

3.1 Integración de carga interna y externa. Eficiencia cardiovascular

Cuando las variables internas y externas se integran en un único valor numérico, es decir, cuando se incluyen en la misma fórmula (p.ej. ratios, indicadores o variables de carga externa divididas por indicadores o variables de carga interna o viceversa) generan indicadores integrados (Akubat, Barrett y Abt, 2014). Este tipo de evaluación se basa en relacionar el trabajo realizado y el costo energético de la actividad (Burgess, 2017). La propuesta de integrar indicadores de ambas dimensiones (interna y externa) aporta información sobre varios aspectos -entre otros- conocer el estado de forma de los jugadores o el equipo, valorar la fatiga aguda, o comparar la eficiencia entre posiciones que ocupan los jugadores dentro del terreno de juego a partir de las cuales proponer intervenciones ajustadas a las necesidades físicas y fisiológicas de cada una de ellas.

“Integrar indicadores de carga externa e interna nos permite abarcar la evaluación desde diferentes escenarios: estados de forma, fatiga, comparación entre perfiles de jugadores o demarcaciones”

La valoración del estado de forma del equipo y/o jugadores que lo componen podría permitirnos conocer si el equipo está mejorando su puesta a punto sin la necesidad de recurrir a test complementarios, esto es, tareas de entrenamiento que sirven para valorar el rendimiento físico del equipo. Todo esto es realmente interesante, pero la pregunta que inmediatamente viene a la mente es, ¿cómo lo llevamos a cabo?

La hipótesis de una mayor eficiencia a medida que se aumentan los niveles de resistencia del sujeto ha sido ampliamente estudiada en condiciones de laboratorio y en pruebas estandarizadas de campo (como el Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente nivel 1) donde los sujetos más adaptados -con mayor rendimiento en esta prueba en concreto- recorren una determinada distancia con un impacto fisiológico menor (Bangsbo, Iaia y Kustrup, 2008; Boullousa et al., 2013). Este aspecto ha sido el que permitió la evaluación de los deportistas a través de pruebas submáxima; un menor impacto cardiovascular (%FCmáx) a los 6 o 9 minutos de un test submáximo se asocia a un mejor rendimiento máximo, por lo que podría no ser necesario someter a los deportistas a pruebas de

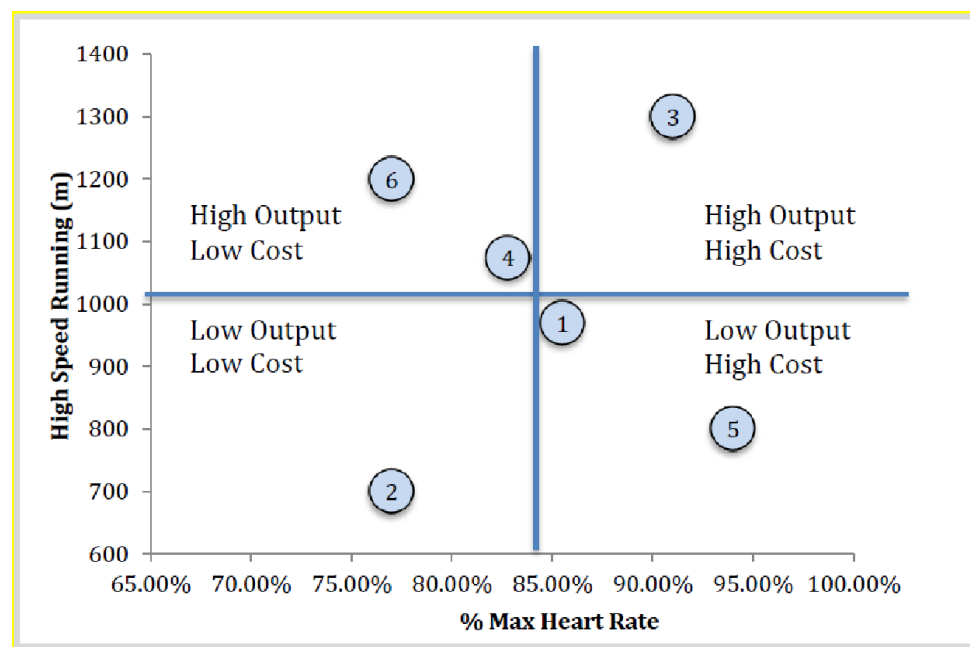


esfuerzo máximo, aumentado al mismo tiempo la frecuencia de los controles.¹ En este sentido, es importante conocer la actividad que ha desarrollado el jugador durante las pruebas, que al utilizar el protocolo de un test donde la velocidad del deportista viene marcada por la emisión sonora de los deportistas, es en los diferentes momentos “la misma”, siendo conscientes de la variabilidad en la velocidad de los desplazamientos que existe en este tipo de pruebas.

Esta idea aplicada al entrenamiento del fútbol, a partir de juegos reducidos fundamentalmente, abre las puertas a una nueva posibilidad de realizar el seguimiento de los jugadores a partir de valores particulares de eficiencia energética, permitiendo prever descensos o incrementos en el estado de forma física de jugadores y equipos.

Para conocer en un momento determinado el estado de fitness de nuestros deportistas, podríamos relacionar la actividad realizada (carga externa) con el impacto generado en el deportista (carga interna) (figura 3.1).

Figura 3.1. Valores de carga interna y carga externa de seis jugadores durante una sesión de entrenamiento



Nota: Las líneas cruzadas representan la media de la sesión analizada. Se puede observar cómo el deportista número 5 presenta una pobre actividad (trabajo) durante una sesión de entrenamiento (en este caso medido a partir de la distancia recorrida a alta velocidad) que le ha generado un alto impacto

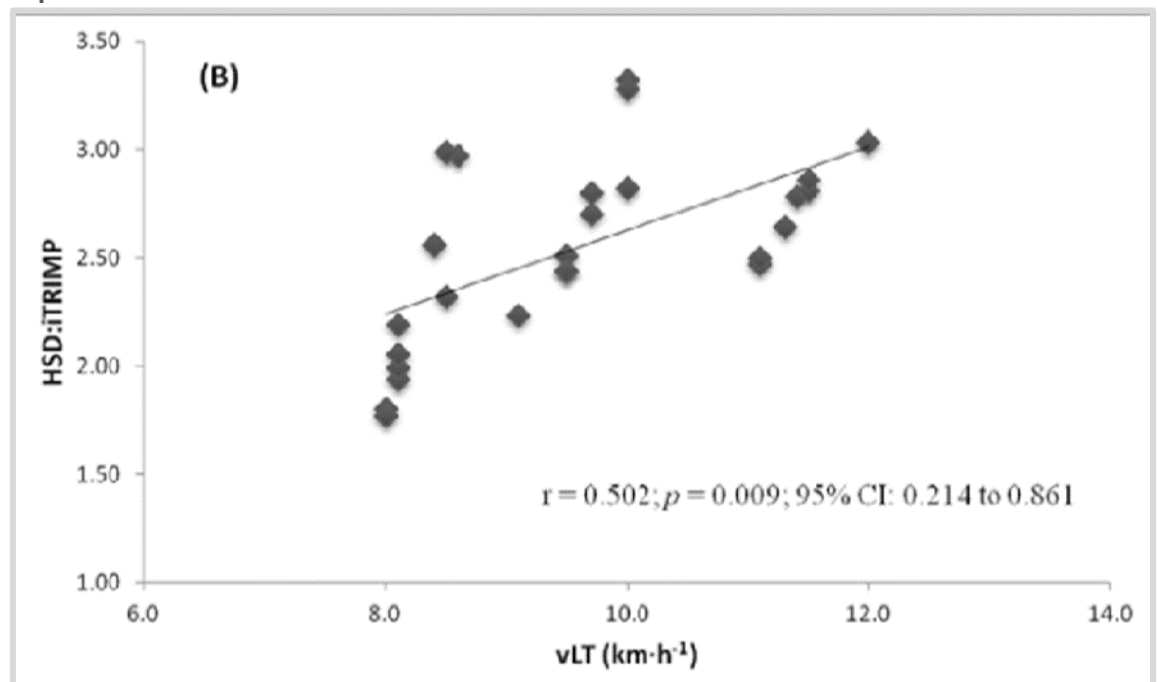
¹ Para ser más concretos con el ejemplo podríamos indicar el caso de un jugador que pasa de 160 ppm (correspondiente con su 80% de la $FC_{m\acute{a}x}$) en el momento de test 1 a obtener un valor de 165 ppm (82.5% de la $FC_{m\acute{a}x}$) en el momento del test 2, lo que podría entenderse como una adaptación no positiva ya que ante la misma cantidad de trabajo el impacto cardiovascular generado en el deportista es mayor. Sin embargo, otro jugador pasa de 160 ppm a 150 ppm, entendiéndose que existe un aumento en la eficiencia cardiovascular.



cardiovascular, medido a través de la frecuencia cardíaca media. Por otro lado, el deportista número 6 realiza mucho trabajo con un gasto energético reducido, lo que podría asociarse a un deportista con un mejor nivel de *fitness*.
Fuente: Burgess (2017).

En otros deportes colectivos -como es el caso del hurling- Malone, Doran, Akubat y Collins (2016) encontraron que no existe una relación significativa entre la actividad realizada durante la competición y el nivel de *fitness* cardiovascular. Sin embargo, cuando integramos a través de un ratio la carga externa e interna, y relacionamos estos índices con diferentes variables de rendimiento asociadas a la resistencia cardiovascular (consumo máximo de oxígeno y umbral ventilatorio 1 y 2) se observan relaciones significativas. Estos ratios fueron calculados a través del cociente entre la distancia recorrida a alta velocidad dividido por el TRIMP (impacto cardiovascular o individual training impulse por sus siglas en inglés), y la distancia recorrida a sprint dividido por el TRIMP; los jugadores con un ratio más elevado presentaron un nivel de rendimiento cardiovascular más elevado.

Figura 3.2. Relación entre el índice de distancia recorrida a alta velocidad HSD:iTRIMP (durante partido de *hurling*) y el umbral de lactato calculado a través de una prueba específica



Fuente: Malone et al. (2016)

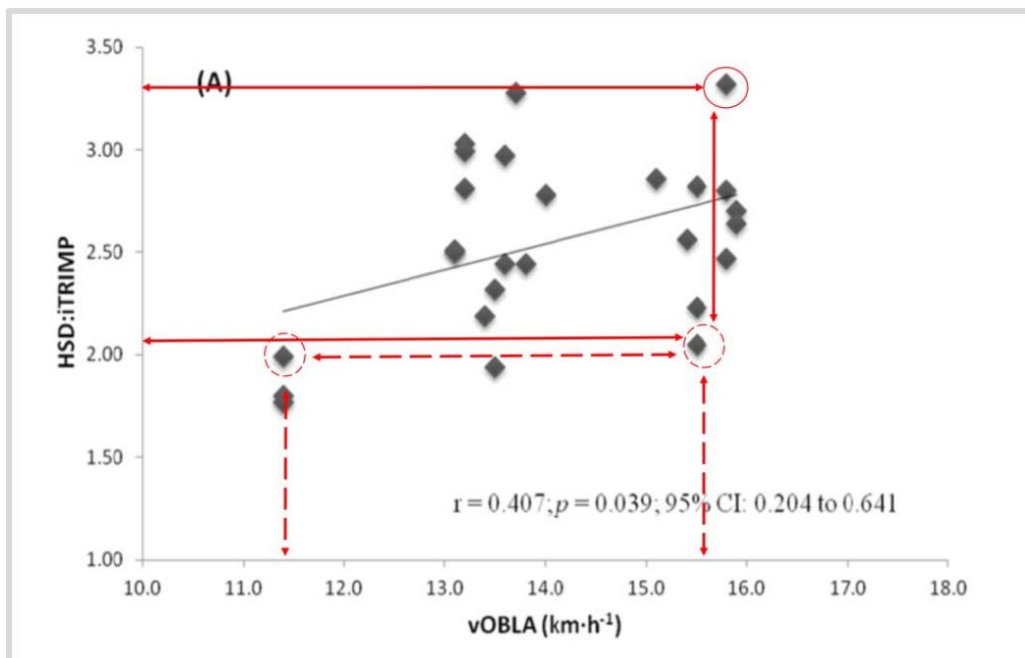
Figura 3.2. Relación entre la velocidad (km·h⁻¹) a una velocidad de concentración de lactato de 4 mmol·L⁻¹ (VOBLA) y el índice de eficiencia calculado con el ratio de distancia recorrida a alta velocidad (>17.0 km·h⁻¹) y el impacto cardiovascular (TRIMP) durante el test de simulación de hurling.



Sin embargo, este trabajo presentado por Malone et al. (2016) ha recibido una serie de críticas descritas en Weaving et al. (2017) que debemos de considerar. La primera de ellas hace referencia a la utilización de un protocolo que simula las demandas de competición de Hurling, pero que sin embargo presenta una reducida variabilidad en la demanda física, por lo que la distancia recorrida (total, a alta velocidad y a sprint) son variables que se modifican poco, y por tanto pudieran considerarse como estables en justificación a su bajo coeficiente de variación (CV=1.9%). Weaving et al. (2017) sostienen que la carga externa durante el estudio de Malone et al. (2016) fue efectivamente controlada dentro del diseño del estudio, y que por tanto, su uso como variable independiente parece redundante.

Además, se utilizaron rangos de velocidad absolutos y los dispositivos GPS utilizados presentan una frecuencia de muestreo de 4 Hz (4 datos por segundo), con cuestionable validez y fiabilidad para medir desplazamientos realizados a alta velocidad (Weaving et al., 2018).

Figura 3.3. Relación entre velocidad ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) a una velocidad de concentración de lactato de $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ($v\text{OBLA}$) y el índice de eficiencia calculado con el ratio de distancia recorrida a alta velocidad ($>17.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$)



Fuente: Weaving et al. (2017), adaptado de Malone et al. (2016).

En el ejemplo (figura 3.3) pueden observarse dos casos con mismos índices de eficiencia y muy diferente nivel de fitness cardiovascular: dos sujetos con un bajo índice de eficiencia cardiovascular (HSD:iTRIMP cercano a 2) presentan rendimientos muy diferentes en el test de resistencia, alcanzado uno de los



deportistas la concentración de $4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ (VOBLA) a $11.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ mientras que el otro deportista alcanza dichos valores a $15.6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Además, este deportista con un índice de eficiencia cardiovascular de 2 y una velocidad de $15.6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ presenta el mismo rendimiento cardiovascular que otro deportista con un índice cardiovascular de 3.3 aproximadamente. Por tanto, a pesar de la relación significativa encontrada, la aplicación práctica de estos datos debe ser limitada cuando los técnicos quieran predecir el rendimiento aeróbico a partir de los índices de eficiencia cardiovascular utilizados.

Es importante destacar, que esta propuesta de valoración de la carga de trabajo a partir de las tareas de entrenamiento necesita profunda investigación para determinar las condiciones que debe reunir la tarea de entrenamiento (por ejemplo, número de jugadores, objetivo de la tarea, dimensiones del espacio, duración de cada una de las repeticiones) y las variables que deben relacionarse, quizás debiendo ser diferentes en función del perfil o rol del jugador durante la competición.

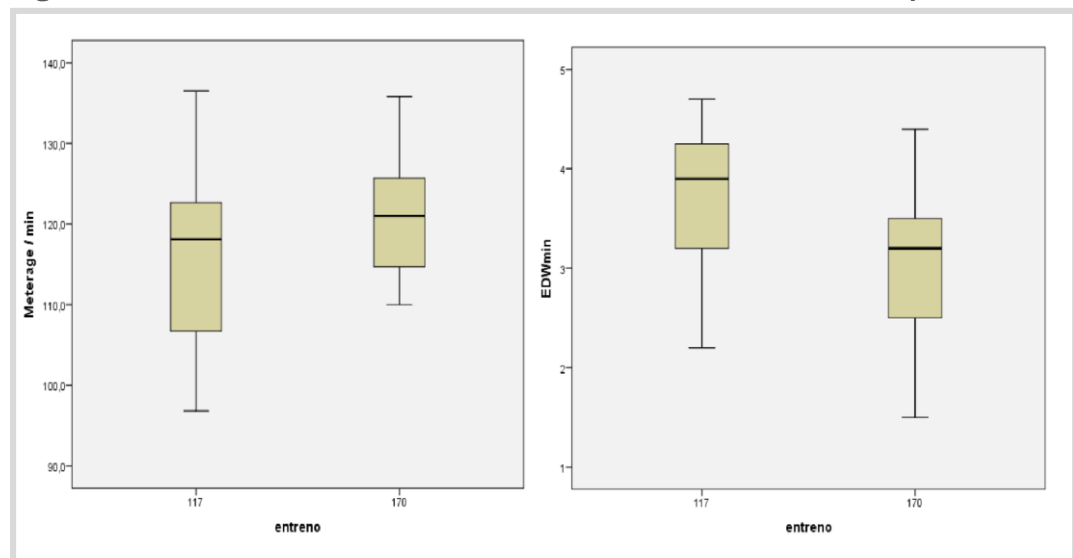
Respecto al seguimiento longitudinal de nuestros deportistas, este modo de valoración de la carga podría ayudarnos a conocer y prever el rendimiento futuro de nuestros deportistas. Pongamos un ejemplo para ilustrar esta idea. Tenemos esta comparativa de una misma tarea: un partido de 11vs11 en un campo de $90 \times 70 \text{ m}$ realizada en dos sesiones de entrenamiento diferentes (datos sin publicar), separados por nueve semanas entre sí. En ambas sesiones se repitió la misma tarea con las mismas repeticiones y duraciones (3 series $\times$ 13 min trabajo $\times$ 2 min descanso). Ambas sesiones se desarrollaron en condiciones lo más similares posibles respecto de diferentes variables tales como: estado del terreno de juego, hora del día, disponibilidad de balones, minimización en la medida de lo posible de las pérdidas de tiempo por balones que salen fuera o faltas cometidas (reanudando el juego lo antes posible después de cada interrupción). El resultado de comparar e interpretar ambas sesiones fue la siguiente: en la parte izquierda de la figura 3.4 se puede apreciar como el equipo tuvo un ritmo de juego ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) algo superior en una sesión (la sesión nº 170) que en la realizada nueve semanas antes (sesión nº 117), aunque de manera no significativa. Sin embargo, esta carga de trabajo les supuso a los jugadores una menor demanda cardiovascular en la sesión nº 170 (parte derecha de la figura 3.4), aspecto que podría ser interpretado como un aumento de eficiencia del organismo (correr más y gastar menos). Los resultados de este estudio sugieren que, aun no siendo estadísticamente significativa, la actividad desarrollada (ritmo en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) fue mayor en la sesión nº 170 respecto de la nº 117, mientras que la segunda sesión (nº 170) supuso un menor esfuerzo para los jugadores, es decir, pareciera que existió una adaptación al entrenamiento de resistencia, aumentando la eficiencia del deportista en el juego.

Para la valoración de la posible existencia de fatiga aguda también podríamos utilizar el indicador de eficiencia. Similar a lo expuesto anteriormente, podría



ocurrir que los jugadores empeoren sus ratios carga externa/carga interna debido a la depleción de depósitos energéticos, incremento de demanda cardiovascular y/o disminución de la actividad física observable -como un menor ritmo de juego- o menos observable- como el número e intensidad de aceleraciones y desaceleraciones. Sin embargo, no debemos centrar el foco de atención únicamente en este tipo de variables combinadas (cargas externas vs internas), porque los estados de fatiga o sobrecarga podrían quedar ocultos. En este sentido, se sabe por ejemplo que un cuerpo con sobrecarga tiene limitada su aportación del sistema cardiovascular (Aubry et al., 2015) que puede conducir a un sesgo en la interpretación de los datos. Apoyando la hipótesis de su sensibilidad a la hora de determinar su capacidad de detectar estados de fatiga, el trabajo de Barbero-Álvarez, Boullosa, Nakamura, Andrín y Castagna (2012) con árbitros de fútbol y árbitros asistentes encontró un descenso significativo en el effindex ($m \cdot \min^{-1} / \%FC_{\max}$) a medida que avanzaba el partido, mientras que la distancia recorrida no se redujo de forma significativa. En base a estos resultados podríamos entender que los árbitros corren lo mismo, pero con un mayor coste, y por tanto, con un menor grado de eficiencia cardiovascular.

Figura 3.4. Valores medios de distancia recorrida e indicador Edwards por minuto



Nota: ambos en tres repeticiones de 13 min de un 11:11 en un campo de 90*70m realizadas en dos sesiones diferentes (117ª y 170ª).

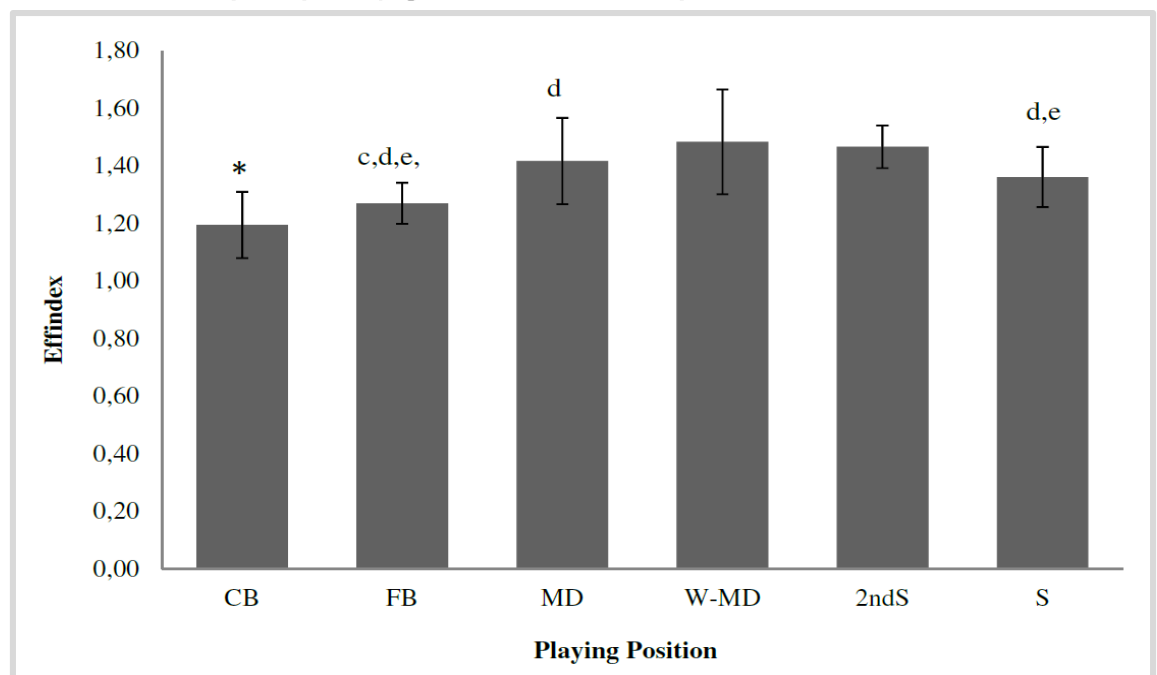
Fuente: Castellano & Casamichana (2016).

Por último, con relación a la comparativa entre demarcaciones, la información extraída de la interpretación de la eficiencia deja una línea interesante de aplicación. Así, por ejemplo, Suárez-Arrones et al. (2014) utilizaron el denominado effindex cuando analizaron los primeros tiempos de partidos en jugadores profesionales. Estos autores relacionaron una variable de velocidad de desplazamiento (o ritmo) -como son los metros recorridos por minuto- con el estrés cardiovascular -por medio del valor de la frecuencia cardiaca media- mediante la siguiente fórmula: $\text{effindex} = m \cdot \min^{-1} / \%FC_{\max}$, encontrando



diferencias entre demarcaciones en el indicador de eficiencia. Los autores encontraron diferencias entre demarcaciones en el indicador de eficiencia. La interpretación de los resultados en este tipo de investigaciones podría explicarse de dos maneras diferentes: primeramente, porque los jugadores (demarcaciones) presentan demandas diferentes (lo cual hace al jugador “echar mano” a diferentes sistemas energéticos) mientras que por otro lado, estas diferencias podrían estar indicando un mejor o peor aprovechamiento de los sistemas energéticos activados en la producción de movimiento, es decir, mismas distancias recorridas con un menor o mayor coste energético.

Figura 3.5. Indicador de eficiencia cardiovascular en competición en función de la demarcación ocupada por el jugador durante la competición.

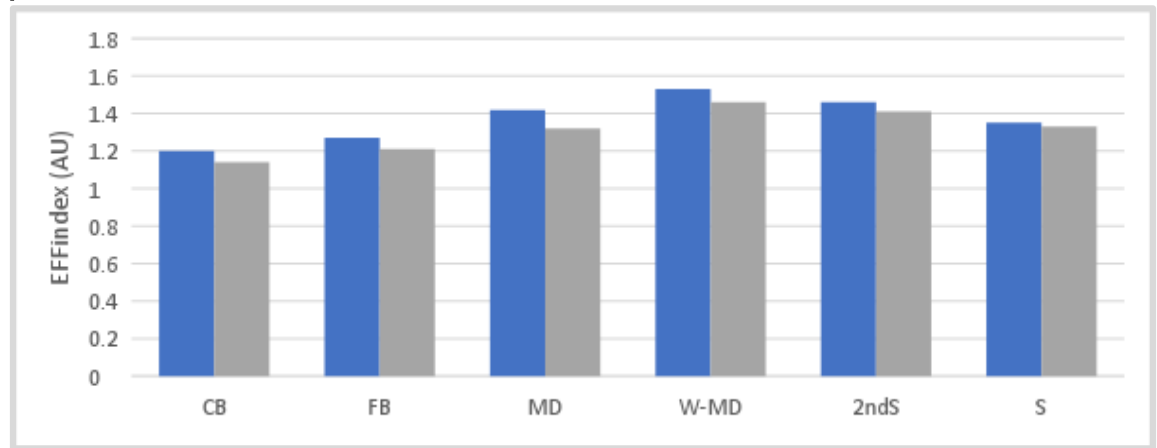


Fuente: Suarez-Arrones et al. (2014).

Además, si realizamos el cálculo del indicador de eficiencia cardiovascular en la primera y en la segunda parte del partido, se puede observar como en todas las posiciones el indicador de eficiencia cardiovascular es menor durante la segunda parte, lo que nos podría indicar un estado de fatiga del deportista. Durante la segunda parte del partido -en este estudio concreto- los jugadores recorrieron una distancia menor respecto a la primera parte en todas las demarcaciones estudiadas. La frecuencia cardiaca media también disminuyó durante la segunda parte, pero en menor medida con respecto a la actividad (distancia recorrida) lo que explica el descenso en el indicador de eficiencia cardiovascular.



Figura 3.6. Indicador de eficiencia cardiovascular en competición en función de la demarcación ocupada por el jugador durante la competición en la primera y segunda parte



Fuente: Suarez-Arrones et al. (2014).

Estos resultados parecen indicarnos que a medida que avanza la actividad realizada, por ejemplo durante un partido, el índice de eficiencia cardiovascular va disminuyendo, lo que podría informarnos de la presencia de fatiga en el deportista. Cabe mencionar que es necesaria mayor investigación al respecto para afinar este tipo de propuestas a la hora de aplicarlas a contenidos habituales en el ámbito del entrenamiento en fútbol como son los juegos reducidos.

Recientemente se realizó un trabajo que introdujo nuevas ideas dentro de esta línea, y que sin duda apoya la utilización de este tipo de índices de eficiencia en el proceso de monitorización y evaluación del proceso de entrenamiento (Delaney et al., 2018). En concreto, los índices de eficiencia cardiovascular han sido obtenidos utilizando el cociente entre una variable de carga externa y una variable de carga interna, pero, a diferencia de los trabajos anteriores, el valor de carga interna se eleva a una función en base a la pendiente constante de relación entre ambas variables.

Índice de eficiencia = variable de carga externa / variable de carga interna x

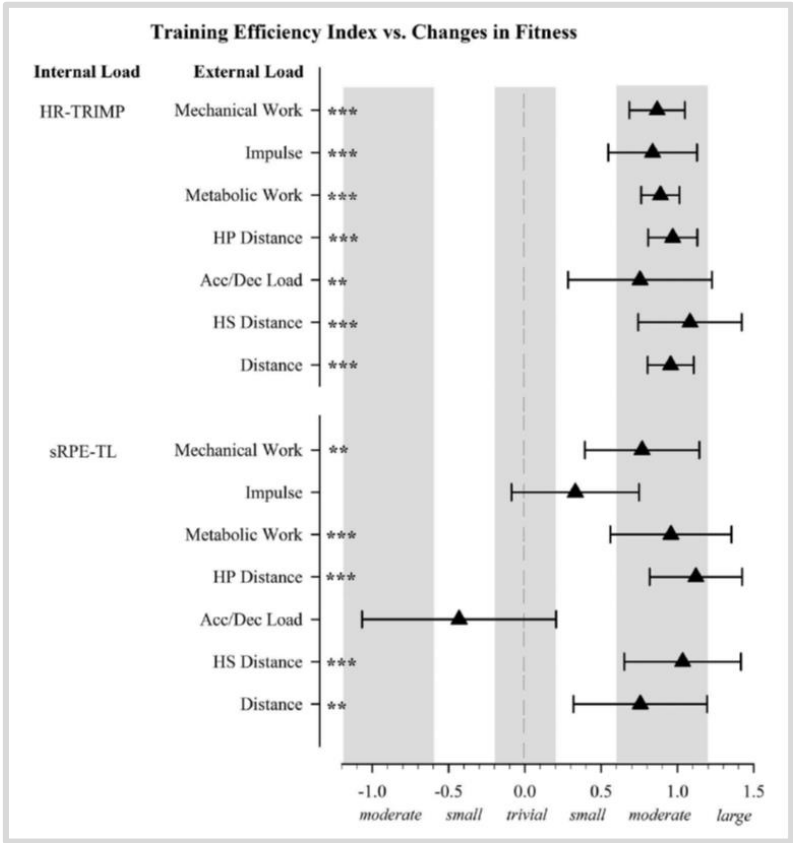
Así, por ejemplo, el indicador de eficiencia cardiovascular puede ser calculado relacionando la distancia total recorrida con el impacto cardiovascular generado en el deportista (índice iTRIMP), elevando esta última variable al valor de la pendiente de relación entre ambas medidas (variable de carga externa y de carga interna), a través de la fórmula:

Índice de eficiencia = distancia recorrida / iTRIMP 0,87



Por tanto, el valor numérico al que se eleva la variable de carga interna depende de la pendiente constante de relación entre la variable de carga externa y la variable de carga interna utilizada para el cálculo del índice de eficiencia (Delaney et al., 2018).² Además, los autores indican que establecer dicho índice de eficiencia es vital que la relación entre la variable de carga externa y la variable de carga interna utilizada en el modelo presenten una elevada relación. Esto permitirá interpretar las desviaciones superiores a lo esperado indicándonos si el jugador está mejorando o empeorando. De esta manera, mayor actividad sin un aumento simultáneo de la carga interna reflejaría un resultado de entrenamiento positivo. Por el contrario, un aumento de la carga interna sin aumentar de forma simultánea la carga externa del deportista representaría un efecto de entrenamiento negativo.

Figura 3.7. Relación entre los diferentes índices de eficiencia de entrenamiento.



Nota: * Significa que las probabilidades de observar efecto son mayores al 75%

En la figura anterior podemos observar como existe mayor relación con los cambios producidos en el test de resistencia de 1,2 km utilizado cuando los índices de eficiencia son realizados a través de la frecuencia cardíaca (índice TRIMP) en comparación con percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). Respecto a

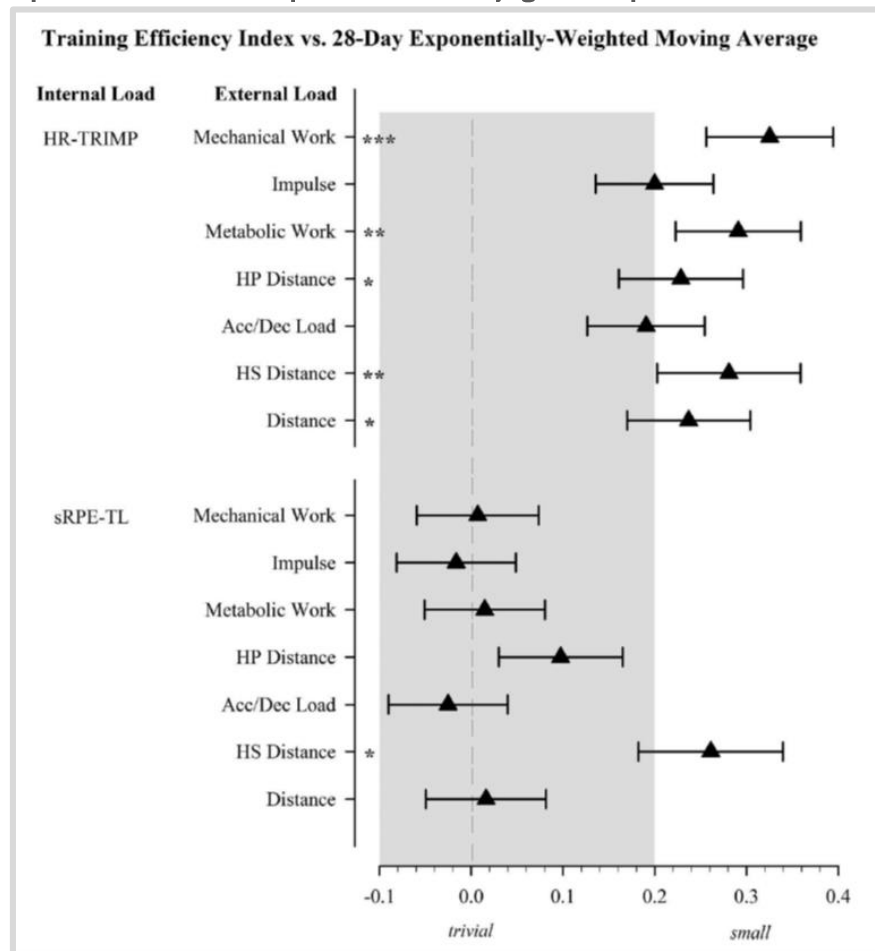
² Los autores estudiaron la relación entre los diferentes índices de eficiencia utilizados y el cambio que se produjo en un test continuo de 1.2 km de ida y vuelta después de 7 semanas de entrenamiento.



las variables de carga externa estudiadas cabe destacar que existe mayor relación con las adaptaciones al entrenamiento cuando los índices de eficiencia son realizados a través de variables que integran velocidad y aceleraciones, como la potencia metabólica (representada como metabolic work en la Figura 3.8) o la distancia recorrida a alta potencia metabólica (representado como HPdistance en la Figura 3.8).

Además, los autores estudiaron la relación entre estos índices de eficiencia y la carga crónica utilizando para ello el cálculo exponencial que aporta más peso a las sesiones de entrenamiento realizadas más cercanas en el tiempo.

Figura 3.8. Relación entre los diferentes índices de eficiencia de entrenamiento (Training Efficiency Index, TEi) calculados utilizando diferentes combinaciones de variables de carga externa e interna, y la carga crónica de los últimos 28 días calculada a partir del modelo exponencial en 27 jugadores profesionales de rugby.

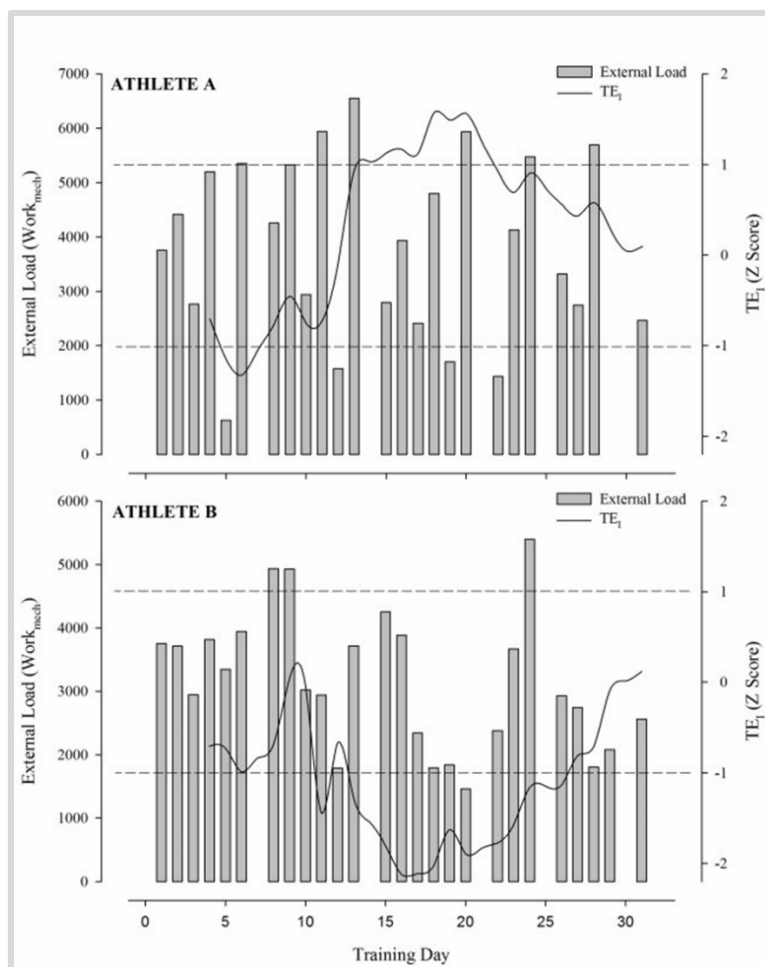


Nota: * Significa que las probabilidades de observar efecto son mayores al 75%

Los autores vuelven a encontrar que existe mayor relación con los valores de carga crónica acumulados en los 28 días previos cuando los índices de eficiencia son realizados a través de la frecuencia cardíaca (índice TRIMP) en comparación

con percepción subjetiva del esfuerzo (RPE). Respecto a las variables de carga externa estudiadas cabe destacar que existe mayor relación con la carga crónica cuando los índices de eficiencia son realizados a través de variables de carga mecánica (mechanical work), en variables que integran velocidad y aceleraciones, como la potencia metabólica (representada como metabolic work en la Figura 3.8) o la distancia recorrida a velocidad de desplazamiento (representado como HS distance en la Figura 3.8)

Figura 3.9. Carga externa de entrenamiento (barras) e índice de eficiencia (línea) de dos deportistas durante el primer mes de pretemporada



Nota: Para representar el índice de eficiencia se han utilizado las puntuaciones z (Z Score por sus siglas en inglés).

Fuente: Recuperado de <http://sportperfex.com/2018/02/20/how-you-should-be-using-gps-in-team-sports-part-2-do-less-the-training-efficiency-index/>

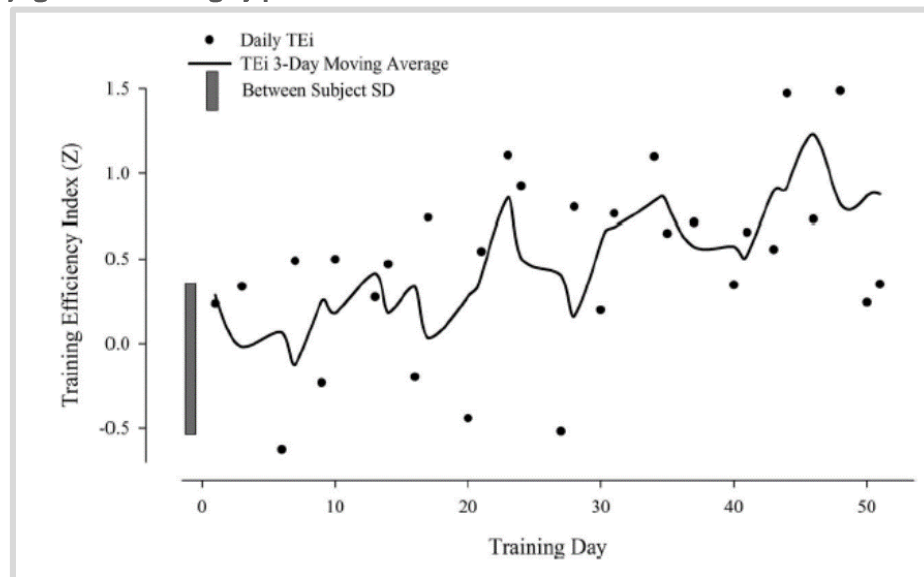
Debemos de ser cautelosos y rigurosos en la interpretación de estos resultados. En la figura 3.9 se registraron la carga externa e indicadores de eficiencia durante un mes de entrenamiento, donde a simple vista se observa como el deportista A parece adaptarse de forma correcta -ya que su índice de eficiencia se



incrementa- mientras que en el deportista B parece producirse alguna adaptación negativa en base al descenso mostrado en el indicador de eficiencia. En la figura 3.8 se observan ciertas relaciones entre la carga crónica y el índice de eficiencia, por lo que podría ser una alternativa muy interesante para poder evaluar el nivel de condición física del deportista.

Sin embargo, como se observa en la figura 3.10, el índice de eficiencia es altamente variable entre los diferentes días de entrenamiento (Delaney et al., 2018). Estas fluctuaciones en el índice de eficiencia deben ser estudiadas con más profundidad ya que no se ha encontrado asociación con el estado de fatiga aguda después de estudiar la relación con el bienestar, fatiga y/o dolor de los deportistas (Delaney et al., 2018). Estos autores indican que dicha variabilidad puede estar justificada en la cantidad de variables que afectan a la frecuencia cardiaca como la hidratación, la ingesta de cafeína o alternaciones en las condiciones ambientales, entre otras. De esta manera parece que el análisis no debe centrarse en la respuesta a corto plazo, sino que debemos ocuparnos de las adaptaciones crónicas o a largo plazo y, por lo tanto, analizar la tendencia en el tiempo del índice de eficiencia.

Figura 3.10. Ejemplo de los cambios en el índice de eficiencia en el entrenamiento (Training Efficiency Index, TEi) calculado a través de la utilización de la carga mecánica/iTRIMP 0,87 durante un periodo de entrenamiento de 7 semanas en 38 jugadores de rugby profesionales



Notas: El índice de eficiencia en el entrenamiento está expresado en puntuaciones z y representa la media del equipo. La línea negra representa la carga aguda de 3 días de entrenamiento.

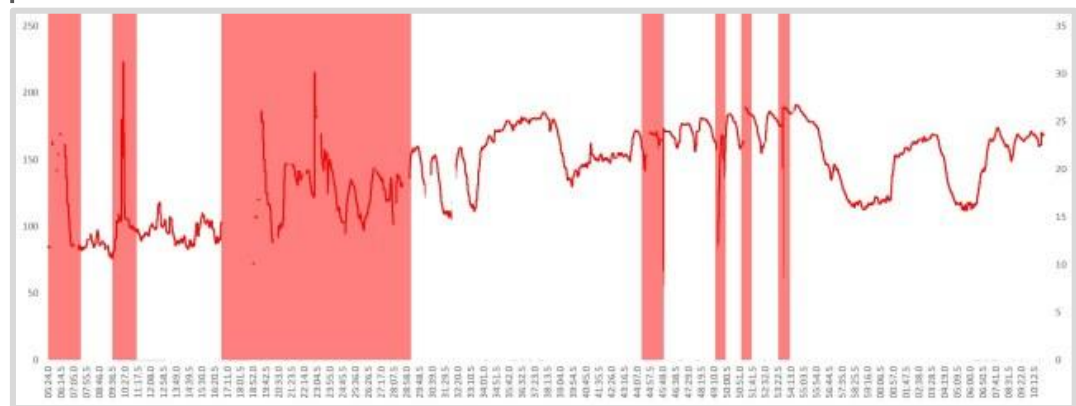
Fuente: Delaney et al. (2018).

Al utilizar el índice de eficiencia debemos de ser conscientes de una serie de limitaciones. Por ejemplo, si la variable de carga externa integrada en el índice de eficiencia es derivada de la señal GPS, serán subestimadas las actividades



estáticas de lucha u oposición corporal con adversarios que son energéticamente demandantes pero que no provocan desplazamiento. Luchar, chocar y chutar, entre otras, son actividades que no van a ser contempladas por la tecnología GPS y que al ser de alta intensidad alterarán la relación entre la carga externa e interna, invalidando el índice de eficiencia en la evaluación del estado de fitness del deportista. Además, debemos asegurar que los datos integrados estén completos ya que cualquier problema que pueda surgir durante la recolección (por ejemplo: cortes en el registro de la actividad por parte del GPS si existe dificultad de acceso a los satélites, la caída del pulsómetro durante el entrenamiento) va a invalidar la utilización de los indicadores de eficiencia (figura 3.11).

Figura 3.11. Registro de FC durante una sesión de entrenamiento donde las franjas rojas representan parte de la sesión donde se ha interrumpido a la señal de pulsometría



Notas: el GPS ha registrado la señal de velocidad en función del tiempo durante todo el entrenamiento mientras que la señal de pulsometría únicamente se ha registrado durante el 60% del tiempo.

Fuente: Recuperado de <http://sportperfex.com/2018/02/20/how-you-should-be-using-gps-in-team-sports-part-2-do-less-the-training-efficiency-index/>.

En el ejemplo (figura 3.11) hace referencia al problema de errores en el registro en este caso de la señal de pulsometría, lo que provocaría que los análisis derivados de esta señal presenten dicho error, por ejemplo, el índice TRIMP de impacto cardiovascular, y por ende también los índices de eficiencia que utilicen indicadores derivados de la señal de frecuencia cardíaca como variables de carga interna. En este sentido, la utilización de la escala de percepción subjetiva del esfuerzo podría ser una alternativa que permite mayor consistencia en el registro, aunque la validez de los índices de eficiencia calculados con esta variable es menor respecto a los índices calculados con variables derivadas de la frecuencia cardíaca, como viene representado (figuras 3.7 y 3.8).



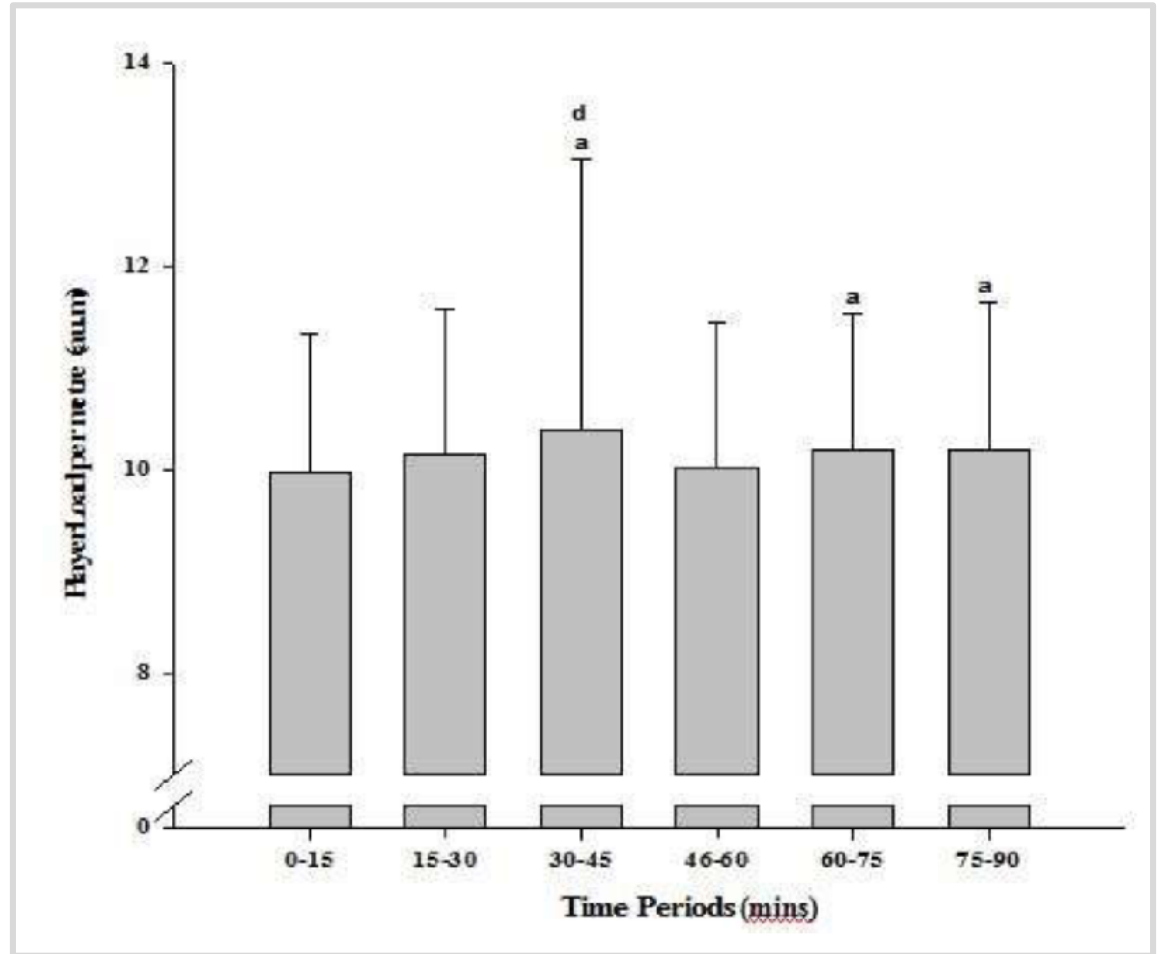
3.2 Indicadores de eficiencia mecánica. Eficiencia mecánica

Integrar información de indicadores de carga externa también puede aportarnos información que nos ayude en la toma de decisiones. En este sentido, las primeras aproximaciones se han realizado a través de la división entre el indicador de carga obtenido a través de acelerometría (player load) y la distancia total recorrida. A medida que avanza el partido, la distancia recorrida disminuye y también lo hace el indicador de carga obtenido a través de la acelerometría, el player load (Barret et al., 2016). Sin embargo, el ratio aumenta a medida que avanza el partido. A pesar de que ambas medidas presentan una alta correlación, esta relación puede verse afectada por la fatiga. Este aumento del ratio en la eficiencia mecánica es justificado por los autores a partir de una reducción de la longitud de zancada, lo que provoca un mayor número de pasos, y por tanto un mayor número de impactos “registrados” a través de la acelerometría (Barret et al., 2016).

El análisis a través de indicadores de eficiencia mecánica abre nuevas vías de evaluación nuestros deportistas con prácticas del día a día o con sencillas pruebas de campo. Por ejemplo, podríamos poner a correr a los deportistas antes de los entrenamientos en unas condiciones estandarizadas para valorar alteraciones en su índice de eficiencia mecánica, o incluso realizar dicha evaluación al final de la sesión para conocer el posible efecto generado por la actividad desarrollada durante el entrenamiento



Figura 3.12. Indicador de eficiencia mecánica obtenido a través del indicador de carga obtenido a través de acelerometría y la distancia recorrida en diferentes momentos del partido



Nota: La letra **a** expresa un incremento significativo respecto del periodo de 0-15 min, mientras que la letra **d** un incremento significativo respecto del periodo 46-60 min.

Fuente: Barret et al. (2016).

A pesar de que diferencias posicionales en el ratio se han encontrado en hockey (Polglaze, Dawson, Hiscock & Peeling, 2015) todavía son pocos los trabajos realizados en esta línea de investigación, pero que sin duda debe ser abordada en profundidad en los próximos años.



Referencias

Akubat, I., Barrett, S., & Abt, G. (2014). Integrating the Internal and External Training Loads in Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9, 457-462.

Aubry, A., Hausswirth, C., Louis, J., Coutts, A. J., Buchheit, M. & Le Meur, Y. (2015). The Development of Functional Overreaching Is Associated with a Faster Heart Rate Recovery in Endurance Athletes. *PLoS ONE* 10(10): e0139754. doi: 10.1371/journal.pone.0139754. eCollection.

Bangsbo, J., Iaia F. M., & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38, 37-51.

Barbero-Álvarez, J., Boullosa, D.A., Nakamura, F.Y., Andrín, G., & Castagna, C. (2012). Physical and physiological demands of field and assistant soccer referees during America's cup. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(5),1383-8. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825183c5.

Bangsbo, J., Iaia F. M. & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38, 37-51.

Boullosa, D. A., Abreu, L., Nakamura, F. Y., Muñoz, V. E., Dominguez, E. & Leicht, A. S. (2013). Cardiac autonomic adaptations in elite Spanish soccer players during preseason. *International journal of sports physiology and performance*, 8(4), 400-409.

Burgess, D.J. (2017). The Research Doesn't Always Apply: Practical Solutions to Evidence-Based Training-Load Monitoring in Elite Team Sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017 Apr;12(Suppl 2):S2136-S2141. doi: 10.1123/ijssp.2016-0608. Epub 2016 Dec 14.

Delaney, J.A., Duthie, G.M., Thornton, H.R., & Pyne, D.B. (2018). Quantifying the relationship between internal and external work in team sports: development of a novel training efficiency index, *Science and Medicine in Football*, DOI: 10.1080/24733938.2018.1432885

Malone, S., Doran, D., Akubat, I. & Collins, K. (2016). The Integration of Internal and External Training Load Metrics in Hurling. *J Hum Kinet.* 2016 Oct 15;53:211-221. doi: 10.1515/hukin-2016-0024. eCollection 2016 Dec 1.



Polglaze, T., Dawson, B., Hiscock, D.J. & Peeling, P. (2015). A Comparative Analysis of Accelerometer and Time-motion Data in Elite Men's Hockey Training and Competition. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014 Oct 29. [Epub ahead of print]

Suarez-Arrones, L., Torreño, N., Requena, B., Sáez de Villarreal, E., Casamichana, D., Barbero-Alvarez, J.C. & Munguía-Izquierdo, D. (2014). Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness*. 2014 Oct 7. [Epub ahead of print]Weaving, D., Scantlebury, S., Roe, G.A., & Jones, B. (2017). Re: The Integration of Internal and External Training Load Metrics in Hurling - Interpretation Beyond a Significant Relationship Required. *Journal of Human Kinetics*, 28;60:5-7. doi: 10.1515/hukin-2017-0108. eCollection 2017 Dec.