

RECUPERACIÓN POST-COMPETICIÓN DEL DEPORTISTA

RECOVERY POST-COMPETITION IN ATHLETES

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más importantes en rendimiento es la recuperación (REC) de la Fatiga (FAT) finalizado el ejercicio, especialmente en modalidades donde se compite el mismo día o días sucesivos, con poco tiempo de REC. En estos casos, los que recuperen más rápido su FAT, tendrían ventaja. A pesar de que los deportistas utilizan una gran parte del tiempo en la REC, en proporción al invertido en entrenamiento¹, se ha investigado muy poco en este campo. Pero, en los últimos años y con los actuales modelos de competición deportiva, se ha considerado de gran importancia los aspectos relacionados con la REC de la FAT. Esta revisión tiene como objeto facilitar información útil para su aplicación práctica basada en el conocimiento científico.

La REC de la FAT se realiza por medio de complejos procesos de síntesis proteica (SP). Por ello es determinante mantener el contenido muscular y sanguíneo de diversos aa que sirven de sustrato para la SP².

La REC está influenciada por infinitud de elementos, siendo la nutrición uno de ellos a pesar de que su eficacia depende de numerosas variables como; la competición, el sexo, nivel de entre-

namiento, estado nutricional³. Para ayudar a su REC², no se deben utilizar estrategias para una REC rápida del glucógeno muscular (GM) (estrategias muy estudiadas científicamente), si la FAT del deportista no se debe a esa causa⁴. Otro aspecto fundamental es el mantenimiento de una adecuada SP, así como evitar el daño muscular⁵.

Además, estudios recientes dan mucha importancia al mantenimiento de la respuesta inmunológica, per-post ejercicio, especialmente de larga duración⁶.

La REC de la FAT deportiva, podríamos clasificarla:

- Según la temporización:
 - Recuperación intrasesión.
 - Recuperación intersección o entre partidos.
- Según la metodología utilizada:
 - Métodos fisiológicos.
 - Métodos físicos.
 - Métodos psicológicos.
 - Métodos ergonutricionales.

Nicolás Terrados¹

Julio Calleja González²

¹Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias-Fundación Deportiva Municipal de Avilés y Dep. de Biología Funcional Universidad de Oviedo. Asturias.

²Laboratorio de Rendimiento Humano Dep. Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte Universidad P. Vasco. Álava

CORRESPONDENCIA:

Dr. Julio Calleja
Laboratorio de Análisis del Rendimiento Deportivo. Dpto. de educación física deportiva
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deportiva. Universidad del País Vasco (UVP)
Lasarte Ataria, 71. 01007 Vitoria. Álava. España
E-mail: julio.calleja@ehu.es

Aceptado: 15.04.2010 / **Revisión n°** 223

En la REC intra-sesión, se aplica la REC entre repeticiones, a muy corto o corto plazo.

La REC inter-sesiones de entrenamiento, y/o inter-competición, se describe también como REC post-competición o post-entrenamiento.

TIPOS DE FATIGA Y MECANISMOS DE PRODUCCIÓN

Para una correcta REC, se considera fundamental conocer el tipo de FAT y los mecanismos que la producen. En los últimos años, la FAT deportiva se ha clasificado de forma muy esquemática, pero igualmente práctica, en 2 tipos:

- FAT Central.
- FAT Periférica.

Con el conocimiento científico actual, los principales mecanismos de producción de FAT serían⁴:

- Depleción de Substratos.
- Acúmulo de Metabolitos.
- Incremento de la Temperatura central.
- Daño muscular inducido por ejercicio.
- Alteraciones Hidroelectrolíticas
- Modificaciones en los aa ramificados.
- Radicales Libres.
- Inmunidad.

Por tanto, las estrategias para ayudar a la REC de la FAT dependerán del mecanismo que ha causado la FAT. A continuación expondremos las estrategias, en función del mecanismo de producción de FAT.

DEPLECCIÓN DE SUBSTRATOS

Glucógeno

En los últimos años, se ha demostrado que deportistas que utilizan sus depósitos de GM en com-

petición, con consumo de carbohidratos (CHO), asociados a una pequeña cantidad de Proteínas y particularmente leucina⁷ en la fase de la REC e inmediatamente después de la práctica deportiva, mejora los niveles de resíntesis de GM.

Evidencia científica

En este sentido, la ingesta debe ser de 1.2 g CHO por Kg. Algunos estudios han reorientado las consideraciones sobre el beneficio obtenido en la síntesis de GM finalizado el entrenamiento o competición. El concepto de “*train low, compete high*”, entrenando con niveles bajos de GM y competir con niveles altos, ha sido analizado desde diferentes perspectivas utilizando múltiples marcadores (restauración del GM, enzimas de carácter oxidativo, etc.), observándose mejoras sustanciales en adaptaciones al entrenamiento, cuando el GM tiene niveles bajos durante entrenamiento. Aunque estos estudios fueron realizados en sujetos no entrenados siendo necesario verificarlo en deportistas de elite. Los trabajos certifican que cuando el entrenamiento se desarrolla con los depósitos de GM bajos, determinados genes se activan de manera más eficaz. De entre todos los objetivos de la activación transcritora, son el GLUT4 y el PGC-1 algunos importantes⁸. En concreto, el GLUT4 es una proteína transportadora de glucosa regulada por la insulina, que se localiza en los adipocitos, músculo esquelético y cardíaco. En situaciones basales, el 90-95% de GLUT4 se encuentra en citoplasma en pequeñas vesículas. Tras el estímulo con insulina, se transloca a la membrana plasmática favoreciendo el movimiento de glucosa desde la sangre al interior de los tejidos. Por su parte, el PGC-1 tiene como misión coordinar la expresión de los genes nucleares y mitocondriales necesarios en la biogénesis de mitocondrias. Como resultado, se da un incremento significativo en la capacidad de captar glucosa, de oxidarla y posteriormente almacenarla, dado que este substrato servirá de suministro en situaciones de ejercicio maximal, incrementando la capacidad de producir más ATP durante ejercicio moderado⁹. Parecen claras algunas ventajas del concepto “*train low, compete high*”, aplicables a la REC en donde la competición hay que tener altos los niveles de GM.

Implicaciones prácticas

El modo de ingerir los CHO se puede realizar, en forma de gel, líquido ó sólido, para poder garantizar una adecuada reposición de GM. Añadiendo proteína y leucina a los CHO, se incrementa la SP, y probablemente la reducción del DM originado por ejercicio intenso⁷. En resumen, para garantizar un correcto restablecimiento del GM, después de una prueba, debe ingerirse CHO+Proteína y leucina, a la mayor brevedad posible finalizada la misma. Su temporización junto con el índice glucémico y la dosis adecuada, parecen componentes determinantes en la correcta absorción de los CHO, en las siguientes horas y durante el día siguiente a la competición deportiva. Combinaciones de productos lácteos combinados junto con CHO, son opciones de interés a considerar por los deportistas para afrontar la REC.

ATP y Fosfocreatina

Para ayudar a la R de la FAT originada por vaciamentos de ATP y/o Fosfocreatina (PCr), la ingesta de Creatina (Cr), comercializada en forma de monohidato de Cr es uno de los suplementos más utilizados. La Cr se ha convertido en la sustancia nutricional más popular de las que podrían, potencialmente mejorar el rendimiento deportivo. La Cr está presente en el músculo humano, y también se sintetiza de forma natural en hígado, páncreas y riñones a partir de los aa: arginina, glicina y metionina a razón de 1 gramo de Cr al día. Además hay cantidades altas en algunos alimentos, sobre todo en carnes rojas.

Evidencia científica

En un trabajo publicado en 1992, se demostró la capacidad de los depósitos musculares de PCr, incrementando al menos un 20%, en sujetos que ingirieron 20 gr. de Cr al día durante varios días¹⁰. La ingesta de Cr durante 4-6 días incrementa la Cr en el músculo esquelético y el contenido de PCr, mejorando el rendimiento deportivo, comparado con la ingestión de placebo¹¹, acelerando la REC durante repeticiones de ejercicio intenso, y facilitando la resíntesis de PCr¹². Además, ingerida en dosis recomendadas, no altera los marcadores de salud¹³.

Implicación práctica

Los datos sugieren que la suplementación con Cr puede mejorar la REC en ejercicio intenso de corta duración, especialmente en deportes de repeticiones o sprints múltiples.

Otros substratos

Aunque el vaciamiento de los depósitos de grasa no es uno de los mecanismos principales de FAT, en deportes de muy larga duración, donde el uso de la lipólisis es muy alto, se especula sobre el uso nutricional de los triglicéridos de cadena media (MCTs), que son lípidos que se componen de una mezcla de C6:00, C 8:00, C 10:00 y C12:00 ácidos grasos esterificados con glicerol. Habitualmente se utilizan si existe mala absorción¹⁴, con hiperlipidemias y en desnutrición manifiesta¹⁵, aunque también en pérdida de peso durante régimen alimentario bajo en calorías, porque los ácidos grasos de cadena media (AGCM) no se incorporan a tejido adiposo¹⁶. En cualquier caso, los MCTs son absorbidos en su totalidad y tomados por el hígado, donde se utilizan en el metabolismo energético, con un proceso parecido al realizado por los CHO.

Evidencia científica

Algunos estudios están analizando los efectos de la ingesta de MCTs, y en el caso de que vayan acompañados de CHO, se observa una mejoría en el rendimiento deportivo en deportes de larga duración. Aunque su efecto en la R no es concluyente, por lo cual no son recomendables¹⁷.

Implicación práctica

Hasta la fecha no se han publicado trabajos científicos que evidencien la aplicación de MCTs en las estrategias de REC después del entrenamiento y/ó competición.

ACUMULACIÓN DE METABOLITOS

Hidrogeniones y Capacidad tampón

A nivel muscular, el tamponamiento del exceso de hidrogeniones se realiza sobre todo por

proteínas intramusculares, como los dipéptidos Carnosina y Anserina¹⁸, cuyo precursor es la beta-alanina (b-a). Además, se realiza con bicarbonato y fosfatos.

Evidencia científica

En varios artículos publicados^{18,19}, los autores investigaron la suplementación con b-a, observando que la cantidad de carnosina intramuscular y capacidad tampón aumentaba. En otros estudios, se demuestra que el rendimiento mejora después de la ingesta de bicarbonato sódico, en ejercicios donde la fosforilación del ATP como sustrato energético ha sido muy alta²⁰, sin embargo, hay algunos estudios que no lo han demostrado²¹.

Implicación práctica

La ingesta de suplementos que aumenten la capacidad tampón, podría ayudar a la REC de los ejercicios en los que aumente mucho la producción de hidrogeniones y altere el pH muscular, teniendo que valorarse su posible aplicación en deportes de equipo²².

En cuanto a la REC de la FAT producida por acúmulos de Fósforo Inorgánico y/o de NH₄, es muy escasa la información científica acerca del tratamiento ergo-nutricional que pueda acelerar la REC, cuando existe incremento de ambos.

INCREMENTO DE TEMPERATURA

En la Hipertermia inducida por ejercicio muy intenso, se incrementa la temperatura central (Tcore) a valores superiores a 38°C, provocando FAT central²³, como recientemente se ha demostrado²⁴, reduciendo el tiempo de agotamiento en calor²⁵, siendo una FAT de tipo central, no periférica y producida por alteración de la actividad prefrontal cerebral²⁶. Cada vez hay más datos sobre el aumento de Tcore gracias a la utilización de sistemas telemétricos ingeridos 3-4 horas antes de la actividad, midiendo Tcore²⁶ en situaciones reales. Cualquier estrategia que disminuya el acúmulo de temperatura beneficiará el rendimiento. Entre ellas destacan; correcta hidratación²⁷, disminuir la

Tcore, con chalecos helados o inmersión en agua helada²⁶. En deportes de larga duración e intensidad alta, es claro que pueden verse afectados por la FAT debida al aumento de Tcore. Se necesitan más estudios para ver si afecta en deportes de equipo con calor ambiental.

DAÑO MUSCULAR INDUCIDO POR EL EJERCICIO

Cada vez se da más importancia al daño muscular inducido por ejercicio muy intenso y su posterior resíntesis. En los procesos de reparación muscular, conectivo, colágeno y en proteínas musculares. Se han estudiado muchas estrategias post-competición deportiva, para reducirlo, pero el problema radica en los sujetos no entrenados y la n de estudio, lo que no permite extrapolar información a deportistas de elite²⁸. Los diferentes medios y métodos descritos engloban: Estrategias nutricionales, Masaje, REC activa, Crioterapia, Baños de contraste, Terapia hiperbárica, Anti-inflamatorios no esteroideos, Manguitos de compresión, Stretching y Electroestimulación. En el futuro, la comprensión de los mecanismos del daño muscular provocados por ejercicio intenso, con las reacciones inflamatorias y las estrategias para aumentar la SP, serán de vital importancia.

Nutrición

La ingesta de nutrientes antes, durante, y después de la competición o del entrenamiento afectará de manera determinante en las adaptaciones de respuesta al estímulo del ejercicio. La influencia de los aa ha sido muy estudiada y los trabajos que abordan el tema de la nutrición y sus correspondientes efectos orgánicos dependiendo del tipo de entrenamiento, son numerosos. Encontrándose diferencias, dependiendo de; tipo de proteína; temporización de la ingestión y de su combinación con otros nutrientes. En un estudio publicado se certifica que dichos procesos pueden ser críticos para una respuesta adaptativa óptima al entrenamiento y a la REC de la FAT después de ejercicio intenso⁵. Los deportistas de resistencia han centrado su atención en la ingesta de CHO, pero recientemente se da

mucha importancia a las proteínas después de práctica deportiva intensa.

Se podría concluir que las estrategias nutricionales que incluyen aumentos de insulina y aporte proteico, son importantes en la prevención del DM producido por EI y en la resíntesis estructural. Con el objeto de maximizar la R es importante mantener niveles adecuados de aa para que sirvan de base a la SP para reparar DM.

Evidencia científica

Además de la cantidad de proteínas ingeridas, también es determinante la temporización (*timing*) de esa ingesta²⁹. De hecho, si es inmediata después de ejercicio contribuirá a un incremento de la masa muscular, en comparación si se realiza varias horas posteriores al mismo. También influye el asociarla con CHO, y acelerar la SP por la acción anabólica insulínica. La utilización de aa y determinados péptidos es más beneficiosa, ya que no necesitan ser digeridos, lo que permite una rápida absorción, para actuar en la SP y en una gran variedad de efectos fisiológicos.

Especial importancia se la otorgado a la glutamina (GL) siendo muy estudiada en respuesta al crecimiento muscular provocado por la inhibición de la degradación de proteínas, dado que es uno de los aa libres más abundantes en músculo, produciendo un incremento del volumen del miocito, lo que conduce a la estimulación del crecimiento muscular. La GL también se encuentra en altas concentraciones en otros tejidos, jugando un papel importante en la homeóstasis. Por tanto, durante el catabolismo y como consecuencia del ejercicio, la GL es liberada al plasma para mantener su concentración en tejidos orgánicos, además de precursar la síntesis de arginina (Ar)³⁰. También está relacionado con el DM el β -hydroxy- β -methylbutyrate (β HMB). En una reciente revisión, se concluyó que el uso de Cr y β HMB, aumentó la masa corporal y la fuerza³¹ y disminuyó la degradación proteica y el DM post-CD, ya que el β HMB es un metabolito de los BCAA, leucina que incrementa el volumen muscular por inhibición de la degradación de proteínas, influenciando el metabolismo de los BCAA³¹.

Implicaciones prácticas

La suplementación entre 1.5 y 3 g de β HMB al día, puede prevenir parcialmente la proteólisis inducida por actividad intensa y DM, además de provocar notables ganancias en la función muscular asociada al entrenamiento³².

Hidroterapia

Uno de los sistemas de REC después de la competición más utilizados, es la inmersión en agua helada, basada únicamente en la experiencia y todavía con limitaciones para investigar su efecto en la mejora del rendimiento.

La estrategia de inmersión en agua helada, podría tener efectos positivos fisiológicos en el organismo, acelerando la REC después de la competición con cambios fisiológicos que están relacionados con la movilidad de fluidos intracelular-intravascular, reducción de edema muscular e incremento del gasto cardiaco (sin incremento de gasto energético), con incremento del flujo sanguíneo³³, pudiendo tener efecto psicológico beneficioso en deportistas reduciendo la sensación de FAT. La temperatura del agua altera la repuesta fisiológica a la inmersión y con frío se podría mejorar la REC³³.

Evidencia científica

Recientemente se observó que la inmersión en agua helada después de la actividad de alta intensidad simulado en deportes de equipo, presenta beneficios en la REC, que otro que realizó inmersión en agua caliente o control³⁴. A pesar de ello, es necesario analizar las respuestas a los baños de contraste y a la inmersión en agua.

Mantenimiento de la Inmunidad

Como consecuencia de practicar ejercicio intenso, se produce una inmunodepresión (ID) transitoria como por ejemplo; la acción de neutrófilos en la respiración; en la proliferación de linfocitos; la acción de los monocitos TLR; y en una mayor histocompatibilidad de las potencias de clase II. Esta "disminución" es especialmente evidente durante las 3–24 h posteriores a la competición, dependiendo de la intensidad y duración.

Evidencia científica

La ID post-competición se observa significativamente en ejercicios de larga duración (>1.5 h), intensidad alta (>55–75% del $VO_{2\text{máx}}$), cuando no se ha producido ingesta de alimentos en ejercicio. A pesar de que los deportistas de elite no son clínicamente inmunodepresivos, puede ser posible que combinar ciertos efectos y pequeños cambios en la inmunidad pudiera comprometer la capacidad de resistir enfermedades comunes relacionadas con el tracto respiratorio superior. En los estudios del grupo de Pedersen, se sugiere que la liberación de la interleukina 6 (IL-6) pueda ser atenuada por la suplementación con antioxidantes y/o CHO. Altos niveles de IL-6 circulante estimula la liberación del cortisol. En una investigación, se evidencia que el mecanismo de acción de los antioxidantes reduce de forma significativa la liberación de IL-6 desde las fibras musculares en ejercicio de piernas³⁵. La IL-6 y el cortisol, podrían atenuar la I pudiendo ser el mecanismo que explicará la baja incidencia de enfermedades del tracto respiratorio en ultramaratonianos suplementados con vitamina C (sola o en combinación con antioxidantes) comparado con placebo.

El consumo de CHO durante el ejercicio, también incrementa en plasma las IL-6, catecolaminas, ACTH y cortisol. Además de disminuir el paso de la mayor parte de los leucocitos y linfocitos, incluyendo el ratio neutrofilos-linfocitos, para prevenir el fallo en la función neutrófila inducida por ejercicio, reduciendo la disminución de la proliferación de T-linfocitos después de ejercicio prolongado³⁶. Se ha argumentado que la reducción en la respuesta de la IL-6 al ejercicio, pudiera ser una vía en bidireccional, por un lado el papel de la IL-6 en efectos metabólicos y por otro, mecanismos existentes y sus posibles adaptaciones al entrenamiento. Igualmente el papel de la IL-6 como respuesta al ejercicio, también inhibe la lipólisis y reduce el efecto antiinflamatorio del propio ejercicio, atenuando la expresión de un elevado número de genes en el músculo ejercitado³⁷. Expresado en otros términos, podríamos afirmar que los antioxidantes y la ingestión de CHO durante el ejercicio, podrían limitar la adaptación al entrenamiento. En cualquier caso, pudiera

entenderse justificando que la ingesta de CHO durante el entrenamiento y/o competición, ayuda al deportista a entrenar con mayor intensidad y duración. Pero todavía no tenemos evidencia de que las adaptaciones proteicas sean estimuladas por la ingesta de CHO durante el ejercicio. En este sentido, consideramos de interés que se analice la ingesta de nutrientes que afecta a la transcripción y regulación de genes en el músculo esquelético, así como las consecuencias de este fenómeno en la adaptación o los posibles beneficios en la salud a largo plazo.

Deficiencias de proteínas y micronutrientes específicos en la dieta han sido asociados con la inmunidad. Una adecuada ingesta de hierro, zinc y vitaminas A, E, B6 y B12 es importante para lograr un correcto mantenimiento de la inmunidad. Sin embargo, un exceso de algunas de ellas pueden presentar efectos en la salud de los sujetos. Igualmente la inmunodepresión ha sido asociada con una excesiva ingesta de grasas. En este sentido, han sido determinantes los resultados de los denominados suplementos 'immune-boosting', incluyendo altas dosis de antioxidantes, vitaminas, glutamina, zinc, probióticos y equinacea, para prevenir bajadas de la inmunidad inducida por el ejercicio³⁸. Aun así, necesitamos conocimiento para abordar el efecto antioxidante e inmunestimulante en el ejercicio físico³⁹.

Probióticos

De acuerdo a la OMS, son microorganismos vivos que cuando son suministrados en cantidades adecuadas promueven beneficios en la salud del organismo huésped, ubicados en intestino donde tienen importantes efectos sobre la fisiología humana, atribuyéndose numerosos beneficios a la ingesta de probióticos sobre la inmunidad⁴⁰. Comercializados en forma de píldoras, aunque muchos vehiculizados por determinados alimentos. Las leches fermentadas, yogures, kéfir, etc, son algunos de ellos.

Evidencia científica

Algunos estudios recomiendan utilizar probióticos para maximizar las estrategias de REC y mantenimiento de la inmunidad⁴⁰.

Implicación práctica

Por su posible efecto saludable y por carecer de contraindicaciones claras, se está recomendado, aunque no tengamos evidencia científica, que avale un efecto recuperador o ergogénico.

Homocisteína

La Homocisteína (Ho), es un aa que está presente en sangre. La elevación de sus niveles, se relaciona con diferentes enfermedades, directamente influenciada por la dieta, además de factores genéticos. El fólico y la B6 y B12 ayudan a descomponer la Ho en el organismo y disminuir los niveles plasmáticos. Los estudios epidemiológicos demostraron que una concentración alta de Ho en plasma, se relaciona con riesgo elevado de enfermedad cardiovascular central y periférica, asociada a enfermedad coronaria e infarto⁴¹.

Evidencia científica

En relación al ejercicio, algunos estudios en prensa, indican que la Ho podría elevarse de forma significativa después de ejercicio, lo que conlleva a un incremento de riesgo patológico como infarto y tromboembolismo venoso.

Implicación práctica

La ingesta de Fólico y vitamina B12, se asocia con cantidades bajas de Ho en plasma, por lo que una terapia de suplementación podría estar justificada en deportistas para evitar aumentos de Ho después de práctica intensa⁴¹.

Ácido Eicosapentaenoico

El ácido Eicosapentaenoico (EPA) es un ácido graso omega-3. En la literatura es conocido como 20:5(n-3) y frecuentemente denominado timnodónico. Su estructura es un ácido carboxílico con una cadena de 20-carbón y 5 dobles blindajes, a partir del carbono 3.

Evidencia científica

El catabolismo proteico es una respuesta común después de ejercicio y la pérdida de músculo es

un hallazgo frecuente después de las compensaciones de varios días de duración. Los mediadores responsables de dichos cambios son las citocinas proinflamatorias, el sistema neuroendocrino y algunos factores específicos tumorales como el que induce la proteólisis. Las citoquinas se incrementan claramente después de actividad muy intensa⁴². El ácido EPA tiene efecto anti-caquético, disminuyendo la pérdida de músculo. Este efecto beneficioso parece que se produce por la acción del EPA en los proteólisis aunque también se cree que tiene acción reduciendo las citoquinas y regulando la R del tejido perdido después del ejercicio de alta intensidad⁴³.

Implicaciones prácticas

Independientemente del mecanismo, parece que la ingesta de ácido EPA tendría un efecto beneficioso en la REC del tejido muscular degradado, siempre que estén relacionados con aumento de citoquinas.

Sueño

El sueño (S) es una estrategia natural de REC orgánica. En humanos está demostrado que es vital en la supervivencia y en el rendimiento⁴⁴. Los atletas necesitan una apropiada cantidad y calidad de S teniendo una implicación importante en la REC, así como en el sobreentrenamiento^{2,4}, siendo el método más simple de REC del deportista.

Implicaciones prácticas

El asegurar un buen S en el deportista es de vital importancia en su REC, probando diferentes estrategias para mejorarlo. Entre ellas; ingesta de melatonina, valeriana o triptófano; dietas con alto índice glucémico antes de acostarse. Por el contrario, el consumo de alcohol, cafeína e hiper-hidratación pueden alterarlo. Otras, como los baños calientes y una correcta higiene y rutinas de S lo facilitan. Aquellos sujetos que experimentan cuadros de ansiedad precompetitiva⁴⁵, se podrían someter a tratamientos comportamentales sin necesidad de recurrir a la farmacología hipnótica⁴⁴, atendiendo al uso racional de fármacos en el deporte⁴⁶.

CONCLUSIONES

Para una correcta REC es absolutamente necesario el conocer el tipo de FAT y el mecanismo producido. Las novedades relevantes son; el impacto muscular debido al ejercicio intenso y los procesos de SP, producidos posteriormente, para reparar estructuras; la temporización de las estrategias la respuesta individualizada; la activación de diferentes genes dependiendo de tipo de nutrición y entrenamiento; y el mantenimiento de la inmunidad.

El tipo de ingesta nutricional y el momento de la ingestión, influirán en las adaptaciones producidas en respuesta al ejercicio intenso.

Tradicionalmente los deportistas de resistencia se han centrado en ingerir CHO para la R de la FAT, pero ahora se asocia a proteínas.

El asegurar suficiente cantidad y calidad de S será de vital importancia en su REC.

Algunos suplementos nutricionales como el monohidrato de Cr, la alanina, EPA, o los prebióticos, pueden ser beneficiosos en la REC post-competición, así como terapia con agua helada, probándose antes del momento de la competencia deportiva.

RESUMEN

Uno de los factores más importantes en el rendimiento deportivo es la Recuperación de la Fatiga finalizada la competición. Especialmente en modalidades deportivas donde se compite en ocasiones sucesivas en periodos breves de tiempo, con poco tiempo de recuperación. En consecuencia, en los últimos años, con los actuales modelos deportivos, se consideran de

gran importancia los aspectos en base a la recuperación de la fatiga deportiva, muchos de ellos relacionados con la activación de una síntesis proteica. Para una correcta y rápida recuperación de la fatiga, se considera fundamental el conocer el tipo de fatiga que tiene el deportista. Por todo ello, la presente revisión pretende facilitar información útil para su posterior aplicación práctica en el terreno deportivo, sobre la base del conocimiento científico actual.

Palabras clave: Recuperación. Fatiga. Deportistas. Competición.

SUMMARY

One of the most important topics for athletes' performance is the recovery of the fatigue after finishing the competition. Specially when athletes compete several times in a day or over a few days, enhancing recovery may provide a competitive advantage. Athletes spend a much greater proportion of their time recovering, than they do in training. Yet, much attention has been given to training and/or competition with very few investigations about recovery.

Recovery is essential to optimal performance and improvement. The recovery process involves many times a protein synthesis. In order to maximize the recovery, it is important to maintain the muscular pool and blood levels of various amino acids that are substrates for the synthesis of muscle proteins and to know the type of fatigue that had to be recovered. The purpose of this review is to stimulate further research into this area and to summarize the scientific findings that could be of practical application.

Key-words: Recovery. Fatigue. Athletes. Competition.

B I B L I O G R A F Í A

1. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: a brief review: *J Strength Cond Res* 2008;22(3):1015-24.

2. Terrados Cepeda N, Mora-Rodríguez R, Padilla Magunacelaya S. *La Recuperación de la Fatiga del Deportista*. Madrid: Editorial Gymnos 2004.

3. **Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, Landis J, Lopez H, Antonio J.** International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2007;4:8.
4. **Fernández-García B, Terrados Cepeda N.** *La Fatiga del Deportista*. Madrid: Editorial Gymnos 2004.
5. **De Bock K, Derave W, Eijnde BO, Hesselink MK, Koninckx E, Rose AJ, Schrauwen P, Bonen A, Richter EA, Hespel P.** Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *J Appl Physiol* 2008;104(4):1045-55.
6. **Moreira A, Arsati F, Cury PR, Franciscan C, Simões AC, De Oliveira, PR, De Araújo VC.** The impact of a 17-day training period for an international championship on mucosal immune parameters in top-level basketball players and staff members. *Eur J Oral Sci* 2008;116(5):431-7.
7. **Koopman R, Wagenmakers AJM, Manders RJF, Zorenc AHG, Senden JMG, Gorselink M, Keizer HA, Van Loon LJC.** Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005;288:E645-E653.
8. **Bassel-Duby R, Olson EN.** Signaling pathways in skeletal muscle remodeling. *Annu Rev Biochem*. 2006;75:19-37.
9. **Baar K.** To perform your best: work hard not long. *J Physiol* 2006;575(3):690.
10. **Harris RC, Söderlund K, Hultman E.** Elevation of creatine in resting and exercising muscles of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Lond)* 1992;83(3):367-74.
11. **Ostojic SM.** Creatine supplementation in young soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2004;14(1):95-103.
12. **Dorado García C, Sanchís Moysi J, Chavarren Cabrero J, López Calbet JA.** Efectos de la administración de suplementos de creatina sobre el rendimiento. *Arch Med Dep* 1997;14(59):213-21.
13. **Schroder H, Terrados N, Tramullas A.** Risk assessment of the potential side effects of long-term creatine supplementation in team sport athletes. *Eur J of Nutr* 2005;44(4):255-61.
14. **Durie PR, Newth CJ, Forstner GG, Gall DG.** Malabsorption of medium chain triglycerides in infants with cystic fibrosis. Correction with pancreatic enzyme supplements. *J Pediatr* 1980;96(5):862-4.
15. **Bach AC, Babayan VK.** Medium chain triglycerides: an update. *Am J Clin Nutr*. 1982;36:950-62.
16. **Brindley DN, Lawson N.** Control of triglyceride synthesis. En: *The Adipocyte an Obesity Cellular and Molecular Mechanism*. A. Angel, CH. Raven Press, New York. Hollenberg, and D A K Roncari, editors. 1983
17. **Nicholas C.** Legal nutritional supplements during a sporting event. *Essays Biochem*. 2008;44:45-61.
18. **Derave W, Ozdemir MS, Harris RC, Pottier A, Reyngoudt H, Koppo K, Wise JA, Achten E.** Beta-Alanine supplementation augments muscle carnosine content and attenuates fatigue during repeated isokinetic contraction bouts in trained sprinters. *J Appl Physiol* 2007;103(5):1736-43.
19. **Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, Kim CK, Wise JA.** Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids* 2007;32(2):225-33.
20. **Spriet LL, Perry CG, Talanian JL.** Legal pre-event nutritional supplements to assist energy metabolism. *Essays Biochem* 2008;44:27-43. Review.
21. **Kozak-Collins K, Burke ER, Schoene RB.** Sodium bicarbonate ingestion does not improve performance in women cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26(12):1510-5.
22. **Terrados Cepeda N, Calleja-González J (eds).** *Fisiología, entrenamiento y medicina del baloncesto*. Barcelona: Editorial Paidotribo 2008.
23. **Nybo L, Nielsen B.** Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol* 2001;91(3):1055-60.
24. **Laursen PB, Suriano R, Quod MJ, Lee H, Abbiss CR, Nosaka K, Martin DT, Bishop D.** Core temperature and hydration status during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med* 2006;40(4):320-5; discussion 325.
25. **Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B.** Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J. Appl Physiol* 1999;86:1032-9.
26. **Wilkinson DM, Carter JM, Richmond VL, Blacker SD, Rayson MP.** The effect of cool water

- ingestion on gastrointestinal pill temperature. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(3):523-8.
27. Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue. *Int J Sports Med* 2008;29(7):539-44.
 28. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med* 2006;36(9):781-96.
 29. Kerksick C, Harvey T, Stout J, Campbell B, Wilborn C, Kreider R, Kalman D, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, Ivy J, Antonio J. International Society of Sports Nutrition, position stand: Nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr* 2008;5:17.
 30. Lighthart-Melis GC, Van de Poll MC, Boelens PG, Dejong CH, Deutz NE, Van Leeuwen PA. Glutamine is an important precursor for de novo synthesis of arginine in humans. *Am J Clin Nutr* 2008;87(5):1282-9.
 31. Wilson GJ, Wilson JM, Manninen AH. Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) on exercise performance and body composition across varying levels of age, sex, and training experience: A review. *Nutr Metab (Lond)*. 2008;5:1.
 32. Nissen S, Sharp R, Ray M, Rathmacher JA, Rice D, Fuller JC Jr., Connelly AS, Abumrad N. Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *J Appl Physiol* 1996;81(5):2095-104.
 33. Wilcock IM, Cronin JB, Hing WA. Physiological response to water immersion: a method for sport recovery? *Sports Med* 2006;36(9):747-65.
 34. Ingram J, Dawson B, Goodman C, Wallman K, Beilby J. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. *J Sci Med Sport*. Jun 9, 2008.
 35. Fischer CP, Hiscock NJ, Penkowa M, Basu S, Vessby B, Kallner A, Sjöberg LB, Pedersen BK. Supplementation with vitamins C and E inhibits the release of interleukin-6 from contracting human skeletal muscle. *J Physiol* 2004;558(Pt 2):633-45.
 36. Bishop NC, Walker GJ, Bowley LA, Evans KF, Molyneux K, Wallace FA, Smith AC. Lymphocyte responses to influenza and tetanus toxoid in vitro following intensive exercise and carbohydrate ingestion on consecutive days. *J Appl Physiol* 2005;99(4):1327-35.
 37. Pedersen BK, Febbraio MA. Muscle as an endocrine organ: focus on muscle-derived interleukin-6. *Physiol Rev* 2008;88(4):1379-406. Review.
 38. Gleeson M. Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol* 2007;103(2):693-9.
 39. Davison G, Gleeson M, Phillips S. Antioxidant supplementation and immunoendocrine responses to prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2007;39(4):645-52.
 40. Nichols AW. Probiotics and athletic performance: a systematic review. *Curr Sports Med Rep* 2007;6(4):269-73.
 41. Lentz SR, Haynes WG. Homocysteine: is it a clinically important cardiovascular risk factor? *Cleve Clin J Med* 2004;71(9):729-34.
 42. Suzuki K, Nakaji S, Yamada M, Totsuka M, Sato K, Sugawara K. Systemic inflammatory response to exhaustive exercise. Cytokine kinetics. *Exerc Immunol Rev* 2002;8:6-48.
 43. Fearon KCH, Von Meyenfeldt MF, Moses AGW, Van Geenen R, Roy A, Gouma DJ, Giacosa GJ, Van Gossum A, Bauer J, Barber MD, Aaronson NK, Voss AC, Tisdale MJ. Effect of a protein and energy dense n-3 fatty acid enriched oral supplement on loss of weight and lean tissue in cancer cachexia: a randomised double blind trial. *Gut* 2003;52(10):1479-86.
 44. Latorre Román PA. Sueño y rendimiento físico-deportivo. *Arc Med Dep* 1999;XVI,73:447-54.
 45. Rodríguez CJ, Márquez S. Evolución temporal de los niveles de ansiedad precompetitiva en pruebas de esquí alpino. *Arc Med Dep* 1996;XII:189-94.
 46. González V, Gomez ME, Terrados N, Montoliu MA, Palenciano L. El uso racional de los fármacos en el deporte. *Arc Med Dep* 1993;X,40:441-9.