

Módulo 4. Moderadores y mediadores de la carga de entrenamiento

4.1 Relación entre la carga de entrenamiento y la lesión

El proceso de la lesión ha sido abordado por diferentes modelos y/o paradigmas en los últimos años. Parece que existe consenso a la hora de definir el proceso de la lesión deportiva como un proceso complejo, dinámico, multifactorial y contexto-dependiente (Windt J, Zumbo B, Sporer B, MacDonald, K y Gabbet TJ, 2017).

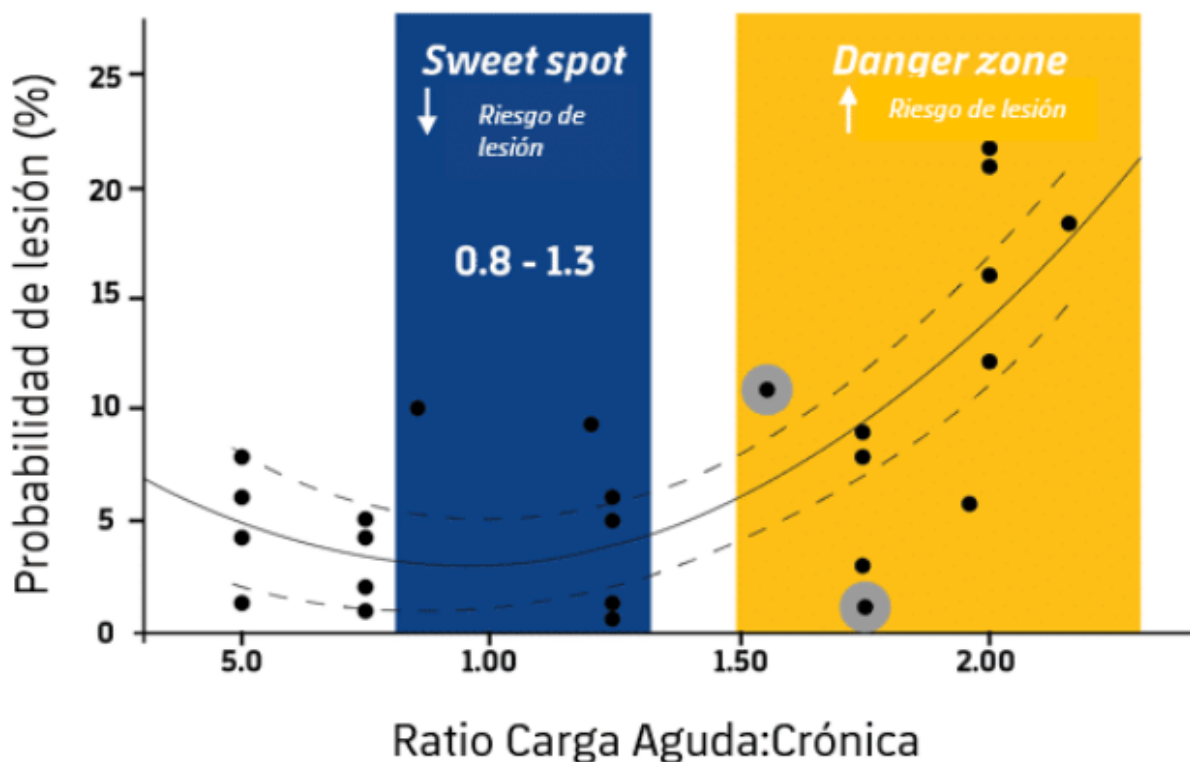
Actualmente podríamos indicar una serie de factores de riesgo intrínsecos que predisponen al deportista. Los más clásicos son la edad, el somatotipo o las lesiones previas. Además, existen una serie de factores de riesgo externos o extrínsecos al deportista que aumentan la susceptibilidad del mismo a padecer una lesión. Entre ellos podemos mencionar la utilización de protecciones, el estado del terreno de juego o las condiciones climatológicas. Por tanto es la presencia de los factores, internos y externos, la que determina el riesgo de lesión; aunque estos por sí mismos no son causa suficiente para que se produzca la lesión. Es la suma de dichos factores y su interacción la que predispone al deportista a sufrir una lesión en una situación determinada. Meeuwisse, Tyreman, Hagel, y Emery, (2007) describe el *inciting event* (acontecimiento desencadenante) como el último eslabón de la cadena para que se produzca la lesión. Este evento desencadenante es una acción que sobrepasa los límites de adaptación del organismo y provoca la lesión.

Los modelos de predicción de lesión multivariantes incrementan la precisión de la predicción ya que consideran las interacciones y los efectos moderadores entre diferentes factores de riesgo (Colby M.J, Dawson B, Peeling P, Heasman J, Rogalski B, Drew M, Stares J, Zouhal H y Lester L, 2017). Por tanto, un abordaje multidimensional es necesario en este sentido, pero ¿cuáles son las variables que pueden interaccionar y aumentar o disminuir la probabilidad de lesión de un deportista?

Un ejemplo muy claro podría observarse en la ya clásica representación de Gabbet acerca de las probabilidades de lesión en función del ratio de carga aguda:crónica. En la Figura 1 podemos observar en color amarillo los casos de dos deportistas diferentes. Ambos sujetos se encuentran con ratios de carga A:C superiores a 1.5, pero con diferente probabilidad de padecer una lesión. Podemos observar que el deportista A presenta un ratio ligeramente inferior al deportista B (el primero se encuentra situado más a la derecha que el segundo).

Respecto a la probabilidad de lesión (%) podemos observar cómo el deportista A, a pesar de presentar un ratio de carga A:C más bajo presenta en torno a 10 veces más de probabilidades que el deportista B de parecer una lesión. Parece por tanto que el deportista B presenta una serie de “características” que lo hacen menos propenso a padecer lesiones (en este caso concreto ante ratio de carga A:C elevados), pero ¿cuáles son esas características? ¿debemos contemplarlas por tanto a la hora de proponer cargas de entrenamiento a nuestros deportistas? En base a los resultados expuestos parece evidente que son aspectos que debemos contemplar a la hora de gestionar la carga de trabajo (entrenamiento y competición) en nuestros deportistas.

Figura 1: Ratio de carga aguda: crónica y probabilidad de lesión



Fuente: adaptado de Blanch y Gabbet (2016).

4.2 Moderadores de la carga de entrenamiento

La gestión inadecuada de cargas de entrenamiento es uno de los factores de riesgo que predispone a los deportistas a lesionarse. Sin embargo, “errores” en la gestión del entrenamiento aumentan la probabilidad de lesión en algún grupo de deportistas de mayor forma que en otro. Se han definido como moderadores a las características que permiten a los deportistas soportar/tolerar la carga de entrenamiento y minimizar los efectos lesivos de la misma (Windt et al., 2017).

Figura 2: Representación gráfica del papel de un moderador, como pudiera ser la resistencia cardiovascular, en la relación entre un pico de carga de entrenamiento y la probabilidad de lesión en un deportista



Fuente: Windt et al., 2017, p. 1

La resistencia cardiovascular de los deportistas se manifiesta como un modulador del resultado de la carga. En fútbol gaélico, un alto nivel de *fitness* cardiovascular protege contra picos de carga de entrenamiento y competición (Windt et al., 2017). Malone, Roe, Doran, Gabbett, y Collins (2017) dividieron a sus deportistas de fútbol gaélico en función del tiempo invertido en realizar 1 km, encontraron que los deportistas que presentaron un peor rendimiento (mayor tiempo en 1 km) presentaron mayor probabilidad de lesión (x1,5 - 2,5) en general. Además, en función de la carga de entrenamiento tuvieron mayor probabilidad de lesión ante:

- Cargas semanales superiores a 1750 UA (x4, 5).
- Cambios semanales de carga de entre 550-1000 UA (x4, 5).
- Ratio de carga aguda:crónica >1.50 en la carga (x5).

En este estudio cabe destacar que la carga fue monitorizada a través del método de sesión-PSE, sin disponer de información de otros indicadores de carga relacionados con los desplazamientos realizados por los deportistas.

Malone, Owen, Newton, Mendes, Collins y Gabbett (2017) encontraron como ante cargas moderadamente altas (>2450 UA, carga obtenida a través del método de sesión-PSE) los futbolistas profesionales con peor nivel de resistencia intermitente (con resultados inferiores a 1800 m en el *test* Yo-Yo de Recuperación Intermittente nivel 1) que presentan probabilidades de 4,5 veces superiores a los deportistas que obtienen una distancia recorrida en el *test* superior a 2560 m. Se observa cómo los deportistas con mejor rendimiento en esta prueba

presentan probabilidades significativamente inferiores al resto de grupos establecidos en función del rendimiento en la prueba. Además en este mismo trabajo se encuentra que los jugadores con un mayor nivel de *fitness* son capaces de tolerar los cambios de carga entre semana, con 4 veces menos probabilidad de lesión que los futbolistas con peor nivel de *fitness* (ante cambios semanales de entre 300 hasta 1000 UA) y ratios de carga aguda:crónica superiores a 1,25 con 5 veces menos probabilidades de lesión que sus compañeros con peor rendimiento en el *test* de resistencia intermitente completado.

En otro trabajo protagonizado por algunos de los mismos autores también parece que el nivel de resistencia pudiera tener un efecto protector. Malone, Owen, Mendes, Hughes, Collins y Gabbett (2017) utilizaron el test 30-15 para categorizar a los deportistas. Los resultados de este trabajo indican que los jugadores con peor nivel de resistencia intermitente presentaron el doble y el triple de probabilidades de padecer una lesión que los deportistas con un mejor rendimiento en la prueba 30-15 VIFT. A continuación se detallan algunas de los resultados obtenidos. Los jugadores con un nivel más bajo de resistencia intermitente (VIFT 14.0-15.5 km·h⁻¹) presentan mayor probabilidad de lesión ante:

- Cargas semanales de distancia recorrida a alta velocidad, superiores a 1025 m (x3).
- Cargas semanales de distancia recorrida a sprint superiores a 350 m (x5).
- Cambios semanales en la distancia recorrida a alta velocidad de entre 300-600 m (x3).
- Ratio de carga aguda:crónica >1.25 en la distancia recorrida a alta velocidad (x4).
- Ratio de carga aguda:crónica >1.35 en la distancia recorrida a sprint (x4).

Los valores asociados a la x hacen referencia al aumento de probabilidades respecto a deportistas con mejor nivel de resistencia (grupo con una VIFT de entre 20.0 y 22.5 km·h⁻¹), de forma que, por ejemplo, la probabilidad de lesión es 5 veces mayor cuando la distancia recorrida a *sprint* semanal excede los 350 m en el grupo con bajo nivel de resistencia intermitente respecto al grupo de nivel alto en esta capacidad.

En este sentido tener en cuenta el nivel de *fitness* de nuestros deportistas en la gestión de la carga de entrenamiento parece interesante. Así, cuando se evalúe esta capacidad y se detecten deportistas con bajo nivel de *fitness*, los umbrales de carga permitida para estos debieran ser reducidos, al tiempo que se intenta solventar dicha limitación. Esto suele ser lo contrario a lo que habitualmente se realiza en el mundo del fútbol, donde la carga soportada o experimentada por los jugadores con peor nivel de *fitness* suele ser la más elevada de todo el equipo ya que añadimos trabajo extra para solventar dicha limitación al entrenamiento colectivo. Estos niveles de carga aplicados a jugadores de bajo nivel de *fitness* pudieran aumentar las probabilidades de padecer una lesión.

Por el contrario, deportistas “robustos” ante la lesión, con alto nivel de *fitness* y sin lesiones previas, permitirían la aplicación de mayores cargas de entrenamiento si perseguimos determinados objetivos de rendimiento, ya que los moduladores presenten permitirán que esta carga no aumente las probabilidades de lesión del deportista. Ratios de carga aguda:crónica de 1.7 pudieran resultar “seguros” en estos deportistas, mientras que aumentarían las probabilidades de lesión ya que nos encontraríamos fuera de la zona segura, en deportistas con un amplio historial de lesiones previas y/o bajo nivel de *fitness*.

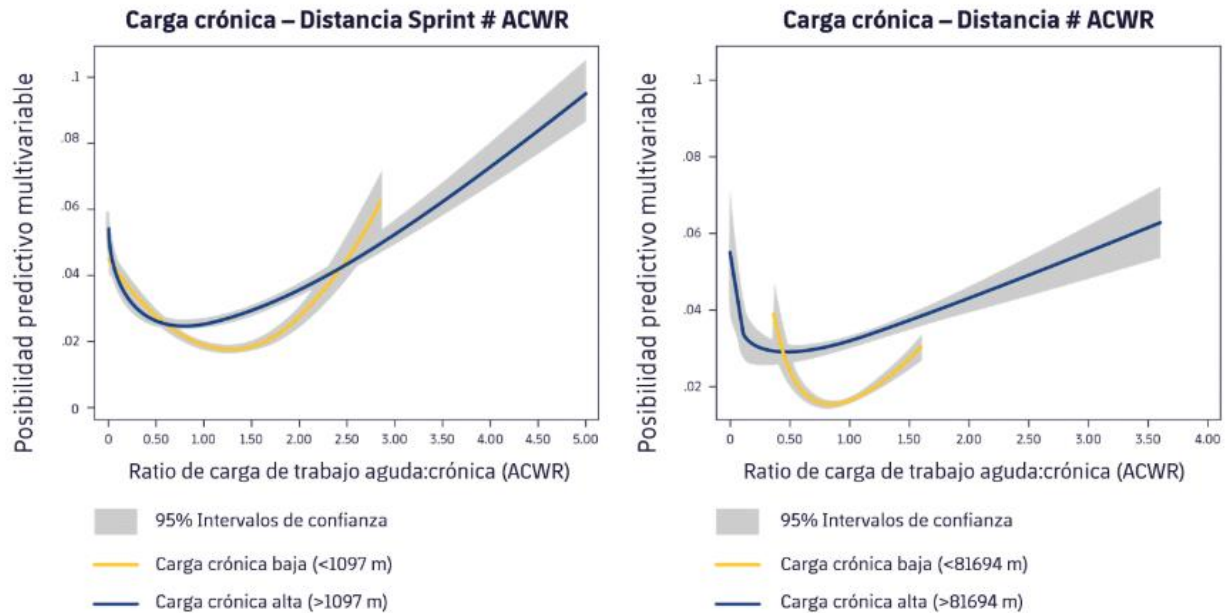
Otro moderador del efecto de carga es el nivel de carga crónica del deportista. Parece que acostumbrar al deportista a altos niveles de carga aumenta su robustez. En este sentido, Malone, Owen, Mendes, Hughes, Collins y Gabbett (2017) encuentran que los deportistas con nivel de carga crónica bajo (<2584 UA) presentan respecto a niveles más bajos de carga mayores probabilidades de lesión ante:

- Cargas semanales de distancia recorrida a alta velocidad superiores a 705 m (x5).
- Cargas semanales de distancia recorrida a sprint superior a 350 m (x3).

Sin embargo, ante estas mismas situaciones, los jugadores que presentan un nivel de carga crónica elevado no incrementan de manera significativa sus probabilidades de lesión. Cabe destacar que incluso presentan cierto efecto protector cuando la carga es moderadamente alta.

Por esta misma línea pero esta vez en fútbol australiano (Colby et al., 2017) se encuentra cómo una carga crónica elevada de distancia total recorrida permite al deportista tolerar ratios de carga aguda:crónica más elevados con menor nivel de riesgo. Así, cuando la carga crónica de distancia recorrida fue superior a 81.0 km, la probabilidad de lesión ante ratios de carga aguda:crónica de >1.21 fue de x1.36. Se alcanzaron valores de x2.6 (y con diferencias estadísticamente significativas) cuando el ratio alcanzó el mismo valor (>1.21) pero con cargas crónicas reducidas (<86.0 km). Un efecto similar cuando la variable analizada es la distancia recorrida a *sprint*. Cuando los sujetos presentan un valor elevado en el mes previo (distancia a *sprint* >1097 m) en *sprint*, la probabilidad de lesión alcanza valores de x0.91 ante ratios de carga aguda:crónica superiores a 1.40 (siempre en distancia a *sprint*) y alcanzan valores de x1.6 cuando la carga crónica es baja (distancia a *sprint* <1097 m). Por tanto parece, que una carga crónica elevada permite a los deportistas tolerar ratios de carga aguda:crónica más elevados sin aumentar en exceso la probabilidad de lesión y, en algunos casos, hasta reduce la probabilidad de lesión, como sucede en este caso con la variable de *sprint*.

Figura 3: Modelo predictivo multivariable en el que se muestra la probabilidad de lesión en la semana siguiente en función del ratio de carga aguda: crónica para la variable (izquierda) de distancia recorrida y (derecha) distancia total recorrida en función de la carga crónica del deportista (sumatorio de 4 semanas)



Fuente: Colby et al., 2017, p. 20.

Otro moderador descrito en la literatura hace referencia a los años de experiencia en la competición. Los deportistas fueron agrupados en función del número de años en equipos *senior* de *élite*. Los resultados encontrados por Malone, Roe, Doran, Gabbett, y Collins (2017) en fútbol gaélico indican que los deportistas con más años de experiencia son más robustos ante la lesión y aumenta la probabilidad de lesión en deportistas con baja experiencia (1 años) ante:

- Cargas semanales superiores a 1750 UA (x3).
- Cambios semanales de carga de entre 550-1000 UA (x2).
- Ratio de carga aguda:crónica >1.50 en la carga (x2).

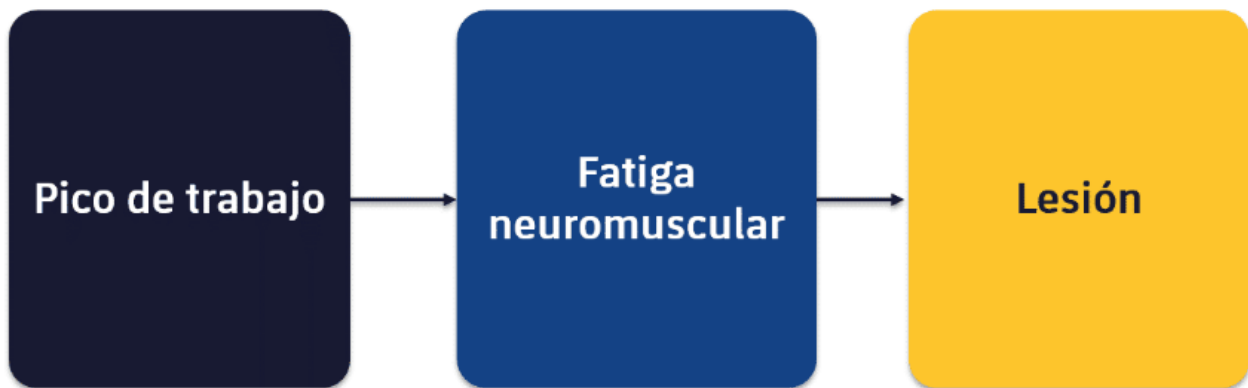
En este sentido, los resultados indican que el grupo de deportistas que tienen una experiencia acumulada de entre 2-3 años y 4-6 años son más robustos que los deportistas que acumulan más de 7 temporadas de experiencia en el deporte *senior*. Parece por tanto, que la probabilidad de lesión en este sentido presenta una forma de U, con mayores probabilidades de lesión en deportistas *nóveles* o con una larga experiencia.

Por último, un moderador de la probabilidad de lesión pudiera ser la velocidad máxima del deportista. Aunque hasta la fecha únicamente existe un trabajo que ha abordado dicho fenómeno (Murray N, Gabbett T y Townshend A 2017), parece que los deportistas rápidos son más sensibles a los aumentos en el ratio de carga aguda:crónica (>2.0), independientemente de si se utilizan rangos de velocidad absolutos o relativos a la hora de configurar los rangos de velocidad. Sin embargo, un aumento en el ratio de carga aguda:crónica (>2.0) en el grupo de deportistas lentos no aumenta la probabilidad de lesión de los deportistas. A pesar de que se requieren más estudios para confirmar dicho aspecto, parece que los deportistas lentos pudieran ser más robustos ante estos cambios en el ratio de carga aguda:crónica y pudieran soportar estos “picos” en la gestión de cargas con menor probabilidad de lesión.

4.3 Mediadores de la carga de entrenamiento

Por otro lado, existen aspectos intermedios entre la carga y el resultado que pueden provocar un aumento en las probabilidades de lesión. A estas características se las ha definido como mediadores y provocan que el deportista sea más susceptible a la lesión (Windt et al., 2017). La fatiga neuromuscular puede ser un mediador que aumenta la probabilidad de lesión en el deportista.

Figura 4: Representación gráfica del papel de un mediador (como la fatiga neuromuscular) en el desencadenamiento de una lesión deportista a partir de un pico de carga de entrenamiento



Fuente: Windt et al., 2017, p. 1.

Referencias

Colby, M.J., Dawson, B., Peeling, P., Heasman, J., Rogalski, B., Drew, M.K., Stares, J., Zouhal, H., y Lester, L. (2017). Multivariate modelling of subjective and objective monitoring data improve the detection of non-contact injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. May 25. Vol. 20 N°12 [pp 1068–1074]: pii: S1440-2440(17)30436-X. doi: 10.1016/j.jsams.2017.05.010. [Epub ahead of print]

Gabbett, T.J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*. Marzo. Vol. 50 N° 5 [pp. 273-280]. doi: 10.1136/bjsports-2015-095788. Epub 2016 Jan 12.

Malone, S., Owen, A., Mendes, B., Hughes, B., Collins, K., & y Gabbett, T.J. (2017). High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? *Journal of Science and Medicine in Sport*. Mayo. Vol. 25 N°3 [pp. 257-262] pii: S1440-2440(17)30442-5. doi: 10.1016/j.jsams.2017.05.016. [Epub ahead of print]

Malone, S., Owen, A., Newton, M., Mendes, B., Collins, K.D., & y Gabbett, T.J. (2017). *The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer*. *J Sci Med Sport*. Vol. 20. N° 6 [pp.561-565]. doi: 10.1016/j.jsams.2016.10.014. Epub 2016 Nov 9.

Malone, S., Roe, M., Doran, D.A., Gabbett, T.J., & y Collins, K.D. (2017). Protection Against Spikes in Workload With Aerobic Fitness and Playing Experience: The Role of the Acute:Chronic Workload Ratio on Injury Risk in Elite Gaelic Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 12. N°3 [pp. 393-401]. doi: 10.1123/ijsp.2016-0090. Epub 2016 Aug 24.

Meeuwisse, W.H., Tyreman, H., Hagel, B., & Emery, C. (2007). A dynamic model of etiology in sport injury: the recursive nature of risk and causation. *Clinical Journal of Sport Medicine*. Mayo. Vol. 17 N° 3 [pp.215-219].

Murray, N.B., Gabbett, T.J., & Townshend, A.D. (2017). The Use of Relative Speed Zones in Australian Football: Are We Really Measuring What We Think We Are? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Septiembre. Vol. 13 N°4 [pp. 1-25]. doi: 10.1123/ijsp.2017-0148. [Epub ahead of print]

Windt, J., Zumbo, B.D., Sporer, B., MacDonald, K., & Gabbett, T.J. (2017). Why do workload spikes cause injuries, and which athletes are at higher risk? Mediators and moderators in

workload-injury investigations. *British Journal of Sports Medicine*. Julio. Vol. 51 N° 13 [pp. 993-994]. doi: 10.1136/bjsports-2016-097255. Epub 2017 Mar 8.

