



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



EDITORIAL

Estrategias de ayuda al rendimiento de alta competición

Support strategies for high competition performance

Introducción

En el deporte de alta competición, uno de los objetivos más importantes a lo largo de una temporada es la capacidad del jugador para recuperarse lo más rápido posible tras el esfuerzo para volver a su estado basal previo, tanto físico como mental, y poder así afrontar una nueva carga de trabajo de manera segura.

Los nuevos avances en tecnología y la disponibilidad de pruebas diagnósticas cada vez más precisas (obtenidas mediante una muestra de sangre, orina o saliva) permiten la aproximación individual al deportista y estudiar en cada caso el balance entrenamiento / partido - recuperación desde una perspectiva diferente y más real de la situación.

Se busca optimizar la adaptación al ejercicio y al tipo de entrenamiento de una manera global y con la perspectiva de cambios a lo largo de la temporada. Los parámetros que se pueden medir son de tipo bioquímico, genético, metagenómica en heces o incluso metabolitos urinarios asociados al propio esfuerzo y que se engloban en las nuevas “ómicas” del deporte o “sportomics”.

La medición de estos parámetros en distintos momentos durante la temporada permite tener una visión más precisa del jugador, sus valores basales, sus valores óptimos, así como también los cambios que se van produciendo en cada deportista durante la pretemporada y la competición. Este control cobra una especial importancia en los períodos de agenda más apretada, en que se puede llegar a competir tres veces por semana, con viajes que involucran cambios de horario y disponiendo de menos de 72 horas de diferencia entre partidos, con la dificultad que supone la adecuada recuperación física y mental.

La capacidad de una rápida recuperación tras el esfuerzo de distinto origen o *resiliencia* difiere entre jugadores o incluso en el mismo jugador en distintos momentos, siendo hoy uno de los objetivos clave de mejora y de estudio, ya que engloba múltiples aspectos de control de carga tanto

externa como interna que son modificables y entrenables de cara a la mejor condición del deportista.

Uno de los nuevos retos en el ámbito de la medicina deportiva es el de identificar y medir las causas potenciales de fatiga y utilizarlas para diseñar un plan o estrategias de adaptación individual, de manera que el abordaje pueda ser diferente acorde a su genética, pero sobre todo a la adecuada expresión de dichos genes o *epigenética*, que incluye la valoración de los diferentes efectos de las cargas de trabajo sobre los parámetros de rendimiento físico medidos mediante GPS, la composición corporal, una nutrición saludable, el descanso y el control mental, dando lugar al fenotipo del deportista.

Existen cada vez más biomarcadores que permiten valorar si ha existido una adecuada adaptación al esfuerzo, con una mejora progresiva, o por el contrario un aumento de los indicadores de inflamación, sobreentrenamiento y riesgo de lesión. Es importante no considerar los distintos marcadores de una manera aislada e independiente entre ellos, sino valorar la situación de una manera global realizando las mediciones en los momentos más adecuados, teniendo una perspectiva de los cambios acorde al momento y a las diferencias interindividuales.

Los períodos de descanso, las pretemporadas, los distintos momentos de la competición y los momentos de agenda con 2-3 partidos por semana son situaciones en las que los objetivos y los resultados obtenidos deben valorarse de manera diferente y las estrategias a aplicar también deben individualizarse a estos momentos.

Aplicabilidad de los conceptos

Un ejemplo práctico de la aplicabilidad de los conceptos explicados pueden ser la familia de las citoquinas, como la interleucina 6 (IL-6), que tiene un doble significado según el momento de medición: es un estímulo para la recuperación

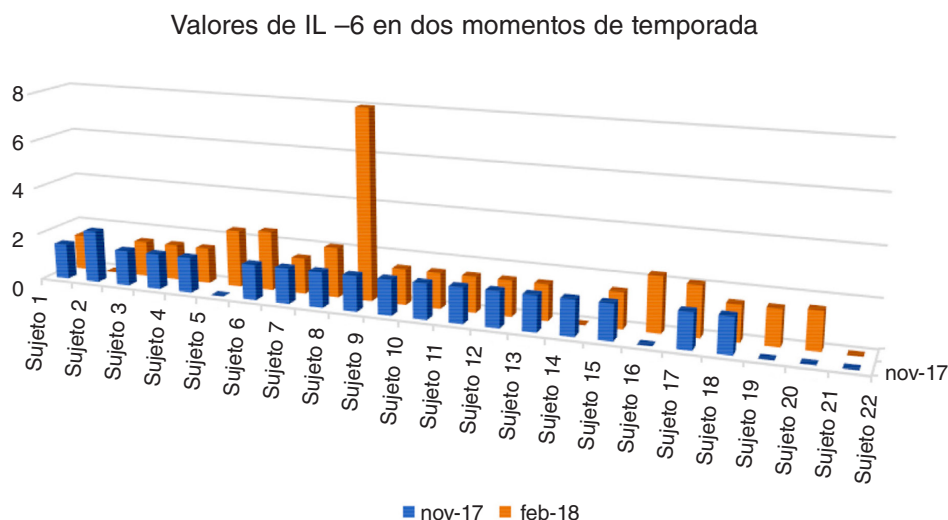


Figura 1. Tendencia al incremento de biomarcadores inflamatorios, como la IL-6, desde mitad de temporada (azul) hasta las semanas de máxima competición (naranja).

Tabla 1 Ejemplos prácticos de la función de diferentes biomarcadores y de su aplicación práctica

Biomarcador	Función	Interpretación
Hormona del crecimiento	Favorece la síntesis proteica	Niveles crónicos bajos podría reflejar menor potencial de adaptación al entrenamiento ¹
<i>Insulin-like growth factor 1</i> (IGF-1)	Mediador de la acción anabólica de la hormona del crecimiento en el músculo esquelético. Indicador de sueño reparador	Niveles bajos prolongados podrían reflejar sobreentrenamiento o adaptaciones musculares alteradas al entrenamiento ²
Testosterona	Induce la síntesis proteica, reduce el catabolismo muscular, favorece la producción de glóbulos rojos y la reposición de glucógeno	Niveles bajos de manera prolongada puede indicar sobreentrenamiento o potencial anabólico alterado ³
Cortisol	Hormona catabólica, con acción inmunosupresora. Aumenta en el esfuerzo y en las 2-3 h posteriores, favoreciendo infecciones. Presenta un ritmo circadiano que se altera con partidos, viajes, etc.	Niveles elevados de manera mantenida indican sobreentrenamiento, recuperación inadecuada o síntesis proteica inadecuada ²
Ratio testosterona/cortisol	Balance anabólico/catabólico	Una relación disminuida de manera crónica podría reflejar sobreentrenamiento, proteólisis o disminución en la síntesis proteica ³
Dehidroepiandrosterona (DHEA)	Hormona precursora de andrógenos que contrarresta efectos del cortisol	Valores bajos de manera crónica pueden indicar sobreentrenamiento ¹
<i>Sex-hormone binding globulin</i> (SHBG)	Transportador de testosterona y estradiol	El aumento o la disminución crónica podrían indicar recuperación inadecuada, sobreentrenamiento o adaptación inadecuada al entrenamiento ²
Hormona luteinizante (LH)	Reproductora	Niveles bajos mantenidos podrían indicar sobreentrenamiento ¹
Creatincinasa (CK)	Enzima muscular	Daño muscular o carga elevada de entrenamiento ⁴
Triptófano	Aminoácido	Niveles elevados indican fatiga central o adaptación subóptima al entrenamiento ⁵
Nitrógeno ureico	Metabolito de la degradación muscular	El aumento indica catabolismo muscular ¹

Tabla 1 (continuación)

Biomarcador	Función	Interpretación
Glutamina	Aminoácido que participa en la síntesis proteica, la inmunidad y la plasticidad neuronal	Niveles bajos mantenidos podrían reflejar fatiga o mala adaptación al entrenamiento ¹
Relación glutamina/glutamato	Relación que refleja degradación de glutamina	Niveles crónicos bajos podría reflejar mala adaptación al entrenamiento y catabolismo ¹
Citoquinas inflamatorias (IL-1b, TNF- α , IL-6, IL-8, IL-10)	Mediadores inflamatorios	Mecanismos inflamatorios de adaptación al entrenamiento, sobreentrenamiento o lesión ¹
Proteínas de fase aguda (proteína C reactiva, E-selectina, P-selectina, factor Von Willebrand, fibrinógeno)	Marcadores de respuesta inflamatoria	Mecanismos inflamatorios de adaptación al entrenamiento, sobreentrenamiento o lesión ¹
Homocisteína	Marcador de la actividad de la metilentetrahidrofolato reductasa (MTHFR) en el metabolismo de las vitaminas B ₉ y B ₁₂	Niveles elevados puede indicar mutación C677T de la MTHFR ⁶
Polimorfismo de CYP1A2 del citocromo P450 y ADORA2 del receptor de adenosina	Metabolismo de la cafeína	Determina el efecto individual a la cafeína por cambios en su farmacocinética y farmacodinamia ⁷
Anticuerpos antitransglutaminasa (IgA e IgG) y anticuerpos antipéptidos de gliadina desamidada (anti DGP)	Marcadores serológicos de enfermedad celiaca	Positivos en enfermedad celiaca ^{8,a}
Genotipos DQ2, DQ8	Marcadores genéticos de enfermedad celiaca	Si salen negativos es rara la enfermedad celiaca. Positivos indican una mayor predisposición pero no la enfermedad ⁸
Polimorfismo alelo 13910C/T del gen de la lactasa	Marcador genético de la intolerancia a la lactosa	El genotipo 13910C/C se asocia a baja actividad de la lactasa ⁹

^a El conjunto de pruebas y tests genéticos permite hacer diagnóstico diferencial entre celiaquía y sensibilidad al gluten no celiaca.

muscular en el postesfuerzo inmediato, pero un indicador de inflamación acumulada cuando va aumentando progresivamente a lo largo de la temporada.

En la figura 1 se puede visualizar como conforme avanza la temporada y se acumulan sesiones de entreno y partidos, marcadores como la IL-6, que presentaban valores bajos en la mayoría de un equipo al inicio, empiezan a incrementarse a pesar de las estrategias de recuperación que se llevan a cabo, como las de tipo nutricional y suplementación con complementos antioxidantes del tipo curcúmina o *tart cherry juice* (extracto de cerezas ácidas), entre otros.

Otro ejemplo pueden ser niveles elevados de homocisteína, que es un indicador de riesgo cardiovascular en población general pero con otro significado aún no del todo claro en deportistas. En jugadores con alto nivel de exigencia es frecuente ver aumentado este marcador y se necesitan cantidades aumentadas de vitaminas del grupo B para controlarla. Su aumento se corresponde en muchos casos con variantes genéticas desfavorables del gen de la metilación MTHFR, y su determinación puede ser útil de cara a una suplementación personalizada con estas vitaminas. Otros ejemplos pueden observarse en la tabla 1.

El jugador entrena y compite durante espacios de tiempo limitados en los que el ejercicio supone un estímulo global e importante para el organismo, con una marcada respuesta inflamatoria, hormonal e inmunitaria. Sin embargo, el resto del día existe la posibilidad de manejar aspectos básicos

como son el descanso, la alimentación y la digestión, entre otros, que pueden ayudar a la óptima adaptación y progresiva mejora del rendimiento del deportista.

En este sentido, por ejemplo, el conocimiento de polimorfismos genéticos asociados a la sensibilidad individual a la cafeína, el gluten o la lactosa, entre otros, pueden ayudar a un abordaje individualizado y a una nutrición y medicina de precisión en el deportista.

Durante la temporada resulta indispensable conocer a fondo la evolución del jugador y sus valores óptimos para cada vez más trabajar los aspectos en los que de manera específica se puede mejorar.

La fatiga es concebida como percepción de incapacidad para hacer frente a la exigencia planteada, considerando no solo aspectos musculares que se reflejan en biomarcadores que demuestran la acumulación de lactato y acidosis, inflamación o inmunidad (fatiga periférica), sino que en ocasiones los mismos niveles de estos indicadores pueden estar elevados pero pueden ser bien tolerados por el deportista gracias a su motivación y capacidad de afrontarlos debido a que su respuesta o fatiga mental actúa de una manera completamente diferente. Es por ello por lo que no se puede extrapolar la información de parámetros aislados como los niveles elevados de CK o cortisol, ya que en ocasiones coinciden con el momento de máximo rendimiento del jugador y es bueno valorarlo comparativamente con su perfil individual y, si es posible, con sus valores históricos.

No se aconseja valorar al jugador simplemente por la presencia de algunas de estas alteraciones, sino intentar darles significado en un posible enfoque de continua adaptación y mejora frente a situaciones de daño controlado u *hormesis*.

Se busca la mejora de su estado general conociendo que la vía para llegar a ello puede ser diferente en cada caso, pero que el reto es la optimización de la versión de cada jugador que lleva a una mejora del grupo.

Conclusiones

Durante el transcurso de una temporada resulta imprescindible el control de cómo los deportistas toleran las diferentes cargas de trabajo a las que se someten. Una de las principales maneras de realizarlo es mediante el control bioquímico del estado de fatiga y recuperación de cada deportista de manera individual y en diferentes momentos de la temporada.

Bibliografía

1. Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in sports and exercise: Tracking health, performance, and recovery in athletes. *J Strength Cond Res.* 2017;31:2920-37.
2. Tanskanen MM, Kyröläinen H, Uusitalo AL, Huovinen J, Nissilä J, Kinnunen H, et al. Serum sex hormone-binding globulin and cortisol concentrations are associated with overreaching during strenuous military training. *J Strength Cond Res.* 2011;25:787-97.
3. Doeven SH, Brink MS, Kosse SJ, Lemmink KAPM. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: A systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018;4:e000264.
4. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2014;14:68-77.
5. Budgett R, Hiscock N, Arida R, Castell LM. The effects of the 5-HT_{2C} agonist m-chlorophenylpiperazine on elite athletes with unexplained underperformance syndrome (overtraining). *Br J Sports Med.* 2010;44:280-3.
6. Dinç N, Yücel SB, Taneli F, Sayın MV. The effect of the MTHFR C677T mutation on athletic performance and the homocysteine level of soccer players and sedentary individuals. *J Hum Kinet.* 2016;51:61-9.
7. Pickering C, Kiely J. Are the current guidelines on caffeine use in sport optimal for everyone? Inter-individual variation in caffeine ergogenicity, and a move towards personalised sports nutrition. *Sports Med.* 2018;48:7-16.
8. Leonard MM, Sapone A, Catassi C, Fasano A. Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity. *JAMA.* 2017;318:647-56.
9. Deng Y, Misselwitz B, Dai N, Fox M. Lactose intolerance in adults: Biological mechanism and dietary management. *Nutrients.* 2015;7:8020-35.

Ricard Pruna^a, Antonia Lizarraga^{a,b}, Luis Vergara^c,
Carles Pedret^{d,e,*}

^aF.C. Barcelona Medical Services, FIFA Excellence Centre,
Barcelona, España

^bUniversitat de Barcelona, Barcelona, España

^cPontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de
Chile, Chile

^dClínica Mapfre de Medicina del Tenis, Barcelona, España

^eClínica Diagonal, Barcelona, España

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: drpedret@gmail.com (C. Pedret)