y Gleeson, 2018, p. 404).

La quercetina se "encuentra en varias frutas y verduras [...], [siendo] las fuentes alimentarias más ricas en quercetina las manzanas, los arándanos, el brócoli, la col rizada, los pimientos picantes, las cebollas y el té" (Calder y Yaqoob, 2013).

La ingesta diaria total de flavonoles (donde la quercetina representa alrededor del 75 %) varía de 13 a 64 mg según la muestra del estudio y la población estudiada. Los humanos pueden absorber cantidades importantes de quercetina de los alimentos o los suplementos, y la eliminación es bastante lenta, con una vida media informada de 11 a 28 horas. Estudios en animales indican que 7 días de alimentación con quercetina mejora la supervivencia de la inoculación del virus de la gripe (Davis, Murphy, McClellan, Carmichael, & Gangemi, 2008, as cited in Gleeson, 2013).

Se han realizado unos pocos ensayos en humanos, y un estudio de doble ciego, controlado con placebo con 40 ciclistas mostró que 1000 mg/día de quercetina durante 3 semanas aumentó significativamente los niveles de quercetina en el plasma y redujo la incidencia de ITRS durante el período de 2 semanas después de 3 días sucesivos de ejercicio agotador (Nieman et al., 2007). En este estudio una proporción sorprendentemente alta (45 %) de individuos en el grupo placebo informó síntomas de ITRS en el período de 2 semanas posteriores al entrenamiento, sin embargo, los marcadores de disfunción inmunitaria, inflamación y estrés oxidativo no fueron diferentes de los del grupo tratado con quercetina, lo que sugiere que la quercetina ejerció efectos antivirales directos, al menos dentro del contexto del diseño del estudio. Hay cada vez más apoyo para la coingestión de quercetina con otros flavonoides y componentes alimentarios para mejorar y extender la biodisponibilidad y los efectos bioactivos de la quercetina. Entre ellos están el flavonoide epigallocatequina-3-galato (EGCG) del té, la isoquercetina que es la forma glucosilada de la quercetina en las cebollas y otros alimentos, AGP n-3 como el ácido eicosapentaenoico (AEP) y el ácido docosahexaenoico (ADH), la vitamina C y el ácido fólico. Otros compuestos polifenólicos que aparecen naturalmente están presentes en alimentos como las verduras de hojas verdes, las cebollas, las manzanas, las peras, los cítricos y las uvas tintas, así como también algunas bebidas a base de plantas como jugos de cítricos, té verde, vino tinto y cerveza. Un estudio a gran escala en individuos físicamente activos indicó que una gran ingesta de frutas estaba asociada con menos episodios de enfermedad respiratoria (Nieman et al., 2011). (Calder y Yaqoob, 2013).

β -glucanos

Los β -glucanos no solo están presentes como componentes estructurales principales de las paredes celulares de la levadura, los hongos y algunas bacterias, sino que también están presentes en la dieta como parte de la pared celular del endospermo en cereales, tales como la cebada y la avena. Los β -glucanos son carbohidratos compuestos por moléculas de glucosa ligadas y difieren en la estructura macromolecular según la fuente. Los β -glucanos de las bacterias son residuos de glucopiranosil ligados mediante enlace β 1,3 no ramificados. Los β -glucanos de las paredes celulares de la levadura y los hongos constan de residuos de glucopiranosil ligados mediante enlace β 1,3 con pequeñas cantidades de ramificaciones ligadas mediante enlace β 1,6, mientras que las paredes celulares de la cebada y la avena contienen β -glucanos no ramificados con residuos de glucopiranosil ligados mediante enlaces β 1,3 y 1,4. Las características específicas de los distintos β -glucanos pueden influir en sus efectos inmunomoduladores [...]. Esto implica que la adición de β -glucanos a la dieta puede usarse para modular la función inmunitaria y, por lo tanto, mejorar la resistencia contra patógenos invasores en los humanos [...]. Por lo tanto, podría ser posible modular la función inmunitaria aumentando la ingesta alimentaria de β -glucanos, por ejemplo, desarrollando alimentos funcionales (Calder y Yaqoob, 2013, p. 652).

Un ensayo en humanos no encontró efectos de 3 semanas de suplementación de β -glucano de avena en respuestas inmunitarias al ejercicio o incidencia en infección durante el período de 2 semanas después de 3 días sucesivos de ejercicio agotador [Nieman et al., 2008]. Sin embargo, más recientemente, otro estudio en humanos informó una reducción del 37 % en la cantidad de días de SRA después de una maratón con suplementación con β -glucano de levadura en comparación con el placebo, que los autores atribuyeron a un aumento en la IgA salival posterior al ejercicio [McFarlin, Carpenter, Davidson, & McFarlin, 2013] (Gleeson, febrero de 2016).

En la actualidad, sin embargo, no hay suficiente evidencia para recomendar suplementos de β -glucano para mejorar la función inmunitaria.

Probióticos

Los probióticos son suplementos alimentarios que contienen microorganismos vivos que al administrarlos en cantidades adecuadas confieren un beneficio para la salud del huésped. Actualmente hay un conjunto de evidencias razonable acerca de que el consumo regular de probióticos puede modificar la población de las bacterias que habitan en el intestino (microbiota) e influir en la función inmunitaria [...], aunque cabe señalar que dichos efectos son específicos para la cepa (Gleeson et al., 2013, p. 234).

Los probióticos sobreviven el tránsito a través de las condiciones ácidas del estómago hasta el intestino, en donde pueden modificar la microbiota intestinal de tal manera que las cantidades de bacterias beneficiosas aumentan y generalmente las cantidades de especies consideradas nocivas disminuyen. Estos efectos se han asociado con una variedad de beneficios potenciales a la salud y el funcionamiento del sistema digestivo, así como con la modulación de la función inmunitaria.

Los probióticos tienen muchos mecanismos de acción. A través de su crecimiento y metabolismo, ayudan a inhibir el crecimiento y reducir los efectos nocivos de otras bacterias, antígenos, toxinas y carcinógenos en el intestino pero, además, los probióticos se conocen por su interacción con el tejido linfoide asociado con el intestino, lo que produce efectos positivos en el sistema inmunitario innato e incluso en el adquirido. Esto es posible porque el intestino, como la superficie más grande del organismo, tiene un rol significativo en la inmunidad, ya que todos los días se enfrenta a tres desafíos inmunitarios distintos. Primero, debe diferenciar y tolerar la gran microbiota comensal, de lo contrario, se producirá inflamación; y segundo, también debe tolerar los antígenos de los alimentos. Por otro lado, el intestino debe ser capaz de montar una defensa contra cualquier patógeno potencial cuando sea necesario. Esto explica por qué el 85% de los ganglios linfáticos se ubican en el intestino, y por qué los probióticos, como alimentos funcionales que apuntan al intestino, son capaces de afectar la salud de todo el organismo, incluidas partes del cuerpo que están distantes del intestino. Si bien a la fecha hay pocos estudios publicados sobre la efectividad del uso de probióticos en deportistas, el interés está comenzando a crecer, mayormente al examinar su potencial para ayudar a mantener la salud general, mejorar la función inmunitaria o reducir la incidencia de ITRS y la gravedad o duración de sus síntomas (Gleeson & Walsh, 2012) (Gleeson et al., 2013, pp. 234-235).

En un ensayo cruzado de doble ciego, controlado con placebo en el que 20 corredores de distancia de élite sanos recibieron el probiótico *Lactobacillus (L.) fermentum* o placebo diariamente durante 28 días con un período de lavado de 28 días entre el tratamiento inicial y el segundo, los deportistas experimentaron menos días de enfermedad respiratoria y menor gravedad de los síntomas de enfermedad respiratoria al tomar el probiótico diariamente (Cox, Pyne, Saunders, & Fricker, 2010). El tratamiento con probióticos provocó un cambio doblemente mayor en la producción de IFN- γ del cultivo de sangre entera en comparación con el placebo, que puede ser un mecanismo para apuntalar los resultados clínicos positivos.

En un estudio de intervención de escala algo mayor, aleatorizado y de doble ciego, 141 maratonistas recibieron *L. rhamnosus GG (LGG)* o placebo diariamente durante un período de entrenamiento de 3 meses, y luego participaron en una maratón con 2 semanas de seguimiento de síntomas de enfermedad (Kekkonen et al., 2007).

Si bien no hubo diferencias en la cantidad de infecciones respiratorias o los episodios de síntomas gastrointestinales (GI), la duración de los episodios de los síntomas GI en el grupo de LGG fue menor que en el grupo placebo durante el período de entrenamiento (2,9 frente a 4,3 días) y durante las 2 semanas posteriores a la maratón (1,0 frente a 2,3 días) (Calder y Yaqoob, 2013).

Un ensayo aleatorizado, controlado con placebo en 64 deportistas universitarios informó una menor incidencia de episodios de ITRS durante un período de entrenamiento de invierno de 4 meses en individuos que recibieron un suplemento de *L. casei* dos veces por día en comparación con el placebo, y este estudio también informó un mejor mantenimiento de la IgA salival en el grupo de probióticos (Gleeson, Bishop, Oliveira, & Tauler, 2011). Si bien la mayoría de los estudios hasta la fecha han examinado los efectos de los probióticos en individuos recreacionalmente activos o atletas de deportes de resistencia, un estudio reciente en jugadores de rugby de élite proporciona evidencia de que los efectos beneficiosos de los probióticos en la reducción de la incidencia de ITRS, pero no en la gravedad, pueden extenderse a los jugadores de deportes de equipo (Haywood et al., 2014).

A partir de la investigación disponible, no se puede tener seguridad de un beneficio para la salud con la ingesta regular de probióticos para los deportistas, pero actualmente hay una comprensión suficiente del mecanismo de acción de ciertas cepas probióticas, y evidencia suficiente proveniente de ensayos con atletas y deportistas para señalar que es un área de investigación prometedora con indicaciones mayormente positivas en la

actualidad. Un metaanálisis con datos de estudios en deportistas y personas que no practican deportes con 3451 participantes determinó que probablemente haya un beneficio en la reducción de la incidencia de ITRS (Hao, Lu, Dong, Huang, & Wu, 2011).

Los estudios a la fecha que han demostrado la reducción de la incidencia de SRA en deportistas han estado mayormente limitados a las especies *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* y han usado dosis diarias de bacterias vivas de $\sim 10^{10}$. "Dado que ciertos probióticos parecen proporcionar algún beneficio [...] sin evidencia de daño y son de bajo costo, no hay razón por la cual los deportistas no deberían tomar probióticos, especialmente si viajan al exterior o son propensos a enfermedades" (Gleeson et al., 2013, p. 236).

Tabla 2: Reducción en la cantidad de días con síntomas de SRA y la gravedad de los síntomas con un suplemento diario de probióticos en corredores masculinos

Tabla 2 Diferencias en la cantidad, la duración y la intensidad de los síntomas de infección del tracto respiratorio superior (ITRS) común y enfermedades respiratorias bajas (ERB) en corredores de distancia altamente entrenados entre los tratamientos con probióticos y placebo			
Enfermedad (ITRS y ERB)	<i>L. fermentum</i>	Placebo	p-valor
Episodios (n)	4	9	0.24
Individuos que informan (n)	3	7	0.27
Días de síntomas (días)	30	72	<0.001
Gravedad promedio del episodio episodio en una escala del 1 al 3)	1.0	1.7	0.06

La gravedad se clasificó en una escala Likert del 1 al 3, donde 1 = síntomas leves, 2 = síntomas moderados y 3 = síntomas severos.

Fuente: Cox et al., 2010, p. 224.

Calostro

El calostro bovino es la primera recolección de un líquido espeso de color amarillo cremoso, producido por la glándula mamaria de la vaca lactante poco después de dar a luz a su cría (generalmente dentro de las primeras 36 horas). El calostro contiene anticuerpos, factores de crecimiento, enzimas, gangliósidos (ácidos glucoesfingolípidos), vitaminas y minerales, y está comercialmente disponible en forma líquida y en polvo. Se han realizado numerosas afirmaciones sobre los efectos en la salud del calostro, que van desde la mejora del rendimiento hasta la prevención de infecciones, pero los estudios bien controlados en deportistas son escasos [...]. Unos pocos estudios sugieren que varias semanas de suplementación con calostro bovino pueden elevar los niveles anticuerpos en la circulación y la saliva. En un estudio de 35 corredores de distancia de mediana edad

que consumieron un suplemento de calostro bovino o placebo durante 12 semanas, los niveles medios de IgA salival aumentaron en un 79% en el grupo de calostro después de la intervención de 12 semanas, sin cambios en el grupo de placebo (Crooks et al. [Crooks, Wall, Cross, & Rutherford-Markwick], 2006). Mientras que este resultado fue estadísticamente significativo, su interpretación fisiológica se debe ver con precaución debido a los pequeños números de este estudio y la gran variabilidad en los niveles de IgA salival. Davison y Diment (2010) informaron que una suplementación diaria con calostro bovino durante 4 semanas evitó los descensos inducidos por el ejercicio de lisozima salival y aceleró la recuperación de la función de los neutrófilos después de 2 horas de ciclismo extenuante en hombres sanos en comparación con el placebo (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Varios estudios también han informado que la suplementación diaria oral con calostro bovino reduce la cantidad total de días con SRA autodeclarados, la incidencia de los episodios de SRA, la cantidad total de días con SRA autodeclarados y la duración de episodios de SRA autodeclarados, en adultos que realizan entrenamiento de ejercicio. (Crooks et al., 2006; Jones et al., 2014). "Se necesitan más estudios para confirmar y ampliar estas observaciones de los efectos en las respuestas inmunitarias al ejercicio y para establecer si el calostro bovino puede reducir la incidencia de ITRS en los deportistas" (Calder y Yaqoob, 2013).

4.2.5 Aplicar la ciencia para reducir la enfermedad y las infecciones

Tanto el ejercicio como la nutrición ejercen influencias individuales en la función inmunitaria; estas influencias parecen ser mayores cuando el estrés por el ejercicio y la mala nutrición actúan sinérgicamente. El entrenamiento de ejercicio aumenta el requerimiento del organismo de la mayoría de los nutrientes y, en muchos casos, estas necesidades mayores se contrarrestan con el aumento del consumo de alimentos. Sin embargo, algunos deportistas adoptan un régimen alimentario no balanceado, y muchas encuestas indican que pocos deportistas siguen los mejores patrones alimentarios para la nutrición deportiva óptima.

A pesar de la abundancia de estudios que investigan los efectos de la nutrición en la función inmunitaria y los efectos de la nutrición en el rendimiento físico, relativamente pocos han investigado las interrelaciones entre la nutrición, el rendimiento y la función inmunitaria simultáneamente. Por lo tanto, algunas de las conclusiones extraídas en este capítulo permanecen especulativas, y dependen de generalizaciones entre las poblaciones sedentarias y deportistas. El estado nutricional deficiente de

algunos deportistas, sin embargo, probablemente los predispone a la inmunodepresión. Si bien es imposible contrarrestar los efectos de todos los factores que contribuyen con la inmunodepresión inducida por el ejercicio, es posible minimizar muchos de los efectos. Los deportistas pueden ayudarse a sí mismos comiendo dietas bien balanceadas que incluyan carbohidratos, proteínas y micronutrientes adecuados.

Se recomienda el consumo de bebidas con carbohidratos durante el entrenamiento y la competición porque esta práctica parece atenuar algunos de los efectos inmunodepresivos del ejercicio prolongado. No es probable que la ingesta de aminoácidos individuales, equinácea, vitamina E y zinc tenga un beneficio clínico significativo en la prevención de infecciones comunes como las ITRS. Los peligros de la sobresuplementación de vitaminas y minerales se deberían resaltar porque muchos micronutrientes administrados en cantidades que van más allá de cierto umbral reducen las respuestas inmunitarias y, además, pueden significar un riesgo para la salud.

Las recomendaciones actuales para apoyar la nutrición inmunitaria en los deportistas (Bermon et al., 2017; Gleeson, [February] 2016) incluyen:

- La ingesta general de energía diaria debe corresponderse con las necesidades de energía, proviniendo >50 % de los carbohidratos.
 - Ingesta de 30 a 60 g de carbohidratos por hora durante las sesiones de entrenamiento extenuante.
 - Ingesta de cantidades adecuadas de proteína (1,2-1,6 g/kg de p. c./día) que debería incluir el consumo de 0,3 g/kg de p. c./día en las comidas posteriores a las sesiones de entrenamiento.
 - Ingesta de cantidades adecuadas de micronutrientes (esto se puede garantizar tomando una pastilla diaria de multivitamínicos/minerales que cumpla con la IDR).
 - Tomar un suplemento oral diario de vitamina D3 de 25 µg o 1000 UI desde el comienzo del otoño hasta comienzos de la primavera.
 - Tomar un suplemento de probióticos diario que contenga al menos 10^{10} de bacteria viva.
- Incluir una variedad de frutas y verduras como parte de la dieta normal (al menos 5 días a la semana); esto se puede suplementar con suplementos o bebidas con polifenoles de plantas (p. ej., té verde, cerveza sin alcohol) o extractos concentrados de frutas o vegetales.

- Considerar la toma diaria de 10 a 20 g de suplemento en polvo de calostro bovino.
- Considerar la toma de suplementos de zinc en los días previos a una competición importante en caso de que aparezcan síntomas de resfriados en ese momento importante (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

Probablemente este abordaje sea muy beneficioso para aquellos individuos que son particularmente propensos a enfermedades.

Es importante recordar que la nutrición solo es un factor con respecto al riesgo de infección y "hay otras estrategias que pueden minimizar el riesgo de desarrollar una depresión de la función inmunitaria o reducir el grado de exposición a patógenos y, de este modo, limitar el riesgo de infección" (Jeukendrup y Gleeson, 2018).

"Otros factores que pueden disminuir el riesgo de infección en los deportistas son reducir otros tipos de estrés de la vida diaria, mantener buena higiene bucal y de la piel, obtener un descanso adecuado y espaciar las sesiones de entrenamiento prolongadas y las competiciones en la mayor medida posible" (Schwellnus et al., 2016, as cited in Calder & Yaqoob, 2013). Se recomiendan las prácticas que se enumeran a continuación.



Figura 2: 17 formas de reducir el riesgo de enfermedad en los deportistas



Fuente: Jeukendrup 2016. <https://bit.ly/2y3xclx>

Referencias

Aranow, C. (2011). Vitamin D and the immune system. *J Investig Med*, 59(6), 881-886. doi:10.2310/JIM.0b013e31821b8755

Barrett, B. P., Brown, R. L., Locken, K., Maberry, R., Bobula, J. A. y D'Alessio, D. (2002). Treatment of the common cold with unrefined echinacea. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Ann Intern Med*, 137(12), 939-946.

Bermon, S., Castell, L. M., Calder, P. C., Bishop, N. C., Blomstrand, E., Mooren, F. C. y Nagatomi, R. (2017). Consensus Statement Immunonutrition and Exercise. *Exerc Immunol Rev*, 23, 8-50.

Bishop, N. C., Blannin, A. K., Armstrong, E., Rickman, M. y Gleeson, M. (2000). Carbohydrate and fluid intake affect the saliva flow rate and IgA response to cycling. *Med Sci Sports Exerc*, 32(12), 2046-2051.

Bishop, N. C., Blannin, A. K., Walsh, N. P., Robson, P. J. y Gleeson, M. (1999, September). Nutritional Aspects of Immunosuppression in Athletes. *Sports Med*, 28(3), 151-176. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Neil_Walsh/publication/12760156_Nutritional_Aspects_of_Immunosuppression_in_Athletes/links/551316510cf23203199b2ecd/Nutritional-Aspects-of-Immunosuppression-in-Athletes.pdf

Calder, P. C. y Yaqoob, P. (Eds.). (2013). *Diet, Immunity and Inflammation*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing.

Cox, A. J., Pyne, D. B., Saunders, P. U. y Fricker, P. A. (2010). Oral administration of the probiotic *Lactobacillus fermentum* VRI-003 and mucosal immunity in endurance athletes. *Br J Sports Med*, 44(4), 222-226. doi:10.1136/bjism.2007.044628

Crooks, C. V., Wall, C. R., Cross, M. L. y Rutherford-Markwick, K. J. (2006). The effect of bovine colostrum supplementation on salivary IgA in distance runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16(1), 47-64.

Davis, J. M., Murphy, E. A., McClellan, J. L., Carmichael, M. D. y Gangemi, J. D. (2008). Quercetin reduces susceptibility to influenza infection following stressful exercise. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 295(2), R505-509. doi:10.1152/ajpregu.90319.2008

Davison, G. y Diment, B. C. (2010). Bovine colostrum supplementation attenuates the decrease of salivary lysozyme and enhances the recovery of neutrophil function after prolonged exercise. *Br J Nutr*, 103(10), 1425-1432. doi:10.1017/S0007114509993503

Gleeson, M. (2006a). Can Nutrition Limit Exercise-Induced Immunodepression? *Nutrition Reviews*, 64(3), 119-131. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/7c63/09f2979211b3fabe917830980b569530a4b9.pdf>

Gleeson, M. (Ed.). (2006b). *Immune Function in Sport and Exercise*. Amsterdam, NL: Elsevier.

Gleeson, M. (2015). Effects of exercise on immune function. *Sports Science Exchange*, 28(151), 1-6. Retrieved from https://secure.footprint.net/gatorade/prd/gssiweb/sf_libraries/sse-docs/gleeson_sse_151_9-28-15-final.pdf?sfvrsn=2

Gleeson, M. (2016, February). Immunological aspects of sport nutrition. *Immunol Cell Biol*, 94(2), 117-123. doi:10.1038/icb.2015.109

Gleeson, M. (2016, August 19). How common are illnesses amongst athletes? Retrieved from <http://www.mysportscience.com/single-post/2016/08/19/How-common-are-illnesses-amongst-athletes>

Gleeson, M., Bishop, N. C., Oliveira, M. y Tauler, P. (2011). Daily probiotic's (*Lactobacillus casei* Shirota) reduction of infection incidence in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 21(1), 55-64.

Gleeson, M., Bishop, N. C. y Walsh, N. (Eds.). (2013). *Exercise immunology*. New York, US: Routledge.

Gleeson, M., Blannin, A. K., Walsh, N. P., Bishop, N. C. y Clark, A. M. (1998). Effect of low- and high-carbohydrate diets on the plasma glutamine and circulating leukocyte responses to exercise. *Int J Sport Nutr*, 8(1), 49-59.

Gleeson, M., Nieman, D. C. y Pedersen, B. K. (2004, January). Exercise, nutrition and immune function. *J Sports Sci*, 22(1), 115-125.

Gleeson, M. y Walsh, N. P. (British Association of Sport & Exercise Sciences). (2012). The BASES expert statement on exercise, immunity, and infection. *J Sports Sci*, 30(3), 321-324. doi:10.1080/02640414.2011.627371

Gleeson, M. y Williams, C. (2013). Intense exercise training and immune function. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*, 76, 39-50. doi:10.1159/000350254



Gomez-Cabrera, M. C., Ristow, M. y Vina, J. (2012). Antioxidant supplements in exercise: worse than useless? *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 302(4), E476-477; author reply E478-479. doi:10.1152/ajpendo.00567.2011

Hao, Q., Lu, Z., Dong, B. R., Huang, C. Q. y Wu, T. (2011). Probiotics for preventing acute upper respiratory tract infections. *Cochrane Database Syst Rev*(9), CD006895. doi:10.1002/14651858.CD006895.pub2

Haywood, B. A., Black, K. E., Baker, D., McGarvey, J., Healey, P. y Brown, R. C. (2014). Probiotic supplementation reduces the duration and incidence of infections but not severity in elite rugby union players. *J Sci Med Sport*, 17(4), 356-360. doi:10.1016/j.jsams.2013.08.004

He, C. S., Handzlik, M., Fraser, W. D., Muhamad, A., Preston, H., Richardson, A. y Gleeson, M. (2013). Influence of vitamin D status on respiratory infection incidence and immune function during 4 months of winter training in endurance sport athletes. *Exerc Immunol Rev*, 19, 86-101

He et al, (2016). Is there an optimal vitamin D status for immunity in athletes and military personnel? *Exercise Immunology Review*, 22, pp. 42-64.

Jagetia, G. C. y Aggarwal, B. B. (2007). "Spicing up" of the immune system by curcumin. *J Clin Immunol*, 27(1), 19-35. doi:10.1007/s10875-006-9066-7

Jeukendrup, A. E. y Gleeson, M. (2018). *Sport Nutrition: an introduction to energy production and performance* (3rd ed.). Champaign IL: Human Kinetics.

Jeukendrup, A. (2016, September 26). Effect of exercise on immune function [Image]. Retrieved from <http://www.mysportscience.com/single-post/2016/09/25/Strategies-to-reduce-illness-risk-in-athletes-Part-1-Behavioural-lifestyle-and-medical-strategies>

Jones, A. W., Cameron, S. J., Thatcher, R., Beecroft, M. S., Mur, L. A. y Davison, G. (2014). Effects of bovine colostrum supplementation on upper respiratory illness in active males. *Brain Behav Immun*, 39, 194-203. doi:10.1016/j.bbi.2013.10.032

Kekkonen, R. A., Vasankari, T. J., Vuorimaa, T., Haahtela, T., Julkunen, I. y Korpela, R. (2007). The effect of probiotics on respiratory infections and gastrointestinal symptoms during training in marathon runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 17(4), 352-363.

Linde, K., Barrett, B., Wolkart, K., Bauer, R. y Melchart, D. (2006). Echinacea for preventing and treating the common cold. *Cochrane Database Syst Rev*(1), CD000530. doi:10.1002/14651858.CD000530.pub2

Matthews, C. E., Ockene, I. S., Freedson, P. S., Rosal, M. C., Merriam, P. A. y Hebert, J. R. (2002). Moderate to vigorous physical activity and risk of upper-respiratory tract infection. *Med Sci Sports Exerc*, 34(8), 1242-1248.

Matthews, D. E. y Campbell, R. G. (1992). The effect of dietary protein intake on glutamine and glutamate nitrogen metabolism in humans. *Am J Clin Nutr*, 55(5), 963-970. doi:10.1093/ajcn/55.5.963

McFarlin, B. K., Carpenter, K. C., Davidson, T. y McFarlin, M. A. (2013). Baker's yeast beta glucan supplementation increases salivary IgA and decreases cold/flu symptomatic days after intense exercise. *J Diet Suppl*, 10(3), 171-183. doi:10.3109/19390211.2013.820248

Merry, T. L. y Ristow, M. (2016). Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training? *J Physiol*, 594(18), 5135-5147. doi:10.1113/JP270654

Mickleborough, T. D., Head, S. K. y Lindley, M. R. (2011). Exercise-induced asthma: nutritional management. *Curr Sports Med Rep*, 10(4), 197-202. doi:10.1249/JSR.0b013e318223cdb5

Mitchell, J. B., Pizza, F. X., Paquet, A., Davis, B. J., Forrest, M. B. y Braun, W. A. (1998). Influence of carbohydrate status on immune responses before and after endurance exercise. *J Appl Physiol (1985)*, 84(6), 1917-1925. doi:10.1152/jappl.1998.84.6.1917

Nehlsen-Cannarella, S. L., Fagoaga, O. R., Nieman, D. C., Henson, D. A., Butterworth, D. E., Schmitt, R. L. y Davis, J. M. (1997). Carbohydrate and the cytokine response to 2.5 h of running. *J Appl Physiol (1985)*, 82(5), 1662-1667. doi:10.1152/jappl.1997.82.5.1662

Nieman, D. C. (1994). Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc*, 26(2), 128-139.

Nieman, D. C., Henson, D. A., Austin, M. D. y Sha, W. (2011). Upper respiratory tract infection is reduced in physically fit and active adults. *Br J Sports Med*, 45(12), 987-992. doi:10.1136/bjism.2010.077875

Nieman, D. C., Henson, D. A., Fagoaga, O. R., Utter, A. C., Vinci, D. M., Davis, J. M. y Nehlsen-Cannarella, S. L. (2002). Change in salivary IgA following a competitive marathon race. *Int J Sports Med*, 23(1), 69-75. doi:10.1055/s-2002-19375

Nieman, D. C., Henson, D. A., Gross, S. J., Jenkins, D. P., Davis, J. M., Murphy, E. A. y Mayer, E. P. (2007). Quercetin reduces illness but not immune perturbations after intensive exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 39(9), 1561-1569. doi:10.1249/mss.0b013e318076b566



Nieman, D. C., Henson, D. A., McMahon, M., Wrieden, J. L., Davis, J. M., Murphy, E. A. y Dumke, C. L. (2008). Beta-glucan, immune function, and upper respiratory tract infections in athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 40(8), 1463-1471. doi:10.1249/MSS.0b013e31817057c2

Nieman, D. C. y Pedersen, B. K. (2000). *Nutrition and Exercise Immunology*. Florida, US: CRC Press.

Pedersen, B. K., Helge, J. W., Richter, E. A., Rohde, T. y Kiens, B. (2000). Training and natural immunity: effects of diets rich in fat or carbohydrate. *Eur J Appl Physiol*, 82(1-2), 98-102. doi:10.1007/s004210050657

Ristow, M., Zarse, K., Oberbach, A., Kloting, N., Birringer, M., Kiehntopf, M. y Bluher, M. (2009). Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106(21), 8665-8670. doi:10.1073/pnas.0903485106

Schwellnus, M., Soligard, T., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P. y Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med*, 50(17), 1043-1052. doi:10.1136/bjsports-2016-096572

Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P. y Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*, 50, 1030-1041. doi:10.1136/bjsports-2016-096581

Somerville, V. S., Braakhuis, A. J. y Hopkins, W. G. (2016). Effect of Flavonoids on Upper Respiratory Tract Infections and Immune Function: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Adv Nutr*, 7(3), 488-497. doi:10.3945/an.115.010538

Svendsen, I. S., Taylor, I. M., Tonnessen, E., Bahr, R. y Gleeson, M. (2016). Training-related and competition-related risk factors for respiratory tract and gastrointestinal infections in elite cross-country skiers. *Br J Sports Med*, 50(13), 809-815. doi:10.1136/bjsports-2015-095398

Walsh, N. P., Gleeson, M., Shephard, R. J., Gleeson, M., Woods, J. A., Bishop, N. C. y Simon, P. (2011). Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev*, 17, 6-63.

Witard, O. C., Jackman, S. R., Kies, A. K., Jeukendrup, A. E. y Tipton, K. D. (2011). Effect of increased dietary protein on tolerance to intensified training. *Med Sci Sports Exerc*, 43(4), 598-607. doi:10.1249/MSS.0b013e3181f684c9

