



RECUPERACIÓN NUTRICIONAL DENTRO DE LA TEMPORADA PARA FÚTBOL AMERICANO

Keith Baar | Departamento de Fisiología y Biología de la Membrana | Universidad de California Davis | Estados Unidos de América

Lisa E. Heaton MS, RD, CSSD | Nutricionista Deportiva R&D | Gatorade Sports Science Institute | Barrington, IL Estados Unidos de América de América

PUNTOS CLAVE

- El fútbol americano es un deporte intermitente de alta intensidad que provoca daño en el músculo, cartílago y hueso, el cual debe reducirse al mínimo para que los jugadores estén sanos al final del año.
- La clave para la función óptima del músculo es llevar al máximo la reposición muscular mientras se mantiene un balance positivo de proteína.
- La regeneración del músculo dañado depende de un complejo de protein-cinasa llamado complejo 1 de la diana de rapamicina en células de mamífero (mTORC1).
- mTORC1 puede activarse por una dieta rica en proteínas que son rápidamente absorbibles y rica en el aminoácido leucina. mTORC1 también puede inactivarse por el consumo de alcohol.
- La ingesta de ácidos grasos Omega-3 puede mejorar la síntesis de proteína muscular, disminuir la inflamación y mejorar la función cognitiva.
- En un meta-análisis reciente, más del 50% de los atletas tuvieron niveles insuficientes de vitamina D circulante (<32 ng/mL) independientemente del origen étnico. Esto es importante porque el estado óptimo de vitamina D mejora la función inmune, muscular y ósea.
- Los atletas con tonos de piel oscura están en mayor riesgo de insuficiencia/deficiencia de vitamina D debido a que no sintetizan tan eficientemente la vitamina D a partir del sol.
- Se presenta una estrategia nutricional sencilla que puede utilizarse para llevar al máximo la recuperación durante la temporada de fútbol americano.

DEMANDAS FUNCIONALES DEL FÚTBOL AMERICANO

Además de las demandas metabólicas del fútbol americano, detalladas en el SSE 143, el desgaste físico puede ser extremo. Una medida del desgaste físico es la liberación de la creatin-cinasa (CK, por sus siglas en inglés) dentro de la sangre como resultado del daño muscular (Zimmerman & Shen, 2013). Los niveles en sangre de CK después de los partidos de americano se elevan progresivamente durante la temporada (Kraemer et al., 2013), indicando un desgaste acumulativo de la temporada de fútbol en la salud muscular. Esto se debe llevar al mínimo para que así los jugadores puedan hacer su mejor esfuerzo en los partidos que más importan al final de la temporada. Además del daño muscular, el impacto del juego en el cartílago (Gray et al., 2013) y en la salud ósea (Mall et al., 2012) también debe abordarse durante la recuperación.

Al igual que con todos los deportes élite, los enfoques principales para proteger al atleta de una lesión y llevar al máximo su rendimiento son optimizar su entrenamiento y recuperación. Este SSE se centrará en los principios de la dieta para optimizar la recuperación con un enfoque primordial en los alimentos que pueden ayudar al atleta a recuperarse y prepararse para los partidos durante la ardua temporada de fútbol.

RECUPERACIÓN METABÓLICA UTILIZANDO LA DIETA

El fútbol americano agota el glucógeno y esto lleva a la deshidratación. Por lo tanto, en las horas y días posteriores al juego, y en los días previos al siguiente partido, el objetivo es la reposición y recuperación del glucógeno y los líquidos. La recuperación del glucógeno, y una ingesta adecuada de calorías, la descomposición de macronutrientes, el tiempo de consumo de nutrientes y las necesidades dietéticas generales de los jugadores de fútbol americano en la temporada, así como la forma de llevar al máximo

el rendimiento deportivo está detallada en el SSE 146; mientras que la optimización del balance hídrico será discutida en el SSE 141. Por lo tanto, este SSE se enfocará en los nutrientes que son específicamente necesarios para mantener el músculo, hueso, cartílago, la salud inmune y del cerebro durante la temporada de americano.

RECUPERACIÓN MUSCULAR- LA PROTEÍNA PARA LLEVAR AL MÁXIMO LA REPOSICIÓN

La clave de la salud muscular a largo plazo es la capacidad para aumentar rápidamente la reposición de proteínas en respuesta a un trauma y mantener el balance proteico. Aumentar el intercambio de proteínas significa aumentar tanto la tasa de síntesis como la degradación de proteínas dentro del músculo. Cuando esto sucede, el resultado es una mejor función muscular (Hwee et al., 2014). Aumentar el intercambio de proteínas es esencial durante la temporada de fútbol para reparar las fibras musculares dañadas durante el entrenamiento o partidos (Kraemer et al., 2013). Las proteínas se descomponen con el fin de sustituir las fibras dañadas y proporcionar un estímulo para la reparación muscular. Como resultado, la degradación de proteínas es proporcional a la síntesis proteica (Phillips et al., 1997), y los atletas entrenados pueden reciclar los aminoácidos que se liberan de la degradación del músculo dañado (Phillips et al., 1999), resultando en músculos más grandes y fuertes cuando la reposición es alta (Hwee et al., 2014).

Por otro lado, el balance proteico es la suma aritmética de la tasa de síntesis de proteína menos la degradación de proteína. Para que un músculo se mantenga del mismo tamaño, el balance proteico debe ser cero, para que crezca, el balance debe ser positivo, y para que se haga más pequeño, el balance de proteínas debe ser negativo. Para mantener la fuerza, la

velocidad y la agilidad a lo largo de una temporada de fútbol físicamente demandante, cada jugador quiere mantener el balance proteico tan cerca como sea posible a cero en la temporada.

Podría pensarse en el fútbol como una serie de contracciones de alargamiento de alta carga con sesgo excéntrico. Lo que esto significa es que jugar fútbol americano es como una serie de ejercicio de fuerza pesada que utiliza una gran cantidad de movimientos excéntricos o pliométricos. En otras palabras, esto es un estímulo de daño que puede llevar a músculos más grandes y fuertes si se da un tiempo adecuado para la recuperación. Sabemos que después de un ejercicio de fuerza, tanto la síntesis como la degradación de proteínas aumentan (Phillips et al., 1997). Si el ejercicio se realiza en ayuno, el aumento en la degradación de proteínas es mayor que el aumento en la síntesis, dando como resultado una degradación muscular neta (Tipton et al., 1999). Para que el balance de proteína muscular regrese a cero o se vuelva positivo, el atleta tiene que consumir proteína, especialmente proteínas ricas en aminoácidos esenciales (Tipton et al., 1999).

Tanto la regeneración del músculo después de una lesión, como el aumento en la síntesis de proteína después del ejercicio, dependen de un complejo de proteína llamado complejo 1 de la diana de rapamicina en células de mamífero (mTORC1). Después del ejercicio de fuerza, la tasa de crecimiento muscular es directamente proporcional a la actividad del mTORC1 (Baar & Esser, 1999) y la actividad del mTORC1 es necesaria ya sea para el ejercicio de fuerza (Drummond et al., 2009) o aminoácidos (Dickinson et al., 2011) para aumentar la síntesis de proteína. Además, se requiere mTORC1 para regenerar el músculo después de una lesión (Ge et al., 2009). Por lo tanto, para que el músculo se regenere y crezca más fuerte después de que ha sido dañado durante un partido de fútbol, se necesita activar mTORC1.

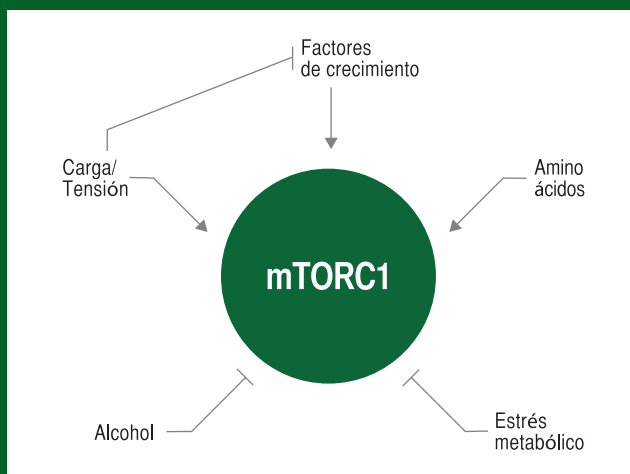


Figura 1. Factores que afectan la activación de mTORC1. El esquema muestra los factores que activan (flechas) e inactivan (barras) el mTORC1

En el sentido más estricto, mTORC1 se activa por tres cosas: 1) ejercicio; 2) hormonas o factores de crecimiento; y 3) aminoácidos (Figura 1). Cuando se realiza ejercicio intenso, se bloquea la capacidad de los factores de crecimiento para activar mTORC1, pero activa mTORC1 directamente (Hamilton et al., 2014). Los aminoácidos (de la dieta) y el ejercicio intenso (juegos, prácticas, o fuerza y acondicionamiento) activan mTORC1 en diferentes maneras por lo que los efectos son aditivos. Esto significa que

para un jugador de americano en temporada hay dos formas de activar mTORC1 funcionalmente. De manera más específica, mTORC1 se activa por cargas elevadas hasta fallar (Baar & Esser, 1999) y el aminoácido leucina (Moberg et al., 2014). A pesar de que los demás aminoácidos son necesarios para aumentar la síntesis de proteína (Churchward-Venne et al., 2012), la leucina es el disparador que activa mTORC1 y lleva a un balance positivo de proteínas (Breen & Churchward-Venne, 2012). Por lo tanto, para activar mTORC1 y llevar al máximo la regeneración muscular y el balance de proteínas, los atletas deben consumir una dieta basada en proteínas ricas en leucina.

Por otro lado, se conocen dos cosas que desactivan mTORC1: 1) el alcohol; y 2) el estrés metabólico. Un nivel de alcohol en la sangre de 0.06 g/100 mL es suficiente para disminuir la síntesis de proteína muscular después del ejercicio, probablemente como resultado de una menor actividad de mTORC1 (Parr et al., 2014). Debido a que la activación de mTORC1 es necesaria para la reparación adecuada del músculo, si se consume alcohol después de un juego o de una sesión de entrenamiento intensa, es probable que el atleta no se recupere adecuadamente o que la recuperación se retrase significativamente. Al igual que el alcohol, el estrés metabólico debido, ya sea a un entrenamiento de intervalos de alta intensidad (Coffey et al., 2009) o a un déficit de energía (Pasiakos et al., 2014), puede disminuir la actividad de mTORC1 y la síntesis de proteína muscular. Por consiguiente, durante la temporada, los atletas deben esforzarse para mantener el balance energético, y el entrenamiento de fuerza nunca debe realizarse inmediatamente antes o después de una práctica.

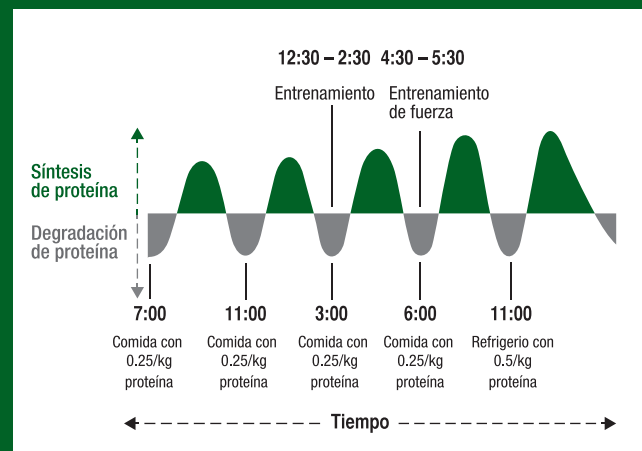


Figura 2. Optimización de la Ingesta Diaria de Alimentos

Plan de alimentación y entrenamiento típico para una recuperación óptima durante la temporada de fútbol. Observe primero que el entrenamiento se encuentra en el día alrededor de los tiempos de comida, de manera que hay menos necesidad de suplementación y más de la recuperación nutricional puede lograrse usando alimentos completos. Lo segundo que hay que observar es que después del entrenamiento hay una mayor síntesis de proteína en los músculos ejercitados cada vez que el atleta come durante las siguientes 24 h.

Más allá de las ideas básicas sobre cómo los alimentos ricos en leucina y mTORC1 son buenos para optimizar el balance de proteína y la recuperación durante una temporada de fútbol, la cantidad precisa y el tiempo de ingesta de proteína también son importantes. Para llevar al máximo la síntesis de proteína, un atleta debe consumir 0.25 g/kg de peso corporal de proteína rica en leucina inmediatamente después del entrenamiento (Moore et al., 2009) y cada ~4 h a lo largo del día. Se selecciona esta cantidad porque consumir más proteína no da como resultado ningún aumento mayor en la síntesis de proteína. Esto significa

que consumir más proteína con menor frecuencia no compensa las comidas espaciadas que contienen la cantidad adecuada de proteína (Areta et al., 2013); (Figura 2).

ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 Y RECUPERACIÓN

Un ácido graso Omega-3 es un ácido graso poliinsaturado, lo que significa que contiene dos o más enlaces dobles con uno de los enlaces dobles en el tercer carbono desde el extremo metilo. Estos ácidos grasos poliinsaturados son considerados esenciales porque el cuerpo humano no los produce en cantidades considerables.

Se discutirán a detalle dos ácidos grasos Omega-3 de cadena larga: ácido eicosapentaenoico (EPA, por sus siglas en inglés) y ácido docosahexaenoico (DHA, por sus siglas en inglés). Otros ácidos grasos Omega-3, como el ácido alfa-linoléico (ALA, por sus siglas en inglés), se convierten a EPA y DHA dentro del cuerpo. Sin embargo, la tasa de conversión de ALA a EPA y DHA en jóvenes hombres es aproximadamente de 8% y 0-4% respectivamente (Burdge et al., 2002).

Las grasas Omega-3 son el centro de atención de muchas investigaciones en rendimiento ya que se sabe que al incorporarse dentro de las membranas de las células, mejoran la síntesis de proteína muscular, disminuyen la inflamación y mejoran la función cognitiva. Todas ellas tienen implicaciones en la salud y el rendimiento para los atletas.

Síntesis de proteína muscular

La mayoría de los estudios que analizan el impacto de los ácidos grasos Omega-3 en la síntesis de proteína muscular han sido realizados en poblaciones adultas (>60 años) o en animales. En un estudio, la ingesta de ácido graso Omega-3 dio como resultado una activación mayor de mTORC1 durante periodos de insulina elevada e infusiones de aminoácido en adultos mayores (Smith et al., 2011a). En un estudio de seguimiento, los autores encontraron que la respuesta anabólica a la insulina y la infusión de aminoácido fue mayor después de la suplementación con 4 g de Omega-3 de cadena larga (incluyendo 1.86 g EPA, 1.50 g DHA) diario durante 8 semanas (Smith et al., 2011b). Estos datos apoyan la hipótesis de que cuando los niveles de insulina y aminoácido son altos, como sucede después de una comida abundante, cantidades adecuadas de ácidos grasos Omega-3 pueden mejorar la síntesis de proteína muscular a través de la activación de mTORC1. A pesar de que estos datos son interesantes, se necesita más investigación para establecer si estos hallazgos se extienden a atletas élite.

Inflamación y dolor muscular

El fútbol americano resulta en cantidades importantes de daño al músculo y este daño se acumula conforme avanza la temporada. Una de las respuestas naturales es la respuesta inflamatoria dentro del músculo que es necesaria para que ocurran las adaptaciones al entrenamiento (Koh & Pizza, 2009). Sin embargo, demasiada inflamación puede afectar la capacidad del músculo para recuperarse después del ejercicio. Los ácidos grasos Omega-3 tienen propiedades antiinflamatorias naturales. El DHA y el EPA disminuyen la expresión de las citocinas inflamatorias y también dan lugar a una familia de mediadores anti-inflamatorios, denominada resolvinas (Calder, 2006). El DHA también influye específicamente en la actividad de las células inflamatorias, alterando la proliferación de neutrófilos y la fagocitosis de monocitos (Gogus, 2010).

Un resultado de los efectos anti-inflamatorios del EPA y DHA es disminuir el dolor muscular. Dos estudios han mostrado un impacto directo de la ingesta de Omega-3 sobre el dolor muscular de inicio retardado (DOMS, por sus siglas en inglés) 48 h posteriores al ejercicio. Tartibian y colaboradores (2009) hicieron que sujetos no entrenados consumieran 1.8 g/día de suplemento de Omega-3 (que contenía 0.324 g EPA, 0.216 g DHA) durante 30 días antes de completar una sesión

de ejercicio excéntrico. Los sujetos que tomaron el suplemento de Omega-3 reportaron reducciones en el dolor percibido y mostraron un mejor rango de movilidad de rodilla 48 h después del ejercicio, incluso a esta dosis baja. Jouris y colegas (2011) mostraron de manera similar una disminución en el DOMS, como resultado de la suplementación de Omega-3 (incluyendo 2 g EPA, 1 g DHA/día) 48 h después de un protocolo de ejercicio excéntrico. Estos interesantes resultados sugieren que incluso cantidades pequeñas de ácidos grasos Omega-3 pueden disminuir el DOMS. Se necesita más investigación en individuos altamente entrenados, pero parece que hay una probabilidad de la ingesta de Omega-3 para mejorar la recuperación muscular.

Función cognitiva

El DHA juega un papel muy específico y esencial en el funcionamiento del tejido neural (Dyall & Michael-Titus, 2008). Al examinar la estructura de la bicapa de fosfolípidos de las neuronas, el DHA es el ácido graso Omega-3 de mayor prevalencia y también participa en la síntesis de neuroprotectinas (moléculas antioxidantes, antiapoptóticas y anti-inflamatorias). La prevalencia de DHA dentro los tejidos neurales impacta el rendimiento cognitivo, la memoria y la capacidad de aprendizaje. Todos estos factores tienen implicaciones para los deportes de equipo como el fútbol americano. Por ejemplo, cuando Fontani y colegas (2005) suplementaron a sujetos adultos jóvenes con 4 g/día de Omega-3 (incluyendo 1.6 g de EPA, 0.8 g DHA) durante 35 días, encontraron que los sujetos tuvieron un mejor desempeño en las pruebas cognitivas, tiempos de reacción más rápidos, así como un periodo de atención prolongado. Esta es una de las razones de por qué la suplementación de Omega-3 (particularmente DHA) juega actualmente un papel significativo en los protocolos de rehabilitación de la lesión cerebral traumática (concusión).

Fuentes y recomendaciones para la suplementación de Omega-3

ALA es un Omega-3 derivado de fuentes vegetales, tales como la linaza, aceite de linaza, nueces, frutos secos, algas, semillas, aceite de soya y aceite de colza (cánola). El EPA y el DHA son ácidos grasos Omega-3 que se encuentran dentro de fuentes de origen animal como pescados grasos de agua fría (por ejemplo, el atún y el salmón), aceites de pescado y aceite de camarón antártico (krill). También existen muchas variedades de suplementos de Omega-3. Es importante para un atleta tener en cuenta que hay una diferencia entre "gramos de aceite de pescado" y "gramos de EPA/DHA" en la etiqueta de un suplemento.

El Instituto de Medicina de Estados Unidos recomienda que los hombres consuman 1.6 g por día de ALA. No hay recomendaciones establecidas para la ingesta de EPA y DHA, aunque la Asociación Americana del Corazón (AHA, por sus siglas en inglés) ha proporcionado guías para la ingesta de EPA y DHA (Kris-Etherton et al., 2002) (Tabla 1).

Clasificación por grupo de AHA	Dosis de EPA/DHA
Personas sin ECC	~0.5 g por día
Personas con ECC	~1 g por día
Personas que necesitan aumentar lípidos en sangre	~2.4 g por día*

Tabla 1. Dosis recomendadas de la ingesta de ácidos grasos Omega-3
*Existe la posibilidad de un mayor riesgo de sangrado cuando la ingesta de ácidos grasos Omega-3, en particular ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), alcanza >3 g por día. Esta es una consideración importante en un deporte de contacto como el fútbol americano. El atleta debe consultar con un médico antes de empezar a ingerir una dosis >3 g por día. AHA-Asociación Americana del Corazón (por sus siglas en inglés); ECC- Enfermedad Cardíaca Coronaria

Dada la importancia de los ácidos grasos Omega-3 en la recuperación, función inmune y del cerebro, los atletas que no tengan problemas de sangrado deben consumir 3 g/día de ácidos grasos Omega-3 con ~0.75 g de EPA y 1 g de DHA y el resto a partir de fuentes vegetales.

VITAMINA D

Niveles séricos de Vitamina D

En una reciente revisión sistemática y un meta-análisis de estudios que observan el nivel de vitamina D en atletas, más de la mitad (56%) de los atletas tenía niveles inadecuados, definido como <32 ng/mL (Farrokhlyar et al., 2015). Específicamente, en la Liga Nacional de Fútbol, de los 80 jugadores evaluados en un estudio, 55 tenían niveles insuficientes (12-20 ng/mL) o deficientes (<12 ng/mL) de vitamina D en suero (Maroon et al., 2015). Las consecuencias de la insuficiencia o deficiencia de vitamina D sérica sobre la salud ósea, inmunidad (Schwalfenberg, 2011), función neuromuscular, crecimiento celular e inflamación son significativas (Ross et al., 2011). Por consiguiente, es esencial utilizar pruebas de sangre durante toda la temporada para identificar posibles problemas antes de que se desarrollen.

Salud musculoesquelética y recuperación

El rol de la vitamina D en la salud musculoesquelética está bien establecido y es la base para la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) actual. La vitamina D promueve la absorción de calcio en el intestino delgado y juega un papel significativo en la homeostasis del calcio y es importante para la mineralización del hueso (Ross et al., 2011). El calcio también juega un rol importante en el músculo, en donde la liberación de calcio desencadena la contracción muscular. Por ende, no es sorprendente que la deficiencia de vitamina D esté asociada con la disminución de la fuerza muscular en poblaciones de adultos mayores (Campbell & Allain, 2006). La vitamina D también puede jugar un papel importante durante la regeneración muscular después de una lesión. Srikuea y colegas (2012) han demostrado que aunque los niveles del receptor de vitamina D son bajos en el músculo del adulto normal, durante la recuperación de una lesión este receptor se vuelve altamente expresado en el núcleo de las fibras de regeneración. Estos hallazgos sugieren que la vitamina D es importante para la reparación del músculo y no es sorprendente que niveles mayores de vitamina D tiendan a aumentar la hipertrofia muscular después del ejercicio de fuerza.

Los resultados de las poblaciones mayores apoyan el posible papel de la vitamina D para promover el rendimiento musculoesquelético. Sin embargo, en atletas a nivel de club no se reportaron mejoras en press de pecho, press de pierna o salto de altura vertical después de 12 semanas de suplementación de vitamina D (20,000 o 40,000 UI/semana) (Close et al., 2013). La ausencia de un beneficio en el rendimiento ocurrió a pesar de que los niveles de vitamina D (25 (OH)D) en suero aumentaron significativamente a lo largo de las 12 semanas del estudio. Por lo tanto, es incierto si el uso de vitamina D mejorará el rendimiento en atletas élite.

Sistema Inmune

Los receptores de vitamina D se expresan en diversas células inmunes (White, 2008). La vitamina D juega un papel tanto en la respuesta inmune innata como en la respuesta inmune adaptativa y los niveles adecuados de vitamina D son necesarios para la integridad de la barrera, la producción de antimicrobianos, la quimiotaxis y la regulación de la respuesta inflamatoria. La temporada de fútbol se extiende hasta los

meses de invierno, cuando las concentraciones de vitamina D suelen caer (Khare et al., 2013), y esto puede tener un impacto negativo sobre la capacidad para combatir un virus (Schwalfenberg, 2011). Mientras que nuestra comprensión de cómo la vitamina D afecta la salud inmunológica es bastante nueva, el probable impacto de mantener a un jugador en el juego vs fuera por una enfermedad, es una consideración importante al momento de decidir si se suplementa.

Fuentes de vitamina D

La vitamina D es una vitamina soluble en grasa, lo que significa que requiere de la grasa de la dieta para absorberse a través del intestino. Existe un número limitado de fuentes dietéticas naturales de vitamina D, incluyendo los pescados grasos (atún, salmón, caballa, etc.), el aceite de hígado de pescado, el queso, la yema de huevo y el hígado de res (Ross et al., 2011). Los alimentos fortificados con vitamina D, incluyendo leche, jugo de naranja, yogurts, margarina y algunos cereales también están ampliamente disponibles (Ross et al., 2011).

La vitamina D también se puede producir de forma endógena cuando la piel se expone a los rayos ultravioleta B (UVB). Sin embargo, existen consideraciones importantes en cuanto a si el sol derivado de la vitamina D es suficiente para un atleta. En otoño, invierno y a principios de primavera en latitudes superiores a 40°, la fuerza de los rayos UVB no es suficiente para que la piel sintetice vitamina D. Además, con temperaturas más frías, los atletas suelen utilizar capas adicionales de ropa, bloqueando así la exposición de la piel. Los atletas que pasan un tiempo considerable entrenando y asistiendo a reuniones en interiores, tendrán menores oportunidades de sintetizar vitamina D, independientemente de la época del año. El uso de protectores solares también bloquea la absorción de los rayos UVB e inhiben la producción de vitamina D. El color de la piel también juega un papel significativo ya que tonos de piel oscuros no sintetizan tanta vitamina D como los de tonos de piel más claros. Como resultado de estas limitantes, la mayoría de los jugadores de americano no producen suficiente vitamina D por sí mismos y necesitan consumirla a través de la dieta.

GUÍAS PRÁCTICAS NUTRICIONALES BASADAS EN LA CIENCIA DE LA RECUPERACIÓN

- Inmediatamente después de los juegos y entrenamientos, consumir una fuente de proteína de rápida absorción, rica en el aminoácido leucina. En la Tabla 2 se encuentran ejemplos de este tipo de alimentos y se incluyen productos lácteos (específicamente de suero de leche) y huevos.
- A lo largo de la temporada, consumir comidas que contengan 0.25 g/kg de peso corporal de proteína rica en leucina, por la mañana y después cada 4 h durante el día (Moore et al., 2009). Comer menos comidas con más proteína no es tan bueno como comer la cantidad recomendada anteriormente (Areta et al., 2013).
- Consumir 0.5 g/kg de peso corporal de proteína rica en leucina justo antes de ir a dormir. Esto mejora la síntesis de proteína durante el sueño y mantiene un balance positivo de proteína durante la noche (Res et al., 2012).
- Los atletas deben consumir ~3 g de ácidos grasos Omega-3/día con ~0.75 g de EPA y 1g de DHA. Idealmente, esta cantidad de ácidos grasos Omega-3 se puede consumir en alimentos completos como el atún y el salmón, semillas de linaza, nueces y frutos secos. Esta cantidad de grasas Omega-3 puede ayudar al atleta al incrementar

la síntesis de proteína muscular, disminuir la inflamación y mejorar la función cognitiva.

- Los atletas que reportan insuficiencia de vitamina D mediante análisis de sangre, deben consumir ~5,000 UI de vitamina D/día. Además, para los jugadores afroamericanos o aquellos que entrenan o viven más al norte y no pueden producir tanta vitamina D en la piel, un programa de suplementación similar puede disminuir las infecciones y mejorar la recuperación muscular.

Alimentos ricos en Leucina

Huevo, blanco, crudo, fresco	4.23
Proteína de suero de leche, en polvo	4.00
Alga marina, espirulina, cruda	3.92
Pollo, para asar o freír, pechuga, solo carne, cocinado, asado	3.84
Pescado, atún, light, enlatado en agua, sólido drenado	3.57
Pavo, freído al horno, carne ligera, solo carne, crudo	3.57
Pescado, bacalao, del Pacífico, cocinado, seco	3.55
Yogurt griego	3.50
Puerco, lomo, sin hueso	3.38
Pechuga de pollo, asada al horno	3.04
Carne de res, lomo, tapa, solamente magra	3.00
Queso, cottage, sin grasa, sin crema, seco, requesón	2.88
Queso, bajo en grasa, o queso cheddar	2.48
Tofu, suave, extra firme	2.32
Leche, reducida en grasa (2%)	1.33

Tabla 2. Alimentos con contenido rico en leucina
Gramos de leucina por porción de 200 kcal

REFERENCIAS

- Areta, J. L., L. M. Burke, M. L. Ross, D. M. Camera, D. W. West, E. M. Broad, N. A. Jeacocke, D. R. Moore, T. Stellingwerff, S. M. Phillips, J. A. Hawley, and V. G. Coffey (2013). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J Physiol.* 591: 2319-2331.
- Baar, K., and K. Esser (1999). Phosphorylation of p70 (S6k) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *Am. J. Physiol.* 276: C120-C127.
- Breen, L., and T. A. Churchward-Venne (2012). Leucine: a nutrient 'trigger' for muscle anabolism, but what more? *J. Physiol.* 590: 2065-2066.
- Burdge, G. C., A. E. Jones, and S. A. Wootton (2002). Eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids are the principal products of alpha-linolenic acid metabolism in young men. *Br. J. Nutr.* 88: 355-363.
- Calder, P. C. (2006). N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* 83: 1505S-1519S.
- Campbell, P. M., and T. J. Allain (2006). Muscle strength and vitamin D in older people. *Gerontology* 52: 335-338.
- Churchward-Venne, T. A., N. A. Burd, C. J. Mitchell, D. W. West, A. Philp, G. R. Marcotte, S. K. Baker, K. Baar, and S. M. Phillips (2012). Supplementation of a suboptimal protein dose with leucine or essential amino acids: effects on myofibrillar protein synthesis at rest and following resistance exercise in men. *J. Physiol* 590: 2751-2765.
- Close, G. L., J. Leckey, M. Patterson, W. Bradley, D. J. Owens, W. D. Fraser, and J. P. Morton (2013). The effects of vitamin D (3) supplementation on serum total 25[OH] D concentration and physical performance: a randomised dose-response study. *Br. J. Sports Med.* 47: 692-696.
- Coffey, V. G., B. Jemiolo, J. Edge, A. P. Garnham, S. W. Trappe, and J. A. Hawley (2009). Effect of consecutive repeated sprint and resistance exercise bouts on acute adaptive responses in human skeletal muscle. *Am. J. Physiol.* 297: R1441-R1451.
- Dickinson, J. M., C. S. Fry, M. J. Drummond, D. M. Gundermann, D. K. Walker, E. L. Glynn, K. L. Timmerman, S. Dhanani, E. Volpi, and B. B. Rasmussen (2011). Mammalian target of rapamycin complex 1 activation is required for the stimulation of human skeletal muscle protein synthesis by essential amino acids. *J. Nutr.* 141: 856-862.
- Drummond, M. J., C. S. Fry, E. L. Glynn, H. C. Dreyer, S. Dhanani, K. L. Timmerman, E. Volpi, and B. B. Rasmussen (2009). Rapamycin administration in humans blocks the contraction-induced increase in skeletal muscle protein synthesis. *J. Physiol.* 587: 1535-1546.
- Dyall, S. C., and A. T. Michael-Titus (2008). Neurological benefits of Omega-3 fatty acids. *Neuromol. Med.* 10: 219-235.
- Farrokhyar, F., R. Tabasinejad, D. Dao, D. Peterson, O. R. Ayeni, R. Hadioonazadeh, and M. Bhandari (2015). Prevalence of Vitamin D Inadequacy in Athletes: A Systematic- Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 45:365-378.
- Fontani, G., F. Corradeschi, A. Felici, F. Alfatti, S. Migliorini, and L. Lodi (2005). Cognitive and physiological effects of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation in healthy subjects. *Eur J Clin Invest* 35: 691-699.
- Ge, Y., A. L. Wu, C. Warnes, J. Liu, C. Zhang, H. Kawasome, N. Terada, M. D. Boppart, C. J. Schoenherr, and J. Chen (2009). mTOR regulates skeletal muscle regeneration in vivo through kinase-dependent and kinase-independent mechanisms. *Am. J. Physiol.* 297: C1434-C1444.
- Gogus, U. S. (2010). n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. *Int. J. Food Sci. Tech.* 45: 417-436.
- Gray, B. L., J. M. Buchowski, D. B. Bumpass, R. A. Lehman, Jr., N. A. Mall, and M. J. Matava (2013). Disc herniations in the National Football League. *Spine* 38: 1934- 1938.
- Hamilton, D. L., A. Philp, M. G. MacKenzie, A. Patton, M. C. Towler, I. J. Gallagher, S. C. Bodine, and K. Baar (2014). Molecular brakes regulating mTORC1 activation in skeletal muscle following synergist ablation. *Am. J. Physiol.* 307: E365-E373.
- Hwee, D. T., L. M. Baehr, A. Philp, K. Baar, and S. C. Bodine (2014). Maintenance of muscle mass and load-induced growth in Muscle RING Finger 1 null mice with age. *Aging Cell* 13: 92-101.
- Jouris, K. B., J. L. McDaniel, and E. P. Weiss (2011). The effect of Omega-3 fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise. *J. Sports Sci. Med.* 10: 432-438.
- Khare, D., N. M. Godbole, S. D. Pawar, V. Mohan, G. Pandey, S. Gupta, D. Kumar, T. N. Dhole, and M. M. Godbole (2013). Calcitriol [1, 25(OH)₂ D₃] pre- and post-treatment suppresses inflammatory response to influenza A (H1N1) infection in human lung A549 epithelial cells. *Eur. J. Nutr.* 52:1405-1415.
- Koh, T. J. and F. X. Pizza (2009). Do inflammatory cells influence skeletal muscle hypertrophy? *Front. Biosci.* 1: 60-71.
- Kraemer, W. J., D. P. Looney, G. J. Martin, N. A. Ratamess, J. L. Vingren, D. N. French, D. L. Hatfield, M. S. Fragala, B. A. Spiering, R. L. Howard, C. Cortis, T. K. Szivak, B. A. Comstock, C. Dunn-Lewis, D. R. Hooper, S. D. Flanagan, J. S. Volek, J. M. Anderson, C. M. Maresch, and S. J. Fleck (2013). Changes in creatine kinase and cortisol in National Collegiate Athletic Association Division I American football players during a season. *J. Strength Cond. Res.* 27: 434-441.
- Kris-Etherton, P. M., W. S. Harris, and L. J. Appel (2002). Fish consumption, fish oil, Omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation* 106: 2747-2757.
- Mall, N. A., J. Buchowski, L. Zebala, R. H. Brophy, R. W. Wright and, M. J. Matava (2012). Spine and axial skeleton injuries in the National Football League. *Am. J. Sports Med.* 40: 1755-1761.
- Maroon, J. C., C. M. Mathyssek, J. W. Bost, A. Amos, R. Winkelman, A. P. Yates, M. A. Duca, and J. A. Norwig (2015). "Vitamin D profile in National Football League players. *Am J Sports Med.* E-pub ahead of print. PMID # 25649084.
- Moberg, M., W. Apro, I. Ohlsson, M. Ponten, A. Villanueva, B. Ekblom, and E. Blomstrand (2014). Absence of leucine in an essential amino acid supplement reduces activation of mTORC1 signalling following resistance exercise in young females. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 39: 183-194.

- Moore, D. R., M. J. Robinson, J. L. Fry, J. E. Tang, E. I. Glover, S. B. Wilkinson, T. Prior, M. A. Tarnopolsky, and S. M. Phillips (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 89: 161-168.
- Parr, E. B., D. M. Camera, J. L. Areta, L. M. Burke, S. M. Phillips, J. A. Hawley, and V. G. Coffey (2014). Alcohol ingestion impairs maximal post-exercise rates of myofibrillar protein synthesis following a single bout of concurrent training. *PLoS One* 9: e88384.
- Pasiakos, S. M., L. M. Margolis, and J. S. Orr (2014). Optimized dietary strategies to protect skeletal muscle mass during periods of unavoidable energy deficit. *Faseb J.* E-pub ahead of print. PMID # 25550460.
- Phillips, S. M., K. D. Tipton, A. Aarsland, S. E. Wolf, and R. R. Wolfe (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 273: E99-E107.
- Phillips, S. M., K. D. Tipton, A. A. Ferrando, and R. R. Wolfe (1999). Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am. J. Physiol.* 276: E118-E124.
- Res, P. T., B. Groen, B. Pennings, M. Beelen, G. A. Wallis, A. P. Gijsen, J. M. Senden, and L. van Loon (2012). Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery. *Med. Sci. Sports Exerc* 44: 1560-1569.
- Ross, A. C., J. E. Manson, S. A. Abrams, J. F. Aloia, P. M. Brannon, S. K. Clinton, R. A. Durazo-Arvizu, J. C. Gallagher, R. L. Gallo, G. Jones, C. S. Kovacs, S. T. Mayne, C. J. Rosen, and S. A. Shapses (2011). The 2011 report on dietary reference intakes for calcium and vitamin D from the Institute of Medicine: what clinicians need to know. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 96: 53-58.
- Schwalfenberg, G. K. (2011). A review of the critical role of vitamin D in the functioning of the immune system and the clinical implications of vitamin D deficiency. *Mol. Nutr. Food Res.* 55: 96-108.
- Smith, G. I., P. Atherton, D. N. Reeds, B. S. Mohammed, D. Rankin, M. J. Rennie, and B. Mittendorfer (2011a). Dietary Omega-3 fatty acid supplementation increases the rate of muscle protein synthesis in older adults: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 93: 402-412.
- Smith, G. I., P. Atherton, D. N. Reeds, B. S. Mohammed, D. Rankin, M. J. Rennie, and B. Mittendorfer (2011b). Omega-3 polyunsaturated fatty acids augment the muscle protein anabolic response to hyperinsulinaemia-hyperaminoacidaemia in healthy young and middle-aged men and women. *Clin. Sci.* 121: 267-278.
- Srikuea, R., X. Zhang, O. K. Park-Sarge, and K. A. Esser (2012). VDR and CYP27B1 are expressed in C2C12 cells and regenerating skeletal muscle: potential role in suppression of myoblast proliferation. *Am. J. Physiol.* 303: C396-C405.
- Tartibian, B., B. H. Maleki, and A. Abbasi (2009). The effects of ingestion of Omega-3 fatty acids on perceived pain and external symptoms of delayed onset muscle soreness in untrained men. *Clin. J. Sport Med.* 19: 115-119.
- Tipton, K. D., A. A. Ferrando, S. M. Phillips, D. Doyle, Jr., and R. R. Wolfe (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am. J. Physiol.* 276:E628-E634.
- White, J. H. (2008). Vitamin D signaling, infectious diseases, and regulation of innate immunity. *Infect. Immun.* 76: 3837-3843.
- Zimmerman, J. L., and M. C. Shen (2013). Rhabdomyolysis. *Chest* 144: 1058-1065.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Baar, K. and Heaton, L.E. (2015). In-Season Recovery Nutrition For American Football. *Sports Science Exchange* Vol. 28, No. 144, 1-6, por L.N. Martha E. Smith Pedraza.