

Módulo 1. Contextualización científica

Introducción

En el siglo XXI, el interés por la carga de entrenamiento ha crecido exponencialmente (ver figura 1). El incremento de las publicaciones científicas en torno al concepto *training load* es una pequeña muestra de cómo los técnicos, preparadores físicos, médicos y fisioterapeutas se preocupan más por saber cómo optimizar el proceso de entrenamiento.

Figura 1: Interés por la carga de entrenamiento



Fuente: elaboración propia.

Antes de entrar en materia, se pondrán en común las definiciones de algunos de los conceptos principales. En el entorno deportivo y con la amplia bibliografía que existe, no hay una única definición para los conceptos y, en función del entorno y el contexto, algunas definiciones son más útiles que otras. Por ello, definiremos estos conceptos acordes al contexto del deporte colectivo y más concretamente, el fútbol.

Entrenamiento deportivo:

“Proceso complejo a través del cual un deportista puede, partiendo de su potencial genético, conseguir un determinado nivel de rendimiento merced a los complejos procesos de adaptación del organismo” (Solé, 2008). Esta definición hace referencia a tres puntos muy importantes en el ámbito deportivo.

- 1) Proceso complejo: nos deja entrever que la comprensión de todo lo que envuelve al proceso de entrenamiento será de difícil comprensión y, muchas veces, las



respuestas que nos encontremos no serán las esperadas. Esto es debido a la multitud de factores que envuelven al deporte, ya que no solo lo que realiza el deportista es importante, sino que hay muchos otros factores no controlables y, muy probablemente, otros desconocidos, que afectarán a todo este proceso de entrenamiento deportivo.

- 2) Potencial genético: cada deportista va a adaptarse de manera diferente a un mismo estímulo de entrenamiento. Algunos deportistas van a adaptarse más rápido, otros se fatigarán menos, y viceversa. Hay que tener en cuenta que todos los deportistas en una misma sesión de entrenamiento no van a realizar exactamente el mismo trabajo, aunque realicen las mismas tareas.
- 3) Complejos procesos de adaptación: no existe una relación causa-efecto definida entre el entrenamiento de un deportista y sus futuras adaptaciones, la relación entre carga externa, carga interna y sus adaptaciones es distinta, entrenamiento tras entrenamiento, y múltiples factores afectarán a que una carga externa similar, pueda provocar cargas internas distintas y adaptaciones dispares. En un apartado futuro se hablará del ciclo de entrenamiento, que será el concepto clave para el proceso de monitorización.

Síndrome general de adaptación

“Respuesta adaptativa del organismo ante los diversos estresores” (Seyle, 1946).

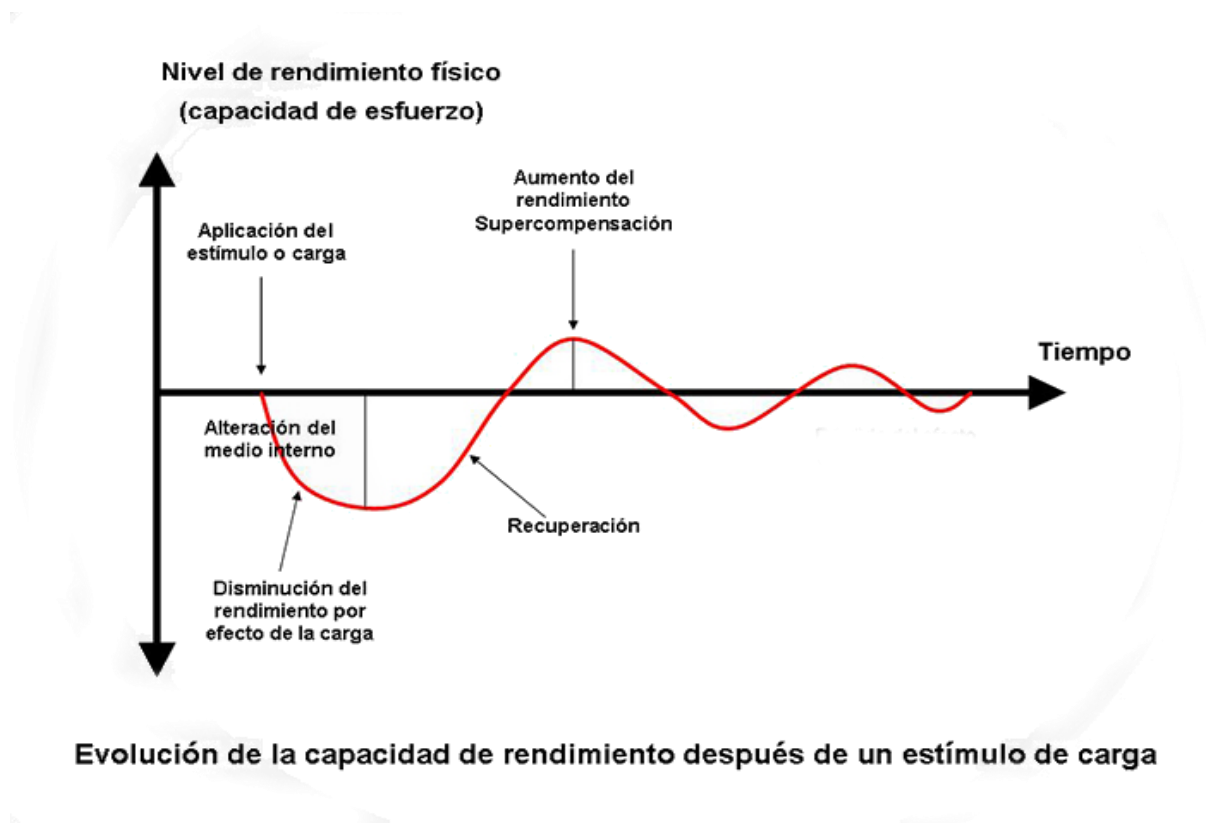
Cualquier estímulo al que se somete un organismo es un estresor. Un estímulo es todo aquello que pueda alterar la homeostasis del deportista. Un entrenamiento es un estresor que afecta, principalmente, fisiológica y biomecánicamente al organismo. Un partido importante dentro de dos días es un estresor que afecta cognitivamente al deportista, esto puede conllevar modificaciones de conducta durante y fuera de los entrenamientos o a alteraciones del sistema hormonal en función de la gestión que haga el deportista de este evento futuro. En definitiva, todo aquello que pueda alterar al deportista, alterará su homeostasis y, en función de la adaptación de este deportista a los distintos estímulos y su magnitud, su carga alostática provocará modificaciones a corto, medio o largo plazo.

El Síndrome general de adaptación (SGA) explica que después de un estímulo inicial, el rendimiento disminuye por el efecto de la carga o fatiga, posteriormente, el organismo entra en una fase de recuperación hasta que llega a su estado basal de nuevo y, posteriormente, durante un tiempo limitado superará las prestaciones iniciales, conocido como supercompensación. Idealmente, es el momento de aplicar otra carga de entrenamiento con un rendimiento mayor (ver figura 2). Este hecho no es tan fácil de conseguir realmente como de dibujar sobre un papel. Tal y como hemos comentado en definición del entrenamiento deportivo, el hecho de que sea un proceso complejo, hace que comprender realmente los mecanismos por los cuales se puede incrementar el



rendimiento requiera de una atención especial a todos aquellos detalles que puedan ser importantes de cuantificar.

Figura 2: Evolución de la capacidad de rendimiento después de un estímulo de carga



Fuente: [imagen sin título sobre evolución de la capacidad de rendimiento después de un estímulo de carga], s. f., <https://bit.ly/30fAQdR>

Si no se aprovecha el periodo de supercompensación, el organismo volverá a su estado basal, que vendrá determinado por la genética del deportista.

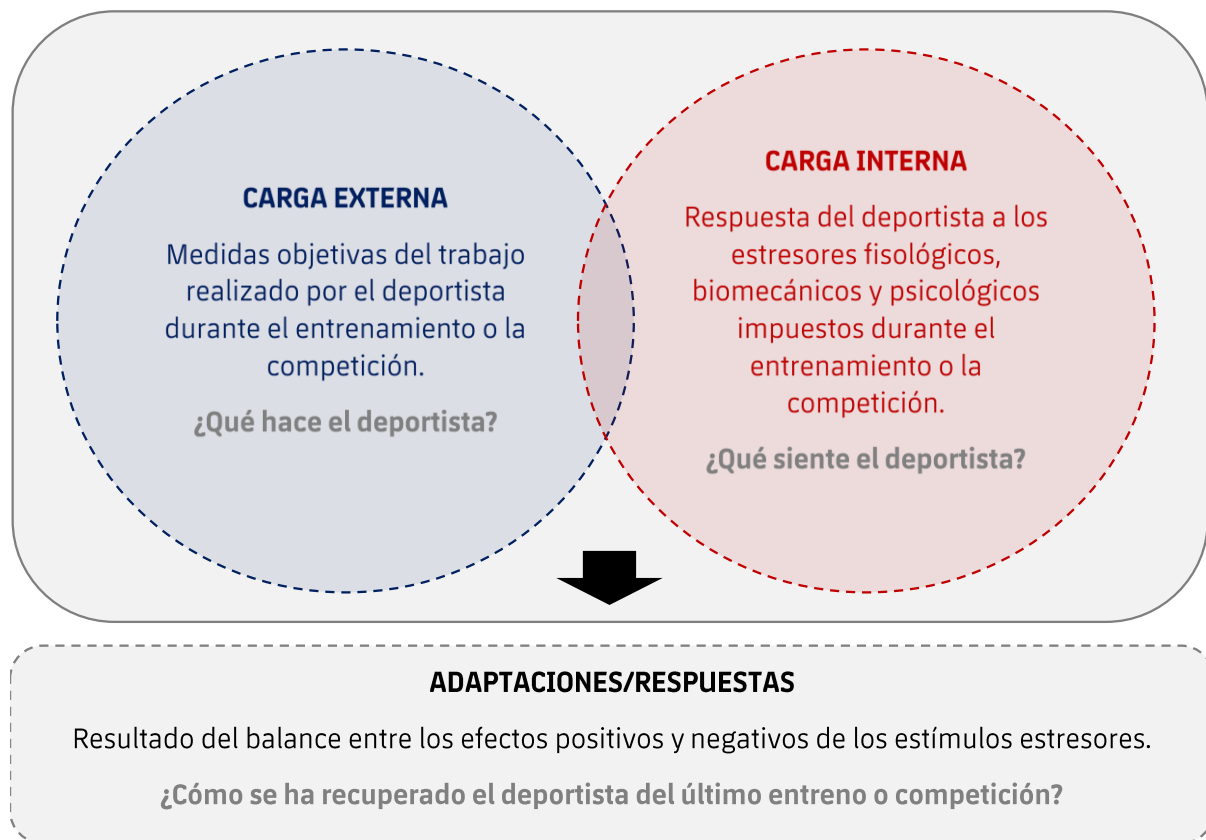
Carga de entrenamiento

A continuación, pasamos a definir la carga de entrenamiento, concepto muy comentado y justificado en los distintos entornos deportivos y equipos. Es de vital importancia entenderlo para conocer las posibles teclas que podemos o debemos tocar para modificar las posibles adaptaciones de nuestros deportistas.

La carga de entrenamiento está compuesta por la interrelación de tres pilares principales:



Figura 3: Carga de entrenamiento



Fuente: elaboración propia.

Carga externa

La carga externa son las medidas objetivas del trabajo realizado por el deportista durante el entrenamiento o la competición (Bourdon *et al.*, 2017). Dicho de manera más sencilla, lo que hace el deportista. Se detallará más sobre la carga externa en el bloque específico.

Carga interna

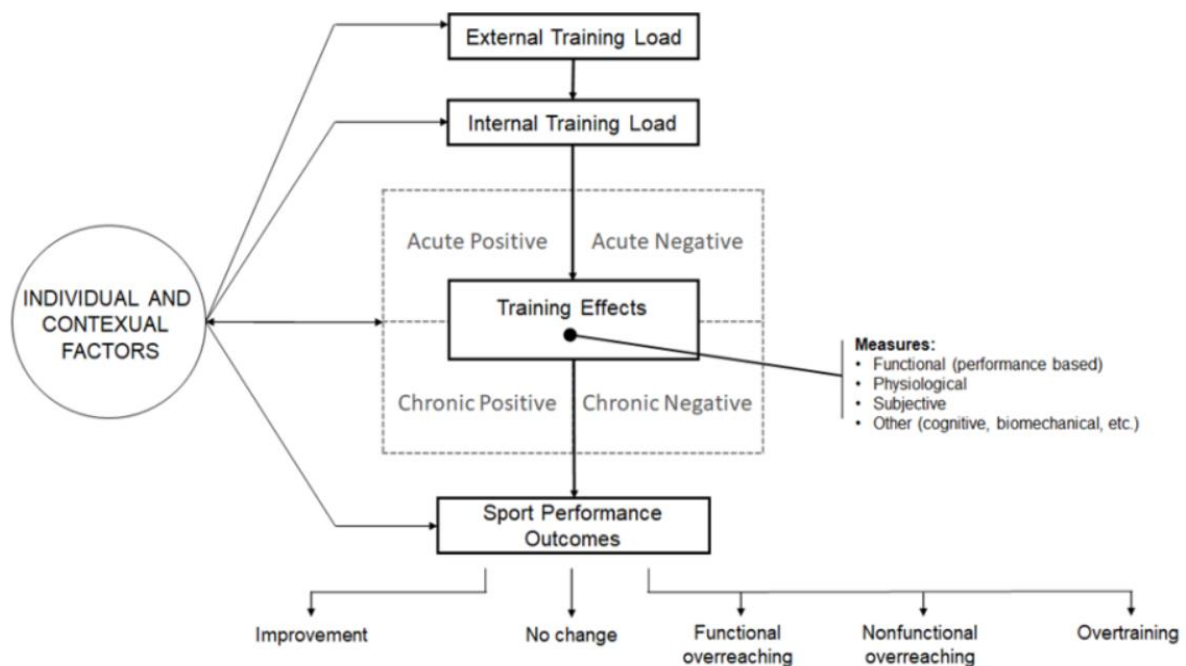
La carga interna es la respuesta del deportista a los estresores fisiológicos, biomecánicos y psicológicos impuestos durante el entrenamiento o la competición (Impellizzeri, Marcora y Coutts, 2019), es decir, lo que siente o le sucede al deportista por dentro. Se detallará más sobre la carga interna en el módulo específico.

Adaptaciones/respuestas

Las adaptaciones o respuestas, también conocidas como *performance outcomes*, son el resultado del balance entre los efectos positivos y negativos de los estímulos estresores (Jeffries, Marcora, Coutts, Wallace, McCall e Impellizzeri, 2020). Es muy importante

conocer cómo se ha recuperado el deportista de la última o últimas sesiones de entrenamiento, para ver cómo se está adaptando a las cargas de entrenamiento. Se detallará más sobre las adaptaciones y respuestas en el bloque específico.

Figura 4: Factores individuales y contextuales



Fuente: Jeffries *et al.*, 2020, p. 3.

External Training Load	Carga de entrenamiento externa
Internal Training Load	Carga de entrenamiento interna
Individual and Contextual Factors	Factores individuales y contextuales
Acute Positive	Agudos positivos
Acute Negative	Agudos negativos
Training Effects	Efectos de entrenamiento
Chronic Positive	Crónicos positivos
Chronic Negative	Crónicos negativos
Measures	Medidas
Functional (performance Based)	Funcionales (basadas en el rendimiento)
Physiological	Fisiológicas
Subjective	Subjetivas
Other (cognitive, biomechanical, etc)	Otras (cognitivas, biomecánicas, etcétera)
Sport Performance Outcomes	Resultados del rendimiento deportivo
Improvement	Mejoría
No change	Ningún cambio
Functional overreaching	Exceso de medidas funcionales
Nonfunctional overreaching	Exceso de medidas no funcionales
Overtraining	Sobreentrenamiento



Todo lo que haga el deportista tendrá unos *training effects* agudos, que pueden ser positivos o negativos. Los agudos positivos provocarán una mejora inmediata del rendimiento, como puede ser un calentamiento o el primer día de competición, donde el objetivo no es fatigar, por el contrario, preparar al organismo para rendir mejor en un estímulo futuro. Los agudos negativos son aquellos que disminuyen el rendimiento inmediato, pero no quiere decir que se tengan que evitar, al contrario, en función del momento del microciclo o temporada en que nos ubiquemos, será un tipo de estímulo buscado para provocar el mecanismo de supercompensación que hemos mencionado anteriormente. El proceso de entrenamiento se basaría en la acumulación de distintos efectos agudos positivos y negativos para provocar los crónicos positivos a largo plazo, el problema radica cuando no conocemos el impacto que está teniendo nuestro entrenamiento. Si estamos entrenando más de lo que el deportista es capaz de tolerar en ese momento, provocaremos efectos crónicos negativos, pudiendo llegar a una sobrecarga no funcional o un sobreentrenamiento.



Ciclo de monitorización del entrenamiento

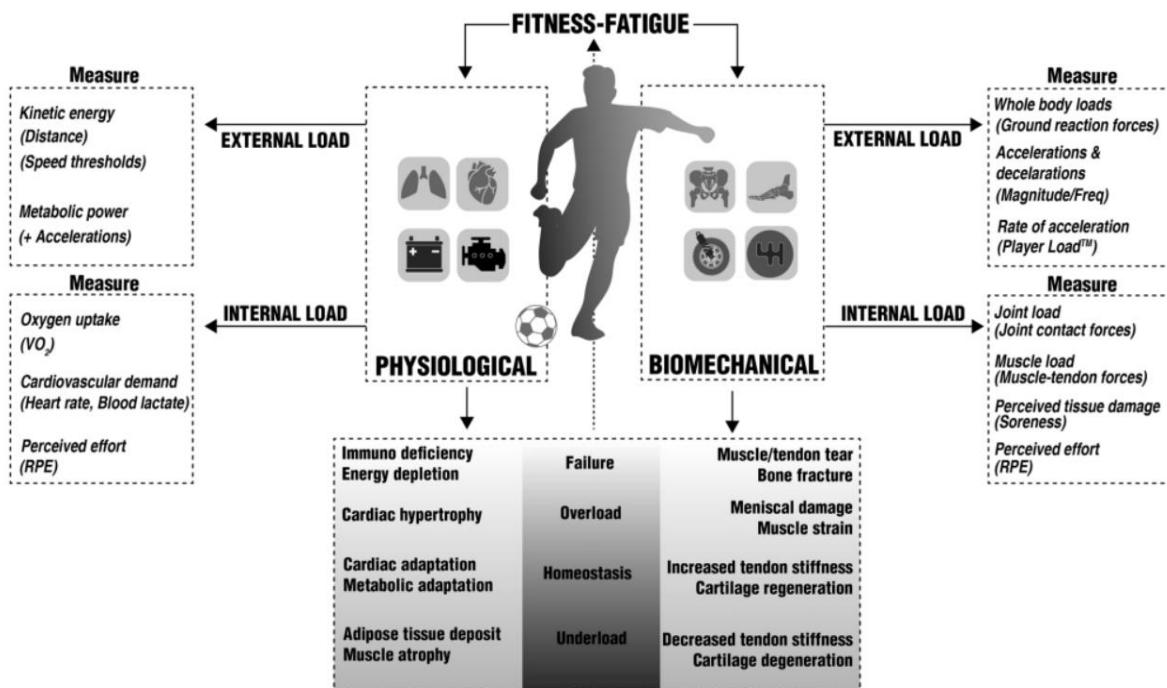
Definidos los conceptos principales del bloque, vamos a ver cómo llevar a cabo este proceso de monitorización de una manera práctica y comprensible.

Para ello, lo primero que tenemos que aclarar es que hablamos de un ciclo continuo, un deportista es persona las 24 h del día, los 7 días a la semana y las 52 semanas del año. No debemos caer en el error de pensar que con solo monitorizar lo que realiza el deportista cuando está en las instalaciones deportivas será suficiente para llevar un óptimo control. Si nos conformamos con esto, estamos dejando de lado una de las partes más importantes del proceso de entrenamiento: conocer cómo responde el deportista a las cargas de entrenamiento.

El ciclo de entrenamiento se basará en los tres pilares de la carga de entrenamiento, estableciendo relaciones entre ellos.

El entrenamiento y la competición van a provocar una carga que provocará adaptaciones fisiológicas y biomecánicas. Las adaptaciones fisiológicas estarán relacionadas con el transporte de sustancias y nutrientes por vía aérea y sanguínea. Las biomecánicas estarán relacionadas con las estructuras que permiten al deportista moverse (sistema musculoesquelético principalmente) (Vanrenterghem, Nedergaard, Robinson y Drust, 2017).

Figura 5: Pilares de la carga de entrenamiento



Fuente: Vanrenterghem *et al.*, 2017, p. 3

Fitness-Fatigue	Fatiga física
External Load	Carga externa
Internal Load	Carga interna
Measure	Medida
Kinetic energy (distance) (Speed thresholds)	Energía cinética (distancia) (límites de velocidad)
Metabolic power (+Accelerations)	Potencia metabólica (+ aceleraciones)
Oxygen uptake (Vo2)	Consumo de oxígeno (Vo2)
Cardiovascular demand (heart rate, blood lactate)	Demanda cardiovascular (frecuencia cardíaca, lactato en sangre)
Perceived effort (RPE)	Escala de percepción del esfuerzo (RPE)
Physiological	Fisiológica
Biomechanical	Biomecánica
Immuno deficiency	Inmunodeficiencia
Energy depletion	Disminución de la energía
Cardiac Hypertrophy	Hipertrofia cardíaca
Cardiac adaptation	Adaptación cardíaca
Metabolic adaptation	Adaptación metabólica
Adipose tissue deposit	Depósito de tejido adiposo
Muscle atrophy	Atrofia muscular
Failure	Error
Overload	Sobrecarga
Homeostasis	Homeostasis
Underload	Subcarga
Muscle/tendon tear	Desgarro muscular o del tendón
Bone fracture	Fractura
Meniscal damage	Daño en los meniscos
Muscle strain	Distensión muscular
Increased tendon stiffness	Aumento de la rigidez del tendón
Cartilage regeneration	Regeneración del cartílago
Decreased tendon stiffness	Disminución de la rigidez del tendón
Cartilage degeneration	Degeneración del cartílago
Whole body loads (Ground reaction forces)	Carga de impacto (fuerza de reacción del suelo)
Accelerations & decelerations (Magnitude/Freq)	Aceleraciones y desaceleraciones (Magnitud/frecuencia)
Rate of acceleration (Player Loadtm)	Índice de aceleración (Player Loadtm)
Joint load (joint contact forces)	Carga en la articulación (fuerza de contacto en la articulación)
Muscle load (Muscle-tendon forces)	Carga muscular (fuerza músculo-tendinosa)
Perceived tissue damage (Soreness)	Percepción de daño tisular (dolor)
Perceived effort (RPE)	Escala de percepción del esfuerzo (RPE)

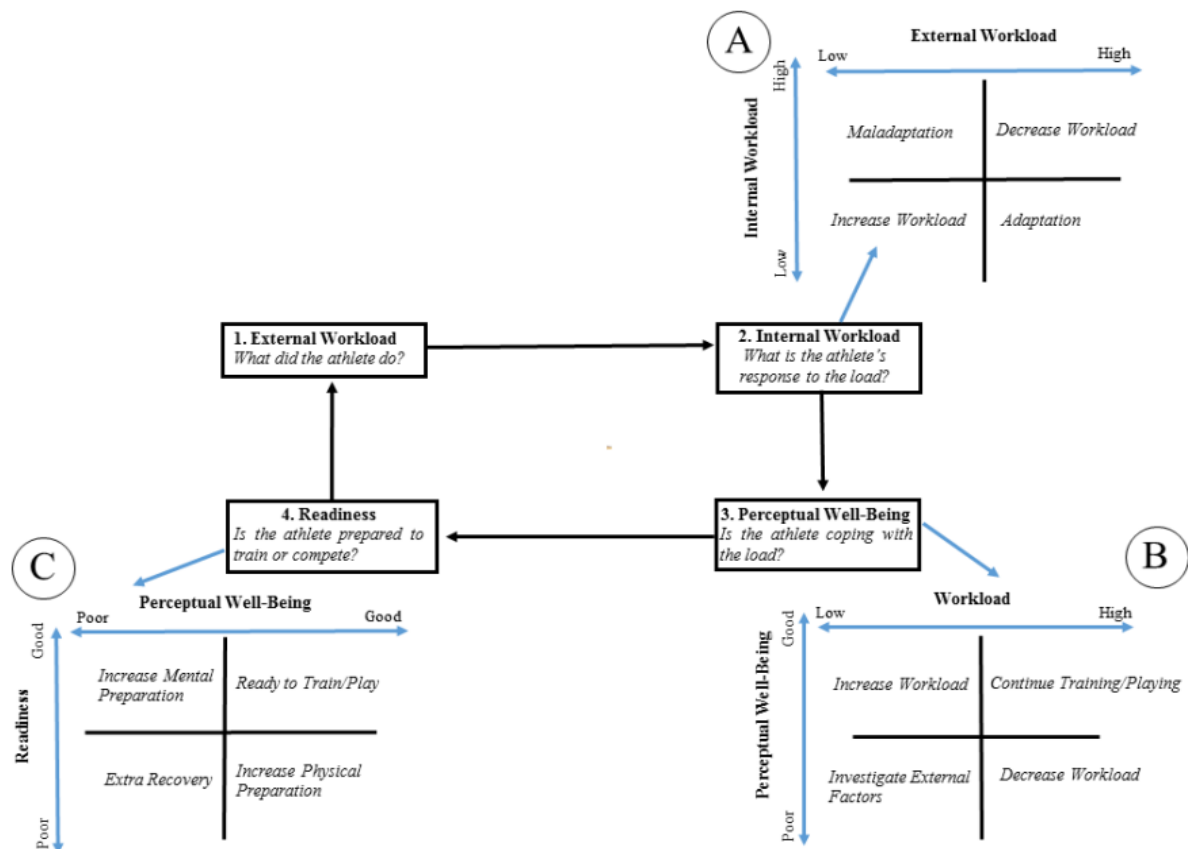
La naturaleza de la carga va a depender de lo que realice el deportista, por lo tanto, es necesario comprender que el sistema biomecánico y fisiológico no tienen procesos de adaptación pareja y un tipo de estímulo puede dejar más afectado el sistema biomecánico que fisiológico y viceversa. Vamos a poner un ejemplo para comprender esta parte, ya que nos ayudará a entender mejor todo el ciclo de monitorización que se explicará posteriormente. Dos deportistas, A y B, realizan un estímulo de carrera continua



a la misma velocidad, suponiendo una carga externa similar, pero el deportista A lo realiza a al 70 % de su frecuencia cardíaca máxima y el deportista B al 80 %. En este caso, habrán realizado la misma carga externa, pero el impacto fisiológico medido a través de la carga interna, habrá sido distinto.

En el diagrama posterior se proponen cuatro fases para este ciclo de monitorización.

Figura 6: Fases del ciclo de monitorización



Fuente: Gabbett *et al.*, 2017, p. 1452

External Workload	Carga de trabajo externa
Low	Baja
High	Alta
Internal Workload	Carga de trabajo interna
Maladaptation	Adaptación deficiente
Decrease Workload	Disminución de la carga de trabajo
Increase Workload	Aumento de la carga de trabajo
Adptation	Adaptación
What did the athlete do?	¿Qué hizo el atleta?
What is the athlete's response to the load?	¿Cuál es la reacción del atleta a la carga?
Readiness	Preparación



Is the athlete prepared to train or compete?	¿Está preparado para entrenar o competir?
Perceptual Well-Being	Bienestar perceptual
Is the athlete coping with the load?	¿Puede el atleta lidiar con la carga?
Poor	Bueno
Good	Deficiente
Increase Mental Preparation	Mejorar la preparación mental
Ready to Train/Play	Preparado para entrenar/jugar
Extra recovery	Recuperación adicional
Increase Physical preparation	Mejorar la preparación física
Workload	Carga de trabajo
Increase workload	Aumentar la carga de trabajo
Continue training/playing	Continuar con el entrenamiento/juego
Investigate External factors	Investigar factores externos
Decrease workload	Disminuir la carga de trabajo

- 1) ¿Qué ha hecho el deportista?
- 2) ¿Cómo ha respondido el deportista a la carga de trabajo?
- 3) ¿Cómo se está adaptando el deportista a la carga de trabajo?
- 4) ¿Está el deportista preparado para entrenar o competir?



Tabla 1: Monitorización de entrenamiento

Name	Duration	Dist	Abs HSR	HMLD	Abs HSR + Abs Sprints	MaxSp	Acc+3	Dec+3	HIA
JUGADOR DE CAMPO Official game	68	7214,96	605,91	1140,26	32,29	27,22	29,43	37,93	80,71
CENTRAL	72	7465,50	731,97	1174,30	34,00	26,56	32,00	31,67	81,67
	24	2881	269	498	13	26.4	11	15	35.00
	95	9523	804	1342	37	28.2	44	33	107.00
	95	9992	1123	1682	52	25.1	41	47	103.00
EXTREMO	75	8016,98	731,29	1314,09	42,33	27,76	36,33	40,00	88,00
	58	6652	607	1054	28	29.0	32	31	71.00
	71	7013	725	1233	44	27.6	35	43	93.00
	95	10386	861	1655	55	26.7	42	46	100.00
INTERIOR	77	8231,60	501,68	1295,44	30,00	26,55	37,00	44,50	94,00
	95	9838	559	1465	32	25.1	49	45	111.00
	58	6625	444	1126	28	28.0	25	44	77.00
LATERAL	44	4583,73	488,32	851,52	23,33	27,57	16,00	32,33	64,00
	36	4020	394	815	24	27.0	17	37	71.00
	36	3945	412	684	18	28.6	16	27	54.00
	58	5787	659	1055	28	27.1	15	33	67.00
MEDIOCENTRO	66	7016,85	368,26	846,02	18,50	26,91	25,00	38,00	68,00
	36	4130	295	635	18	23.5	24	22	49.00
	95	9904	442	1057	19	30.3	26	54	87.00
PUNTA	95	10313,88	888,11	1661,06	56,00	28,47	35,00	54,00	105,00
	95	10314	888	1661	56	28.5	35	54	105.00

Fuente: elaboración propia.

La segunda pregunta relaciona lo que ha realizado con la carga interna para conocer el impacto fisiológico y biomecánico que ha tenido el entrenamiento o competición sobre el deportista. Por ejemplo, en un deportista con una alta carga externa, se presupone que la carga interna debería de ser alta también, pero no siempre sucede, depende del grado de adaptación o de sí la carga propuesta es adecuada para el nivel del deportista.



Figura 7: Carga interna y carga externa en la monitorización

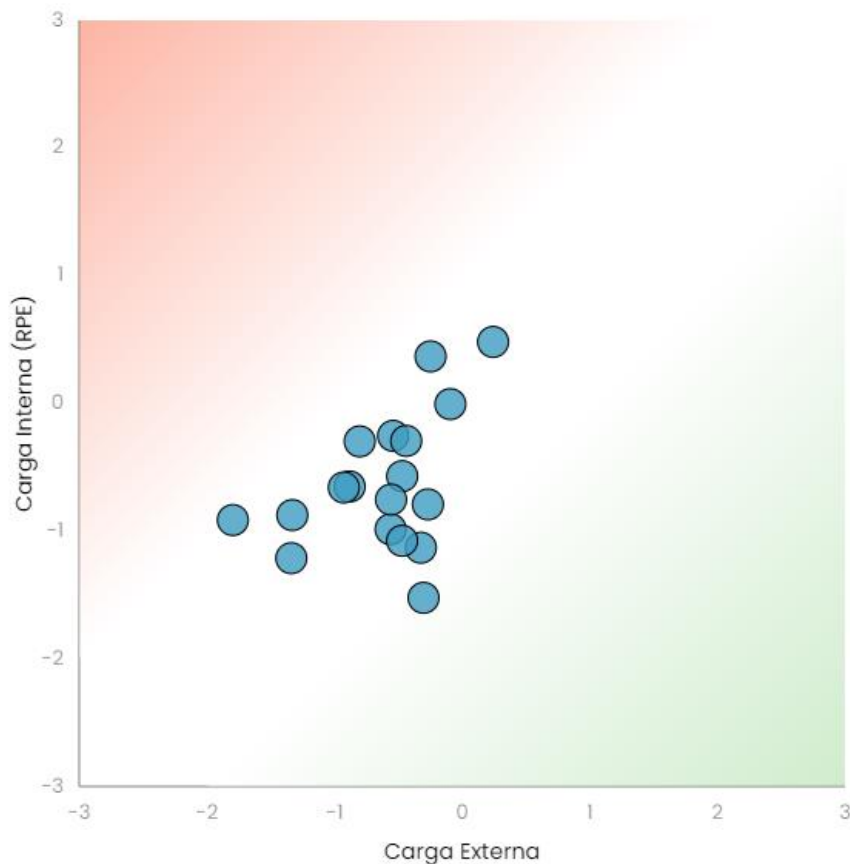
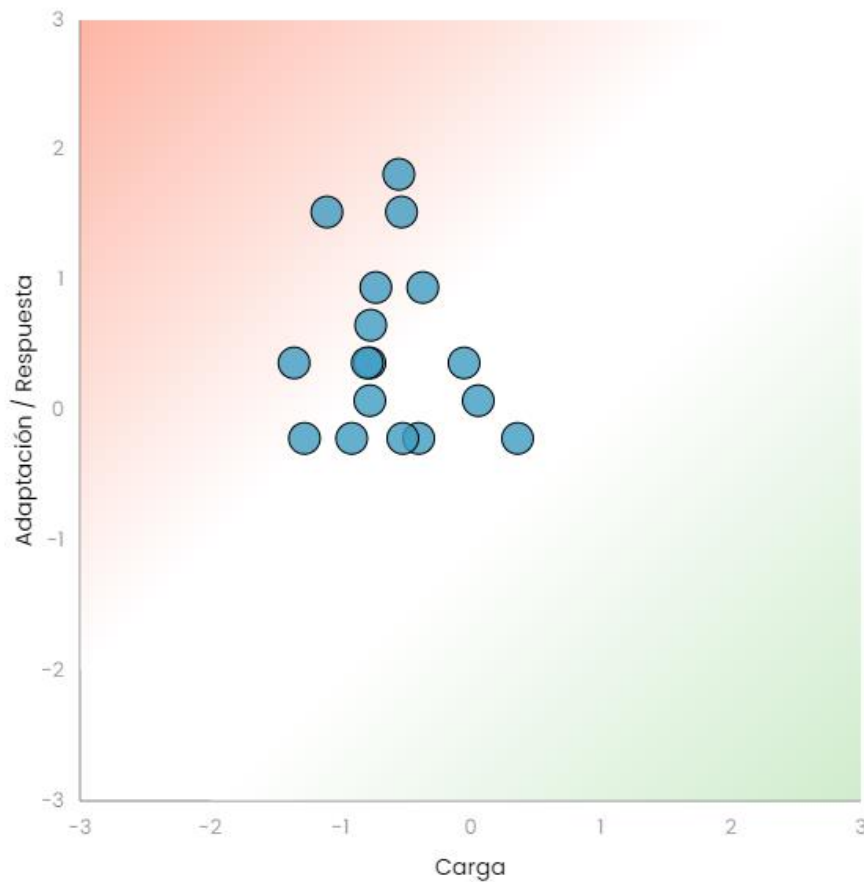


Figura 8: Monitoreo de recuperación del entrenamiento o competición



Fuente: elaboración propia.

Esta asociación entre percepción de la recuperación y la carga del día anterior, nos da un indicador de cómo, el deportista, está tolerando las cargas de entrenamiento.

Otro aspecto importante de la percepción subjetiva puede venir afectada por multitud de factores y no solo físicos del día anterior, es importante conocerlo para no cometer errores a la hora de tomar decisiones, de modificar cargas de entrenamiento solo con base en la respuesta del deportista sin saber por qué ha respondido con un indicador bajo. Una opción es tener un sistema de alarmas que indique cuando el deportista ha respondido con indicadores bajos para poder ver en qué indicador ha respondido con una puntuación baja y, en función de la dinámica del equipo, la persona responsable debería averiguar el porqué de esta respuesta.

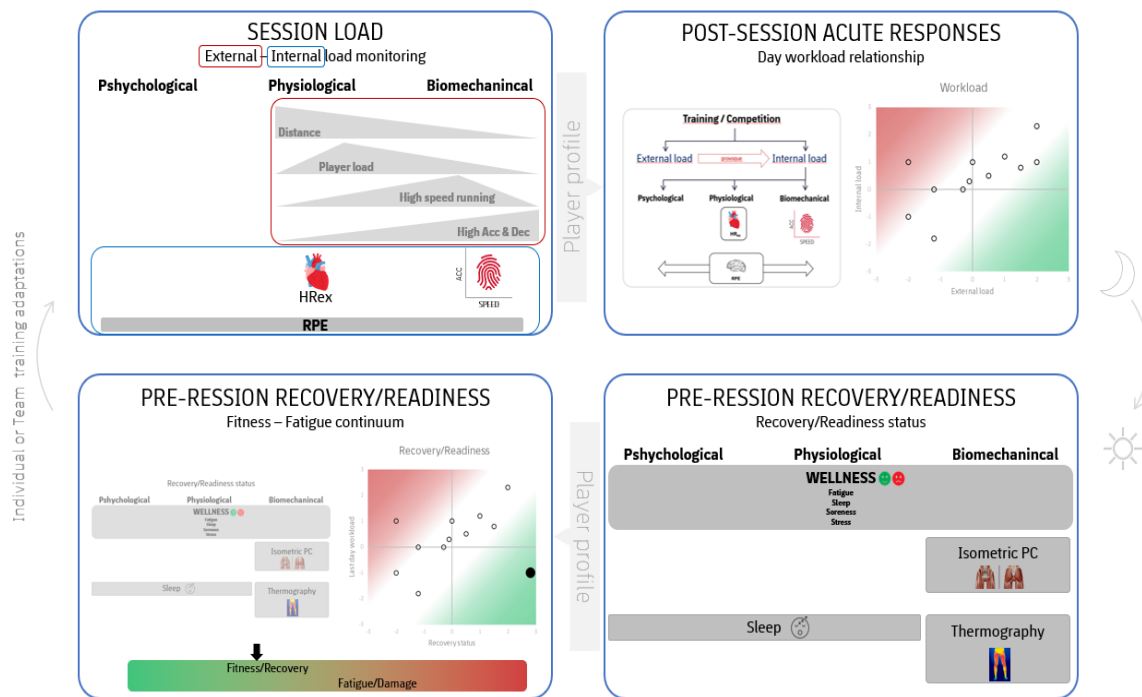
La cuarta pregunta pretende objetivar el estado condicional real, la propuesta aquí es poder hacer algún tipo de valoración donde el deportista no pueda influir en la respuesta subjetivamente. En este apartado hay muchísimos ejemplos que se podrían realizar, desde test más puramente condicionales, como pueden ser un *sprint* corto o un salto; también un análisis bioquímico de parámetros sanguíneos o salivares. El hándicap que



tiene esta cuarta parte es que a veces es muy invasivo, cuesta tiempo que si se suma a lo largo de toda una temporada hace que el hacerlo día a día sea un poco complicado, por ese motivo esta cuarta pregunta normalmente no entra dentro de un ciclo diario de monitorización, pero sí en un ciclo a medio o largo plazo.

En el FC Barcelona, hemos adaptado esta propuesta haciéndola más acorde a lo que podría ser la realidad de los deportes colectivos.

Figura 9: Objetivación del estado condicional real



Fuente: elaboración propia.

Session Load	Carga de la sesión de entrenamiento
External-Internal load monitoring	Monitorización de la carga externa e interna
Pshychological	Psicológica
Physiological	Fisiológica
Biomechanical	Biomecánica
Distance	Distancia
Player load	Player load
High speed running	Carrera de alta velocidad
High Acc & Dec	Aceleración y desaceleración de alta intensidad
Acc	Aceleración
Speed	Velocidad
HRex	Frecuencia cardíaca durante el ejercicio
RPE	Escala de percepción del esfuerzo

Individual or team training adaptations	Adaptaciones de entrenamiento individual o en equipo
Post-sessions acute responses	Respuestas agudas postsesiones de entrenamiento
Day workload relationships	Relación de las variables de la carga de trabajo diaria
Training/competition	Entrenamiento/competencia
External Load	Carga externa
Internal load	Carga interna
Workload	Carga de trabajo
Pre-session recovery/readiness	Recuperación/preparación presesión
Fitness-Fatigue continuum	Ciclo continuo fitnees/fatiga
Recovery/readiness status	Estado de recuperación/preparación
Wellness	Bienestar
Fatigue	Fatiga
Sleep	Sueño
Isometric PC	PC isométrico
Thermography	Termografía
Fitness/recovery	Fitnees/recuperación
Fatigue/Damage	Fatiga/daño
Lasta day workload	Último día de carga de trabajo
Recovery status	Estado de recuperación
Pre-resson recorvery/readiness	Recuperación/preparación presesión
Recovery/readiness status	Estado de recuperación/preparación
Sereness	Dolor
Stress	Estrés

En esta propuesta hay dos momentos de recogida de información y dos momentos de análisis de datos.

El primer momento de recogida de información es durante el entrenamiento, donde todos los datos relacionados con carga externa e interna son recogidos, carga externa mediante dispositivos de *tracking* o mediante la información de las tareas y sus variables contextuales; carga interna mediante la frecuencia cardíaca o el RPE. El primer momento de análisis de datos, donde se cruzan los datos con los perfiles individuales. El cálculo de estos perfiles se escapa del contenido del curso, ya que se requieren conocimientos de analítica de datos. Para hacer los cálculos del perfil hay que tener en cuenta los valores individuales del propio deportista. Una vez ya tenemos esta relación entre carga externa e interna, ya tenemos una primera foto del impacto que ha tenido el entrenamiento sobre el deportista y el equipo.

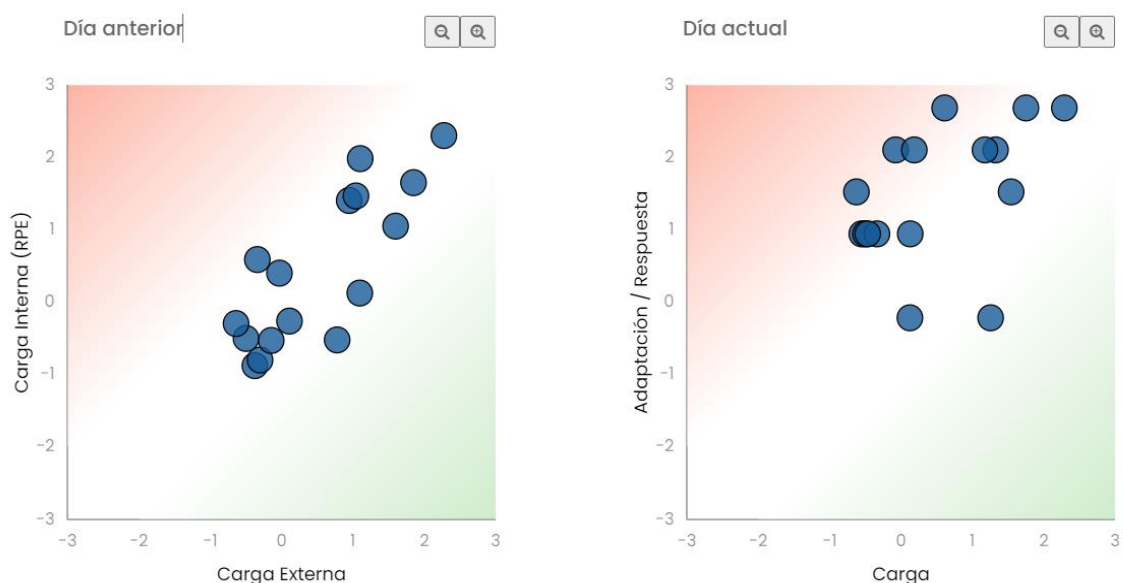
El segundo momento de recogida de información es al día siguiente, antes de entrenar, donde el objetivo es recoger información sobre cómo se ha recuperado el deportista del entrenamiento/partido del día anterior o de la acumulación de entrenamientos. Tal y



como se comentó anteriormente, el resultado de esta valoración, no solo vendrá determinada por el día anterior, sino también por la acumulación de los últimos días o semanas. En esta etapa se pueden recoger datos subjetivos, como puede ser el test de *wellness* o datos objetivos, como puede ser una analítica sanguínea o salivar, un test de salto o cualquier otra medición.

Una vez se ha recogido la información, se vuelve a cruzar con el perfil individual para conocer el impacto que provocó el entrenamiento del día anterior. Este es un punto importante, la relación carga externa – interna del día anterior, es más fácil que siga el patrón lógico, pero la adaptación a la carga de entrenamiento es donde los deportistas difieren más. Se debe tener en consideración que el estado del deportista antes de entrenar, no solo tendrá en cuenta la carga de entrenamiento del día anterior, sino que los medios de recuperación usados, la ingesta nutricional, la calidad del sueño también tendrán un impacto en el proceso de recuperación y adaptación del deportista a las cargas de entrenamiento. En el módulo de carga interna se profundiza en el tema para optimizar los procesos de recuperación.

Figura 10: Impacto del entrenamiento del día anterior



Fuente: elaboración propia.

En el ejemplo anterior podemos observar cómo, para una sesión de entrenamiento, la carga externa – interna guardan una relación lógica, pero en el gráfico de la derecha, que representa la relación entre la carga del día anterior y la percepción de recuperación del deportista, hay mucha más dispersión, no todos los deportistas se han adaptado igual a las cargas de entrenamiento.



Referencias

- Bourdon, P. C.; Cardinale, M.; Murray, A.; Gatin, P.; Kellmann, M.; Varley, M. C.; Gabbett, T. J.; Coutts, A. J.; Burgess, D. J.; Gregson, W.; y Cable, N. T.** (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. En *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2-161-S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Gabbett, T. J.; Nassis, G. P.; Oetter, E.; Pretorius, J.; Johnston, N.; Medina, D.; Rodas, G.; Myslinski, T.; Howells, D.; Beard, A.; y Ryan, A.** (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. En *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), 1451–1452. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097298>
- Impellizzeri, F. M.; Marcora, S. M.; y Coutts, A. J.** (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. En *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–4. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2018-0935>
- Jeffries, A.; Marcora, S.; Coutts, A. J.; Wallace, L.; Mccall, A.; y Impellizzeri, F. M.** (2020). *Development of a revised conceptual framework of physical training for measurement validation and other applications*. <https://doi.org/10.31236/osf.io/wpvek>
- Seyle, H.** (1946). The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation (traducción propia). En *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 6(2), 117–230.
- Solé, J.** (2008). *Planificación del entrenamiento deportivo*. SicropatSport.
- Vanrenterghem, J.; Nedergaard, N. J.; Robinson, M. A.; y Drust, B.** (2017). Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135–2142. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0714-2>

