

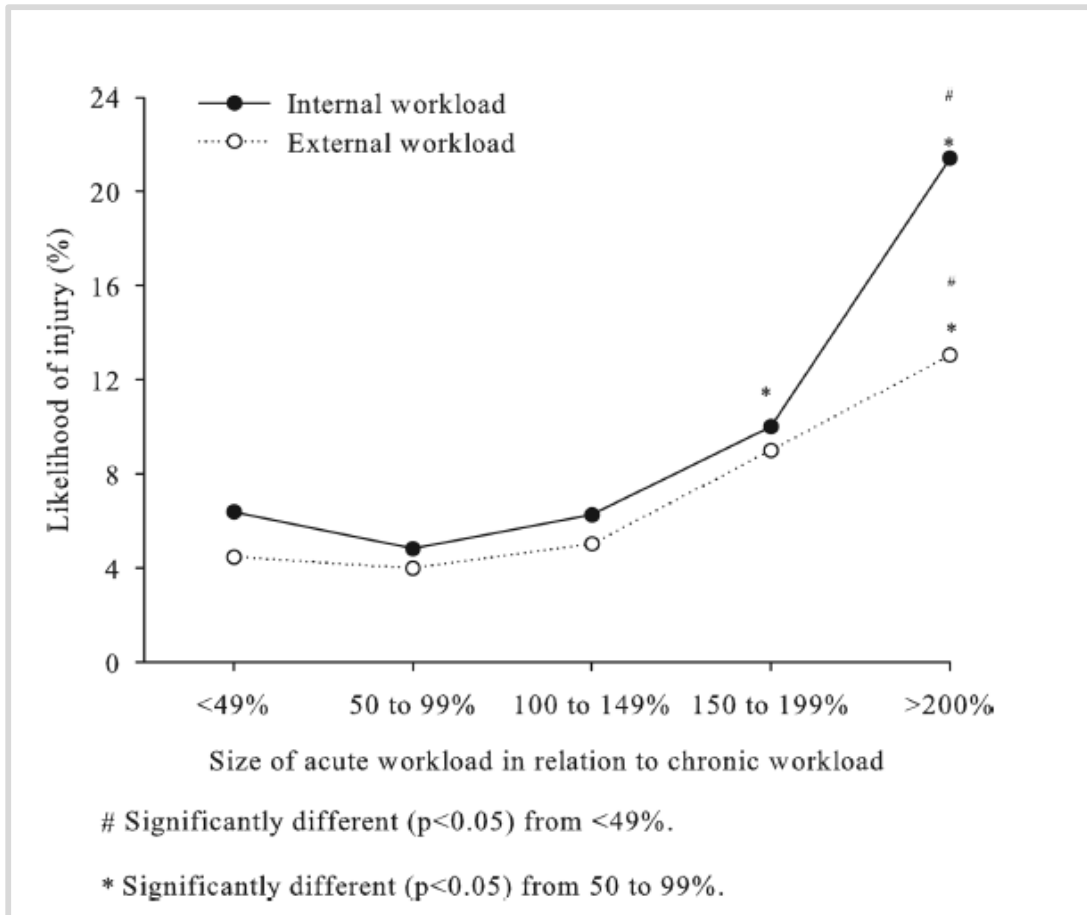
Módulo 3. Ratio de carga aguda:crónica: aplicaciones y limitaciones

3.1 El ratio de carga aguda:crónica y el riesgo lesional

3.1.1 Estudios realizados en otros deportes diferentes al fútbol

Numerosas investigaciones en el ámbito de los deportes de equipo han investigado la influencia de la carga de entrenamiento sobre la incidencia lesional y el rendimiento físico-deportivo (Bowen, Gross, Gimpel, & Li, 2017; Caparrós, Casals, Peña, Alentorn-Geli, Samuelson, Solana, Scholler y Gabbett, 2017; Hulin, Gabbett, Blanch, Chpman, Bailey y Orchard, 2014; Hulin, Gabbett, Lawson, Caputi, y Sampson, 2016; Malone, Owen, Newton, Mendez, Collins y Gabbett, 2017). El primer estudio que se encargó de analizar la relación entre la carga de trabajo aguda (1 semana) y crónica (promedio de 4 semanas) y el riesgo de lesión, fue llevado a cabo por Hulin et al. (2014) en el críquet de élite. Los investigadores registraron el número total de bolas lanzadas por semana, tanto en entrenamientos como en competiciones para estimar la carga de trabajo externa. A su vez, se cuantificaron la carga interna de los jugadores utilizando la percepción subjetiva del esfuerzo multiplicada por la duración en minutos de la actividad desarrollada por el deportista. Los autores observaron que cuando la carga de trabajo aguda fue similar o inferior a la carga de trabajo crónica (ratio \leftarrow 0.99), la probabilidad de lesión asociada a los siguientes 7 días fue de un 4%. Sin embargo, cuando la carga aguda fue al menos 1.5 veces mayor que la carga crónica (ratio \rightarrow 1.5) el riesgo de lesión durante la semana siguiente aumentaba entre 2 y 4 veces. A partir de los resultados, los autores indican que el aumento de las cargas de trabajo crónicas debe realizarse de forma sistemática, siguiendo una secuencia de progresión adecuada a los valores indicados, con el objetivo de reducir la probabilidad de lesión.

Figura 1: Probabilidad de lesión (%) en jugadores de cricket en la semana siguiente en función de la carga de la semana respecto al promedio de las 4 semanas anteriores



Fuente: Hulin et al., 2014, p. 4.





En esta misma línea, Hulin et al. (2016) utilizaron un diseño metodológico similar al descrito en el anterior estudio pero con jugadores de rugby de categoría élite, que fueron analizados durante dos temporadas de liga. En este caso, aplicado en jugadores de rugby tomaron la distancia total recorrida o DT para hacer el cociente entre la carga aguda (DT en semana 'actual') y la carga crónica (DT media en las 4 últimas semanas) tanto en sesiones de entrenamiento como en partidos. Los resultados indicaron que una relación de carga de trabajo A:C muy alta (ratio \rightarrow 2.11) implicaba mayor riesgo de lesión durante la semana correspondiente al valor de carga aguda (16.7%) y durante la semana posterior a esta (11.8%). Un hallazgo novedoso de este estudio fue que cargas altas correspondientes de los microciclos a partir de los que se establece la carga crónica (20.117–24.503 m) combinadas con ratios moderados (1.03–1.37) y moderados-altos (1.38–1.74) mostraron un menor riesgo de lesión que cargas bajas crónicas (6.956–11.343 m) combinadas con diferentes ratios de carga A:C. Además, los resultados revelaron que un valor alto de carga crónica protege contra las lesiones siempre que el resultado de carga aguda sea similar. No obstante, los autores

señalan que el ratio de carga de trabajo A:C predice con mayor consistencia el riesgo de lesión que la relación de carga aguda o crónica de forma aislada.

En resumen:

- Se encontraron ratios altos de carga A:C asociados a riesgos de lesión más elevados.
- Las cargas crónicas altas combinadas con ratios moderados parecen tener cierto efecto protector contra el riesgo de lesión, lo cual podría confirmar la idea de que 'estar en forma' reduce el riesgo de lesión, mientras que la falta de forma y sobre-entrenamiento (a ambos lados de la campana de Gaus) aumentan estas probabilidades.

Figura 2: Representación gráfica de las probabilidades de lesión en función del nivel de carga aguda en interacción con el nivel de carga crónica

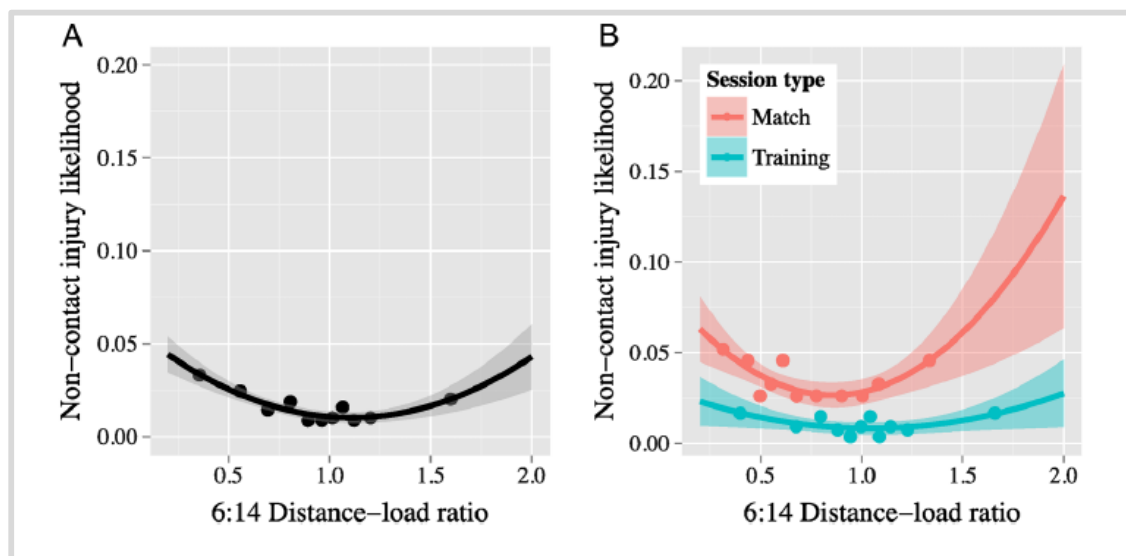
		Carga crónica	
		Alta	Baja
Carga aguda	Alta		
	Baja		

Fuente: elaboración propia.

Si observa como la situación de mayor riesgo lesional se presenta ante un nivel de carga aguda elevada asociado a un nivel de carga crónica reducido; mientras que la situación opuesta (carga aguda reducida con alta carga crónica) es la que presenta una menor probabilidad de lesión.

Como ya comentamos, el ratio de carga A:C puede establecerse para diferentes duraciones temporales de carga aguda, de carga crónica, y para cada variable (de carga externa o interna). En este sentido, Carey, Blanch, Ong, Crossley, Crow, Morris (2017) estudiaron en jugadores de fútbol australiano cuál era la variable y duración de carga aguda y crónica que mejor se relaciona con la probabilidad de lesión, utilizando como carga aguda desde 2 hasta 9 días, y de carga crónica 14, 18, 21, 24, 28, 32, 35 días, lo que produjo 56 combinaciones diferentes de carga A:C. Además, para el cálculo se eligieron 6 variables dependientes diferentes, lo que produjo un total de 336 ratios de carga A:C estudiados. Cuando las lesiones de entrenamientos y partidos se incluyeron en el modelo de forma conjunta, la variable *distance-load*, con una relación temporal en el ratio de carga A:C de 6:14 resultó ser la que mejor explica la variación en la probabilidad de lesión. Sin embargo, como la probabilidad de lesión es significativamente mayor en partidos, los autores justifican la necesidad de estudiar los modelos que mejor predicen las lesiones en partidos y entrenamientos de forma independiente.

Figura 3: Relación (con el 95% del intervalo de confianza) entre el ratio de carga aguda y crónica para la variable de *distance load* utilizando 6 días como carga aguda y 14 días como carga crónica con la probabilidad de lesión sin contacto



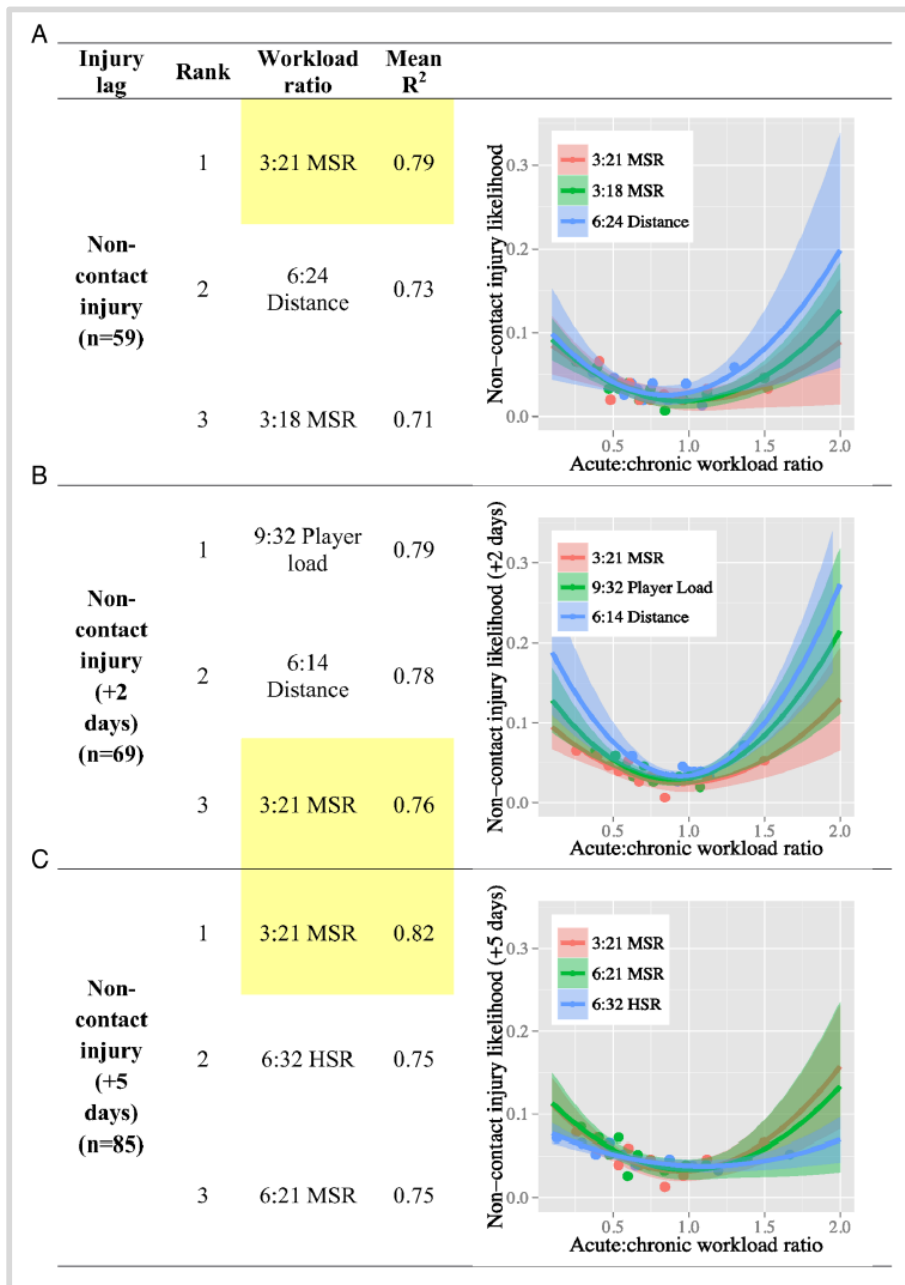
Fuente: Carey et al., 2017, p. 4.

Sobre la figura anterior, la figura A hace referencia a los partidos y sesiones de entrenamiento de forma combinada ($R^2 = 0.91$) y la figura B con partidos ($R^2 = 0.54$) y entrenamientos de forma separada ($R^2 = 0.53$).

El ratio de carga A:C de 3:21 días en la variable de distancia recorrida a moderada velocidad (18.0-24.0 km/h) es el mejor predictor del riesgo de lesión en partido, independientemente

de la ventana temporal de la lesión elegida. La forma del ratio de carga A:C es similar al descrito por investigaciones previas, con menores probabilidades de lesión con el ratio de carga A:C cercano a la unidad, y aumenta las probabilidades tanto cuando el ratio es menor como mayor.

Figura 4: Perfiles de probabilidad de lesión (con el 95% de intervalo de confianza) de las tres combinaciones de parámetros que explican: A= lesiones en partido; B = lesiones en partido y en los dos días siguientes y C =lesiones en partido y en los 5 días posteriores.



Fuente: Carey et al., 2016, p. 4.

Nota: HSR significa distancia recorrida a alta velocidad (>24.0 km/h); MSR significa distancia recorrida a moderada velocidad (18.0-24.0 km/h).

Por tanto en este trabajo, es el ratio de carga A:C de 3 y 21 días en la variable de distancia recorrida a moderada velocidad (18.0-24.0 km/h) el que mejor predice las probabilidades de lesión de no contacto en fútbol australiano. Parece que estos modelos deben ser adaptados al contexto, incluyendo por supuesto el deporte, como también estructura y calendario de competiciones (Carey et al., 2016), pero quizás también forma de jugar y/o entrenar, e incluso deportistas.

Colby, Dawson, Peeling, Heasman, Rogalski, Drew, Stares, Zouhal y Lester (2017) en jugadores de fútbol australiano han encontrado cómo el ratio de carga A:C influye en la probabilidad de lesión. Si atendemos a la variable de distancia recorrida a *sprint*, ratios de carga A:C de <0.7 y de >1.4 aumentan la probabilidad de lesión significativamente x1.8 y x1.9 respectivamente, respecto a ratios de entre 0.93-1.13.

Recientemente, en baloncesto de la NBA, Caparrós et.al. (2017) investigaron durante 3 temporadas los posibles factores de riesgo de lesión en 26 jugadores profesionales. Las variables registradas fueron los minutos jugados, la carga e intensidad fisiológica, la carga e intensidad mecánica, la distancia total, la velocidad en distintos rangos, las aceleraciones y desaceleraciones, el índice de eficiencia y el porcentaje de uso. Los autores analizaron la influencia de las características demográficas, los datos de seguimiento y los factores de rendimiento sobre el riesgo de lesión. El principal hallazgo de este estudio fue que un menor número de aceleraciones, menor distancia recorrida y una velocidad defensiva media más baja, se asociaron significativamente con la lesión durante los partidos de baloncesto profesional. Los niveles óptimos de entrenamiento podrían tener un efecto protector sobre el deportista y junto con la gestión adecuada de las cargas, podrían ser factores relevantes para reducir la probabilidad de lesión según los perfiles individuales. Sin embargo, se necesitan más estudios para confirmar estos hallazgos, con el objetivo de implementar programas de prevención adecuados para disminuir el número de lesiones en el baloncesto profesional y otros deportes.

3.1.2 Estudios realizados en fútbol

En el contexto del fútbol, un estudio reciente (Ehrmann, Duncan, Sindhusake, Franzsen, Greene 2016) analizaron la relación entre diferentes variables físicas registradas durante las sesiones de entrenamiento y los partidos, con las lesiones ocurridas en los jugadores de categoría profesional (n = 19). La carga externa asociada a la práctica de estos jugadores se controló a través de dispositivos GPS y se obtuvo la distancia total (m), la distancia a alta

velocidad (14.3-19.7 km·h⁻¹, m), la distancia a *sprint* (>19.7 km·h⁻¹, m), la carga neuromuscular (aceleraciones y desaceleraciones, UA) y la distancia relativa (m·min⁻¹). Todas estas variables se promediaron en bloques de 1 y 4 semanas, observándose que son los incrementos de la carga de entrenamiento, pero no necesariamente los ciclos de alta carga, los que aumentan el riesgo de lesión en los futbolistas. Además, los autores observaron que, entre todos los valores registrados, las variables distancia relativa y carga neuromuscular fueron las que presentaron un mayor valor predictivo de lesiones.

Por su parte, Bowen et al. (2017) estudiaron durante 2 temporadas, la relación entre la carga de trabajo físico y el riesgo de lesión en 32 futbolistas juveniles de élite. Las variables registradas fueron la distancia total recorrida (m), la distancia a alta velocidad (> 20 km·h⁻¹, m), el número de aceleraciones y la carga neuromuscular (aceleraciones y desaceleraciones, UA). Los resultados mostraron que acumular gran número de aceleraciones (→ 9254) durante 3 microciclos consecutivos, se asociaba a un alto riesgo de lesión. Además, cuando se analizaron las lesiones sin contacto, se observó un aumento cuando en la variable alta velocidad se relacionaba carga aguda alta con carga crónica baja. Por otra parte, las lesiones con contacto aumentaron con ratios de carga A:C muy altos relativos a distancia total recorrida y número de aceleraciones. Los autores concluyeron que tanto las altas cargas agudas como las crónicas aumentan el riesgo de lesión, siempre que no ocurra un aumento progresivo de estos valores. El aumento controlado de la carga aguda y crónica permite cimentar en el jugador una tolerancia física frente a cargas agudas altas e incrementa la resiliencia al riesgo de lesión.

Malone et al. (2017) examinaron la relación entre la carga de trabajo, cuantificada mediante la RPE x min de práctica, y la condición física calculada por medio del test de resistencia intermitente (YYIR1) y el riesgo de lesión en el fútbol profesional de élite. Los resultados establecieron una relación lineal positiva entre la carga propia del microciclo, sus modificaciones semanales y el riesgo de lesión asociado. Los jugadores que obtuvieron durante la temporada ratios de carga de trabajo A:C entre 1 y 1.25 tuvieron menos riesgo de lesión. Además, los futbolistas con mejor resultado en el test YYIR1 toleraban mejor las modificaciones de la carga de cada microciclo.

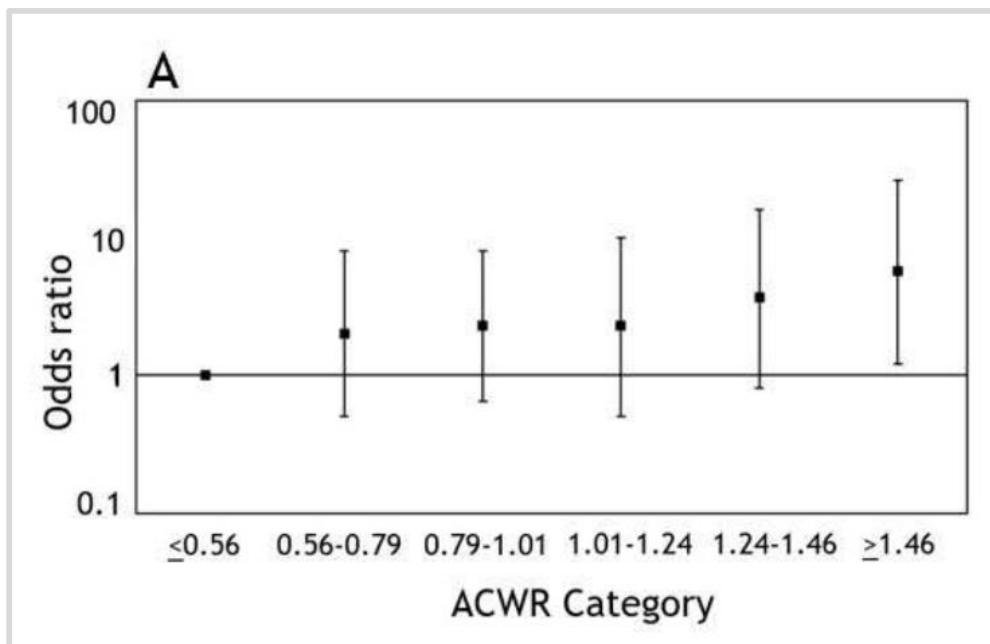
Tabla 1: Riesgo lesional en función del momento de la temporada (pretemporada y temporada competitiva) para diferentes ratios de carga aguda:crónica en futbolistas profesionales. Los datos son presentados como OR (95% CI).

Componente de la carga de entrenamiento		Pretemporada (Jul-Ago)	En temporada (Sep-May)
Carga acumulativa (Sum)		OR EXP B (95% CI)	OR EXP B (95% CI)
	Ratio de carga aguda:crónica		
	← 0.85 (Referencia)	1.00	1.00
	Entre 0.85 AU to ← 1.00 AU	0.95 (0.98 – 3.95)	1.05 (0.98 – 3.95)
	Entre → 1.00 AU to ← 1.25 AU	0.68 (0.08 – 1.66)	0.28 (0.08 – 1.26)
	→ 1.50 AU	2.33 (1.69 – 4.75)	3.03 (1.69 – 3.75)

Fuente: Malone et al., 2017, p. 4.

Øyen (2017) utilizó el ratio de carga A:C, calculado a través de los minutos de entrenamiento reportados por los deportistas. A pesar de que el estudio en cuestión presenta una serie de limitaciones importantes, encuentra una relación entre el acto:chronic workload ratios (ACWR) y la aparición de lesiones nuevas en la cadera en la semana registrada.

Figura 5: Probabilidad de lesión en cadera ante diferentes ratios de carga aguda: crónica



Fuente: Øyen, 2017, p. 61.

Así en el gráfico podemos observar cómo las probabilidades de que aparezca una dolencia nueva en cadera incrementan con el aumento del ratio de carga aguda:crónica. Para definir dolencia en cadera no se utilizó el criterio de que necesariamente debiera existir tiempo de baja, sino que fueron registradas las dolencias que no impedían completar el entrenamiento y/o partido. De forma concreta, las probabilidades son 5.69 veces mayor con un ratio de >1.46 respecto a cuándo el ratio es muy bajo (<0.56), 2.83 veces mayor que cuando el ratio es bajo (0.56-0.79), 2.49 veces mayor respecto a un ratio moderadamente bajo (0.79-1.01), 2.46 veces mayor que un ratio moderadamente alto (1.01-1.24) y 1.53 veces mayor que un ratio alto (1.24-1.46).

Sin embargo, la asociación entre ratio de carga A:C y dolencia substancial nueva en cadera no presentaron asociación. En este sentido cabe destacar que era necesario que existiese una moderada o severa reducción en el volumen de entrenamiento o rendimiento competitivo, o una total incapacidad para participar para que la dolencia se categorizase como substancial (Clarsen, Myklebust & Bahr, 2013).

Malone et al. (2017) calcularon el ratio de carga aguda:crónica utilizando 3 y 21 días como ventanas temporales para la distancia recorrida a alta velocidad (>14.4 km/h) y la distancia recorrida a *sprint* (> km/h).

Tabla 2: Probabilidad de lesión ante diferentes ratios de carga aguda:crónica de las variables de distancia recorrida a alta velocidad y distancia recorrida a sprint

Cálculo de carga externa	En temporada	90% intervalo de confianza de <i>p</i> -Valor		
		Inferior	Superior	
	Riesgo de probabilidades (OR) de lesiones de miembros inferiores			
Ratio de carga de trabajo aguda:crónica en distancia recorrida a alta velocidad				
← 0.85	1.00			
Entre 0.86 to 1.00	1.20	1.10	2.03	0.021
Entre 1.00 to 1.25	2.27	2.13	3.04	0.001
→ 1.25	3.02	2.53	4.98	0.001
Ratio de carga de trabajo aguda:crónica en distancia recorrida a sprint				
← 0.70	1.00			
Entre 0.71 to 0.85	0.85	0.33	0.95	0.035

Entre 0.86 to 1.35	1.15	1.11	2.14	0.012
→ 1.35	5.00	3.01	7.38	0.021

Fuente: Malone et al., 2017, p. 3.

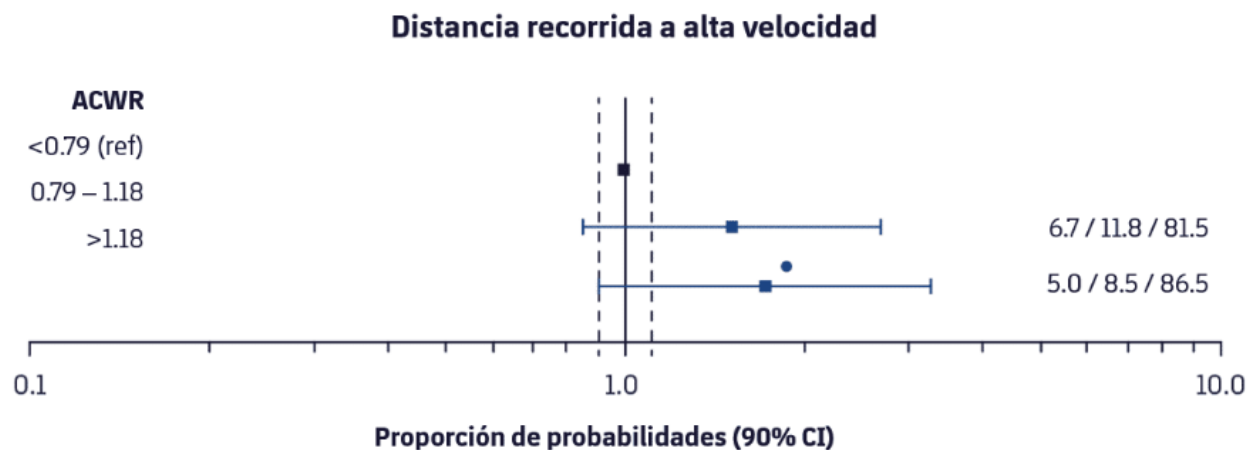
Como se puede observar, la probabilidad de lesión es de 3 y de 5 veces cuando el ratio de carga A:C es mayor de 1.25 en la distancia recorrida a alta velocidad y de 1.35 en la distancia recorrida a *sprint*.

En futbolistas profesionales (Jaspers, Kuyvenhoven, Staes Frencken, Helsen y Brink, 2017) encuentran que los ratios de carga A:C moderados presentan efectos protectores respecto a los niveles de carga más bajos en las variables de:

- Número de aceleraciones realizadas (ratio de carga 0.87–1.12, OR: 0.49, 90% CI: 0.24–1.02).
- Número de deceleraciones realizadas (ratio de carga 0.86–1.12, OR: 0.38, 90% CI: 0.20–0.72).
- Carga interna (RPE*duración; ratio de carga 0.85–1.12, OR: 0.39, 90% CI: 0.23–0.65).

Por otro lado, ratios de carga A:C en la distancia recorrida a alta velocidad muestran un aumento en la probabilidad de lesión (ratio de carga A:C >1.18, OR: 1.71, 90% CI: 0.90–3.26).

Figura 6: Probabilidad de que existan un aumento sustancial en las probabilidades de lesión ante diferentes ratios de carga aguda: crónica en la variable de distancia recorrida a alta velocidad



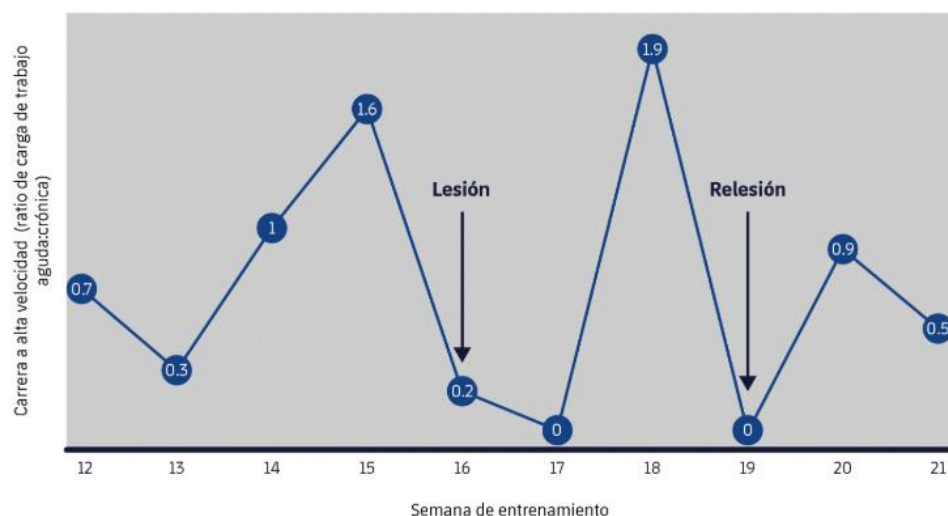
Fuente: Jaspers et al., 2017, p. 3.

3.2 La utilización del ratio de carga aguda:crónica en el proceso de rehabilitación-readaptación

Como ya mencionamos, un elevado ratio de carga A:C es un factor de riesgo lesional, especialmente si se asocia a bajos niveles de carga crónica. Además, este indicador presenta una elevada importancia también en el proceso de rehabilitación/readaptación de los deportistas. Así, parece que es un indicador que guía el proceso de readaptación/rehabilitación y especialmente la decisión de *return to play* si queremos realizarlo de forma progresiva y segura.

Como puede observarse en la Figura 7, es frecuente que la lesión aparezca después de un ratio de carga A:C elevado, en este caso utilizándose la variable de distancia recorrida a alta velocidad. El deportista durante la semana 15 experimenta un nivel de carga un 60% superior al nivel medio de carga del mes previo aumentando las probabilidades de lesión como ya se ha detallado. Sin embargo, este indicador es muy interesante utilizarlo también en el proceso de rehabilitación/readaptación, puesto que las lesiones provocan un descenso de actividad, y por tanto de la carga crónica. Si una vez que el deportista recupera la funcionalidad no se contempla este parámetro y él realiza la actividad semanal habitual (carga aguda), el ratio de carga A:C será elevado producto del descenso de actividad que supone el periodo de lesión. Es decir, exponemos al deportista a una cantidad de trabajo para la que no está preparado, o por lo menos, no está acostumbrado a tolerar.

Figura 7: Ratio de carga aguda: crónica en la variable de distancia recorrida a alta velocidad durante un periodo de tiempo en el cual el deportista sufre dos lesiones. Se observa como el ratio de carga aguda: crónica las semanas previas a la lesión es elevado (1.6 y 1.9)



Fuente: Blanch & Gabbett, 2016, p. 2.

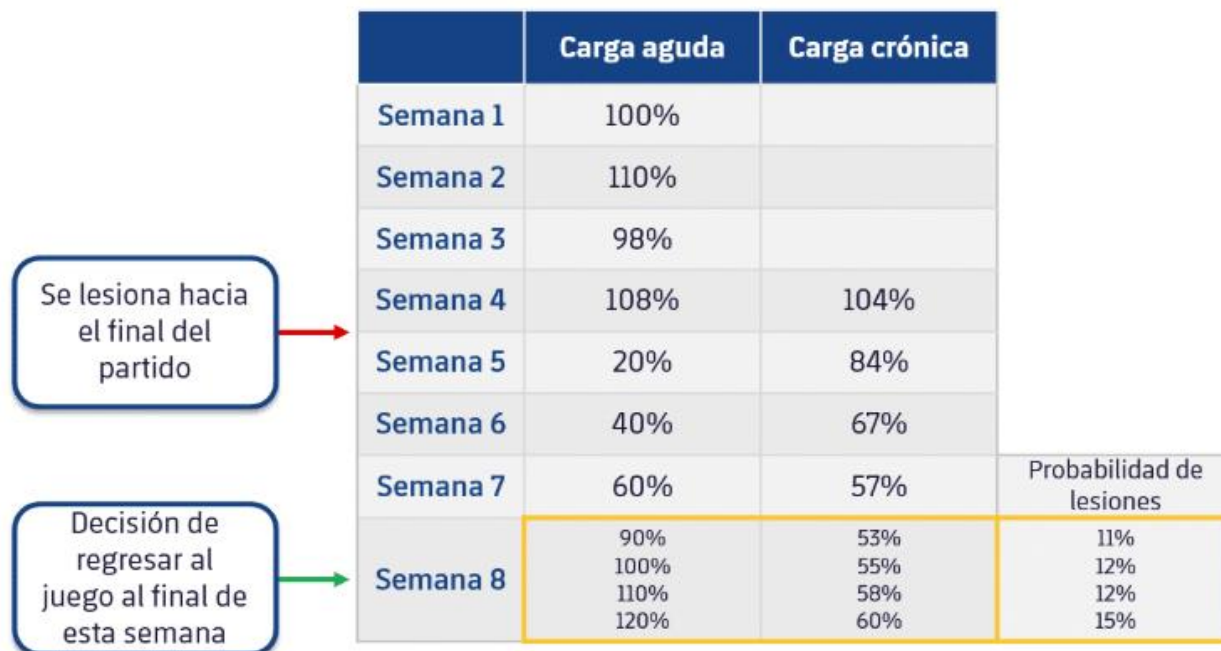
En la Figura 8 aparece un ejemplo típico de gestión de carga durante una lesión. El deportista sano durante las 4 primeras semanas acumula una carga semanal de 104% de su carga habitual (ligeramente por encima de su media). A final de esa semana 4 el deportista sufre una lesión, lo que provoca un descenso en la actividad durante las semanas siguientes. Así, la semana inmediatamente posterior a la lesión el deportista acumula únicamente el 20 % de su carga habitual (la semana con menos carga), mientras que a medida que avanzan las semanas post-lesión el porcentaje de carga que asume el deportista se incrementa. Al mismo tiempo, su carga crónica se reduce. Debemos recordar que la carga crónica hace referencia al valor promedio de las 4 semanas anteriores, y puesto que el deportista presenta una carga aguda reducida en el periodo después de la lesión, esto descende el valor de la carga crónica. En la semana 8 se procede a realizar la vuelta a la competición, y a la hora de considerar el valor de carga de esa semana debemos de tener presente que:

- Un mayor nivel de carga aguda en esa semana podría provocar un mayor estado de fatiga en el deportista.
- Un mayor nivel de carga aguda en esa semana aumenta el nivel de carga crónica del deportista, puesto que esa semana 8 se considera en el análisis de la carga crónica (promedio de la semana 5, 6, 7 y 8).
- Sin embargo, el aumento en la carga semanal modifica más el valor de carga aguda que el valor de carga crónica, por lo que un aumento en el valor de carga aguda aumenta el ratio de carga aguda:crónica.
- Un aumento en el ratio de carga aguda:crónica por encima de la “zona dulce” puede aumentar las probabilidades de lesión.

Así, en el ejemplo de la Figura 8 podemos observar que, si el deportista en la semana 8 presenta un nivel de carga de 120%, su carga crónica alcanza un valor del 60%, por lo que el ratio de carga aguda: crónica sería de 2.0, y las probabilidades de lesión del 15%. Sin embargo, si esa semana 8 el jugador asume únicamente un 90% de carga aguda, la carga crónica será de 53%, lo que produce un ratio de carga aguda:crónica 1.69, con un 12% de probabilidades de lesión. Como puede observarse, en el ejemplo propuesto los ratios de carga aguda:crónica son muy elevados y aumentan las probabilidades de lesión del deportista. En este sentido los técnicos deberían asegurar un alto nivel de carga crónica, y para ello es necesario acumular semanas de altos valores de carga aguda, antes de exponer al deportista a altos niveles de carga aguda y/o a la vuelta a la competición. Si en el ejemplo propuesto en la semana 8 el deportista realiza un 70% de carga aguda, en la semana 9 un 80% y en la semana 10 un 90% de carga aguda, las cargas crónicas serán de 47.5, 62.5 y de 75% en la semana 8, 9 y 10 respectivamente. Estos valores producirán un ratio de carga A:C

de 1.47, 1.28 y 1.2 en estas mismas semanas, disminuirán progresivamente las probabilidades de lesión.

Figura 8: Representación gráfica de un deportista lesionado y su decisión de *return to play*



Fuente: Blanch & Gabbet, 2016, p. 4.

Nota: La figura 8 se basa en diferentes propuestas de carga aguda que modifican por tanto la carga crónica y las probabilidades de lesión. El gráfico indica que cuando el deportista progresa en su fase de rehabilitación (de la semana 4 a la 7), su carga crónica comienza a bajar hasta el 57% de final de la semana 7.

La Tabla 3. indica las probabilidades de lesión en función de la carga aguda (% de la carga normal) y de la carga crónica (% de la carga normal). Podemos observar como las mayores probabilidades de lesión aparecen cuando la carga aguda es elevada y la carga crónica muy reducida. Este caso a veces aparece en el proceso de rehabilitación/readaptación de un deportista. Pongamos un par de ejemplos para ilustrar esta situación.

Deportista que se lesiona descende, por tanto, de forma abrupta su carga aguda y aumenta progresivamente a medida que va recuperándose. Este descenso en el nivel de carga aguda hace disminuir la carga crónica. Se incorpora a la práctica competitiva “de forma rápida” en una semana con alta densidad competitiva. El deportista participa en los dos partidos de la semana, lo que provoca una elevada magnitud de carga aguda, con niveles reducidos de carga crónica. Su ratio en este caso es muy elevada, y también sus probabilidades de lesión.

Otro ejemplo puede ser que el deportista además de incorporarse con el grupo, realice un trabajo extra para acelerar la mejora condicional, lo que produce un elevado nivel de carga aguda (carga del equipo más la carga individual) y representa un gran cambio respecto a las semanas anteriores en las que la aparición de la lesión produjo un descenso del nivel de carga crónica. Nos encontramos con el mismo escenario, alto ratio de carga A:C y probabilidades de lesión.

Tabla 3: Probabilidades de lesión, se utiliza la ecuación derivada de los estudios de 3 diferentes deportes y se compara diferentes escenarios de carga aguda y crónica.

Chronic workload (% of normal average)	110	4.7	4.1	3.6	3.4	3.2	3.3	3.5
	100	4.3	3.7	3.4	3.3	3.3	3.6	4.0
	90	3.9	3.5	3.3	3.3	3.6	4.2	4.9
	80	3.5	3.3	3.3	3.7	4.3	5.3	6.6
	70	3.3	3.3	3.7	4.6	5.8	7.5	9.5
	60	3.3	3.8	4.9	6.6	8.8	11.6	14.9
	50	4.0	5.5	7.9	11.0	14.9	19.6	25.1
	40	6.6	10.1	14.9	20.9	28.2	36.7	46.5
	30	14.9	23.2	33.7	46.5	61.4	78.6	98.0
			60	70	80	90	100	110
		Acute workload (% of normal average)						

Fuente: Blanch y Gabbett, 2016, p. 4.

3.3 Limitaciones de la utilización práctica del ratio de carga aguda:crónico

En el fútbol se comprobó que el registro de las cargas de entrenamiento agudas, crónicas y la relación de la carga de trabajo A:C permiten a los técnicos y preparadores físicos determinar qué deportistas se encuentran en un estado de aptitud o fatiga, con su correspondiente probabilidad de sufrir una lesión (Gabbett, 2016). No obstante, la aplicación de este concepto presenta varias limitaciones: es difícil definir el perfil locomotor individual de cada jugador asociado a la lesión; no es posible integrar los diferentes sistemas de recogida de datos dentro de una variable predictiva común; es altamente complejo registrar todas las sesiones y competiciones de los futbolistas para obtener ratios de carga A:C consistentes (Buchheit, 2017). Además, el concepto carga A:C merece ser sometido a mayor reflexión. Es posible que distintos deportes tengan diferentes relaciones carga-lesión, por lo que hasta que se disponga de más datos, las aplicaciones de las recomendaciones presentadas en la literatura se deben realizar con cautela (Gabbett, 2016). Por tanto, algunas

limitaciones prácticas pudieran influenciar su utilidad en fútbol, que pasamos a detallar en los siguientes epígrafes (Buchheit, 2017).

3.3.1 La necesidad de individualizar la carga impuesta a cada deportista

Puesto que la velocidad a la que se realizan los esfuerzos presenta una influencia en la probabilidad de lesión del deportista (Malone et al., 2016), es fundamental relativizar los esfuerzos teniendo en cuenta las máximas prestaciones del deportista. Parece que los deportistas que realizan esfuerzos durante la semana a $>$ del 95% de su velocidad pico presentan una probabilidad menor de lesión que los que alcanzan únicamente el 85%, por lo que conocer dichas capacidades máximas se postula como muy interesante. Sin embargo, para conocer dicha capacidad es necesario conocer la velocidad máxima del deportista, lo cual es raramente evaluado por parte de los técnicos en futbolistas profesionales (Buchheit, 2017).

Muchos técnicos optan por utilizar como velocidad máxima del deportista el valor más alto obtenido en entrenamiento o partido. Sin embargo debemos saber que, según la metodología utilizada en el entrenamiento, el jugador experimentará acciones más cercanas o alejadas a su potencial máximo. Djaoui, Chamari, Owen y Dellal (2016) detallan que en ninguna de las tareas de juego estudiadas los jugadores alcanzan valores superiores al 90% de la velocidad máxima del deportista, alcanzan durante las tareas de conservación del balón menor velocidad pico ($22.1 \pm 2.3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que durante las tareas con porteros o con porterías pequeñas ($24.1 \pm 3.6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Los valores medios obtenidos en partido alcanzan valores del 92% de la velocidad máxima del jugador, valores obtenidos a través del seguimiento de 6 partidos de competición.

Debido a la gran variabilidad existente dentro de un equipo, incluso entre jugadores que ocupan una misma demarcación, la utilización de umbrales absolutos de velocidad para definir las acciones como de alta velocidad pueden limitar la sensibilidad del ratio de carga A:C a la hora de predecir la probabilidad de lesión del deportista.

Recientemente también se ha publicado que los deportistas más rápidos son más susceptibles de lesión ante ratios de carga A:C elevados, por lo que resulta fundamental detectar y gestionar de forma adecuada la carga impuesta, especialmente en este grupo de deportistas (Murray, Gabbett, Townshend y Blanch, 2017).

Además, el nivel de *fitness* como se expondrá posteriormente en el apartado de moderadores y moduladores de carga presenta un efecto protector, ya que son los jugadores de mayor nivel de *fitness* más robustos ante la lesión con ratios de carga A:C elevados. Sin embargo,

también las pruebas de *fitness* (velocidad máxima aeróbica) son raras en el fútbol profesional (Buchheit, 2017), por lo que los técnicos desconocen que ratio de carga A:C pudiera soportar cada jugador sin elevarse en exceso las probabilidades de lesión.

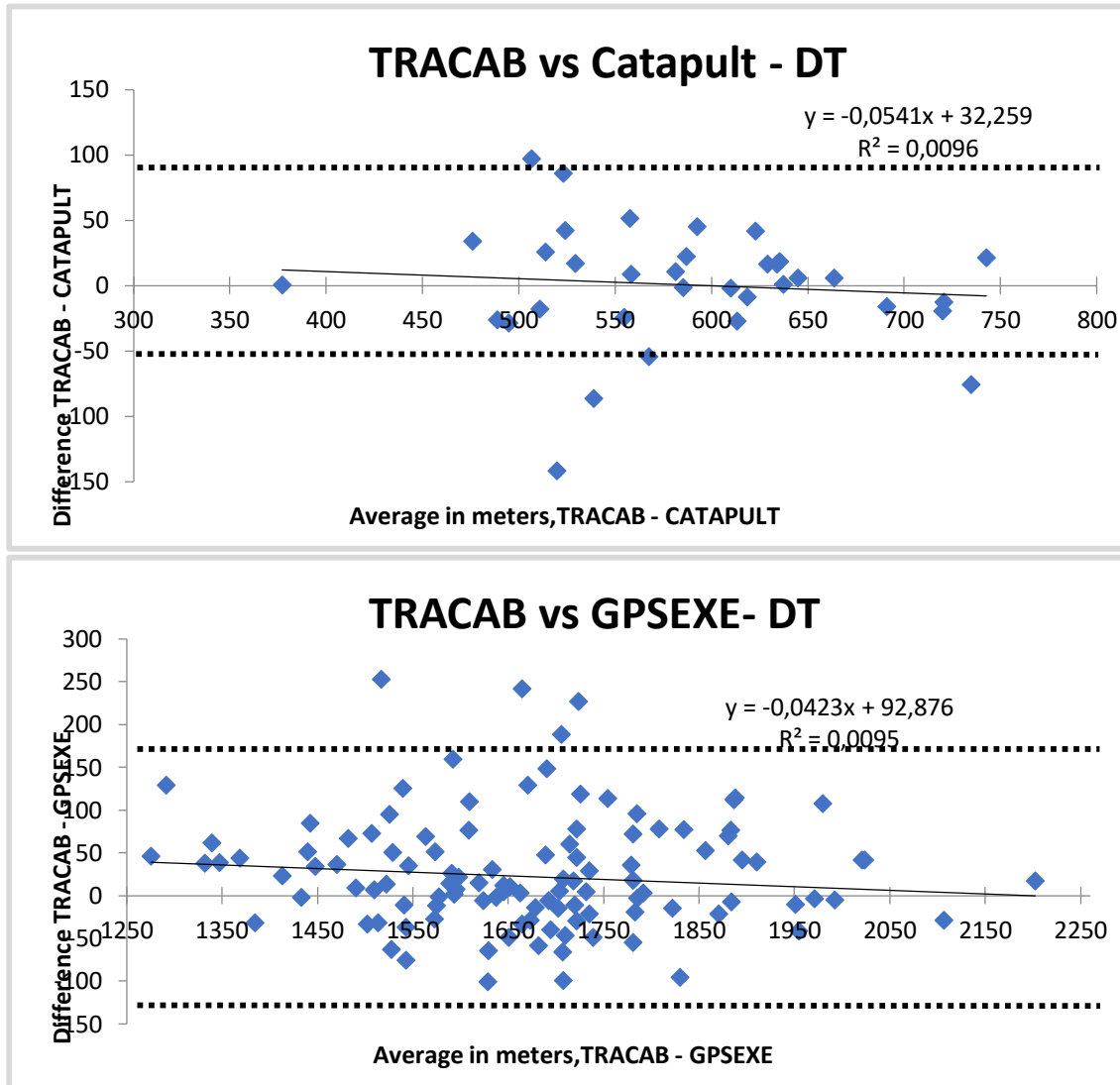
En resumen, para aumentar la sensibilidad del ratio de carga A:C debemos contemplar las características individuales de los deportistas, y es algo que no siempre se realiza en el fútbol profesional.

3.3.2 La dificultad para monitorizar toda la carga de trabajo en deportistas a lo largo de todo el año

Muchos equipos monitorizan la actividad de sus deportistas con el uso de diferentes tecnologías en entrenamientos y en competición. Lo más habitual es utilizar sistemas GPS en el entrenamiento y seguimiento semi-automático a través de vídeo en los partidos. La integración de esa información debiera realizarse con ecuaciones de calibración, que no siempre están disponibles (Buchheit, Allen, Poon, Modonutti, Gregson, Di Salvo, 2014). Además, el acuerdo entre sistemas no es nunca perfecto, especialmente entre variables relacionadas con las acciones de alta velocidad y aceleración. En caso de no realizarse dichos ajustes, la sensibilidad del ratio de carga A:C pudiera disminuir, empeorando por tanto su aplicabilidad.

Figura 9: Relación entre los valores obtenidos por diferentes sistemas y sus ecuaciones de calibración

TRACAB es un sistema de seguimiento semi-automático del jugador, y Catapult y GPSEXE son dos dispositivos GPS diferentes.



Fuente: Castellano et al.[inédito]

En el fútbol de élite, muchos de los equipos contienen un número elevado de jugadores internacionales, que se desplazan con sus combinados nacionales en diferentes ventanas internacionales acumulando períodos de 8-10 días durante 4-5 veces por temporada (Buchheit, 2017). En estos períodos de tiempo, los jugadores internacionales acumulan una carga de trabajo que no siempre es conocida por los clubes, ya que en numerosas ocasiones las selecciones no monitorizan la carga de entrenamiento (50% de los casos en el caso concreto del PSG en Francia). La comunicación con las selecciones nacionales no se produce o es escasa por diferentes causas (11% de los casos), los sistemas de monitorización

utilizados difieren con los del club de origen, por lo que existen problemas de integración de la información provocado por la utilización de diferentes marcas comerciales, diferentes variables o diferentes rangos de intensidad, entre el club-selección (33% de los casos). Únicamente en el 5% de los casos los sistemas de monitorización utilizados por las selecciones son similares a los del club, lo que favorece la integración de la información.

En el mejor de los casos, la carga externa puede estimarse y por tanto el ratio de carga A:C puede ser computado. En la mayoría de los casos, existe una pérdida neta de información de aproximadamente 10 días durante cada evento internacional de selecciones, lo cual compromete la utilización del ratio de carga A:C.

Para evitar picos o caídas artificiales en el ratio de carga A:C se propuso la posibilidad de predecir los valores perdidos a través de los datos históricos acumulados de sesiones y partidos. Sin embargo, debemos ser conscientes que estamos imponiendo un valor de carga que no siempre se va a corresponder con la realidad de la actividad realizada por el deportista, lo que pudiera empobrecer la utilidad del ratio de carga A:C (Buchheit, 2017).

3.3.3 Ausencia de monitorización durante el período transitorio

La imposibilidad de monitorizar la carga durante este momento de la temporada, previo al comienzo de la pretemporada, provoca que el ratio de carga A:C durante las primeras semanas de pretemporada sea irreal. Necesitamos acumular 28 días de entrenamiento (si es la ventana temporada elegida para establecer la carga crónica) para poder tener un valor real de carga A:C. Una alternativa para este periodo de pretemporada o inicio de los entrenamientos puede ser reducir el periodo utilizado a la hora de establecer la carga crónica (a 2 ó 3 semanas), aunque el período ideal permanece sin definir (Buchheit, 2017).

En este sentido, la utilización de la sesión-PSE se presenta como una solución, o por lo menos una alternativa. La monitorización de la intensidad del ejercicio a través de la percepción subjetiva del esfuerzo, y una vez registrado este valor multiplicarlo por la duración nos permite obtener el valor de carga de entrenamiento. Este método ha sido ampliamente comentado en su apartado específico. Varias son las razones que apoyan su utilización en estos momentos en los cuales no se dispone de otro tipo de información por motivos diversos. Por un lado, se trata de una medida que presenta relación con la probabilidad de lesión y que puede ser obtenida independientemente de los sistemas de monitorización de carga externa utilizados, en todos los deportistas durante toda la temporada (equipos y/o selecciones nacionales, e incluso en el periodo transitorio). Sin embargo, se debe considerar también que no presenta una relación significativa con las acciones realizadas a alta velocidad o *sprint* por el deportista. Debido a su baja sensibilidad en este tipo de acciones, la confianza de los

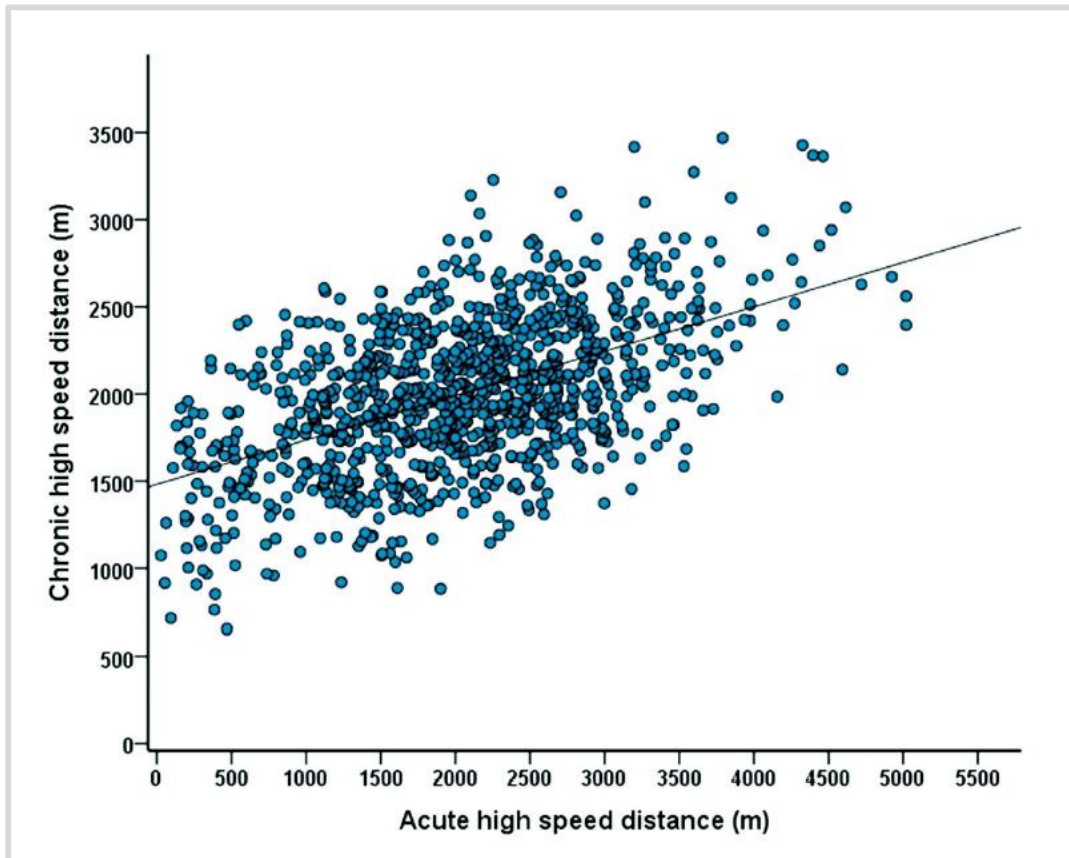
técnicos a la hora de determinar la probabilidad de lesión disminuye. Algunas selecciones nacionales no recogen los valores de PSE de los deportistas, lo que provocaría en caso de querer dicho valor *a posteriori* una dudosa validez y utilidad del ratio de carga A:C. Además, deberíamos hacer un esfuerzo por mejorar la adherencia a dicha práctica, ya que la disponibilidad/predisposición por parte de los deportistas a monitorizar su carga de entrenamiento durante el periodo vacacional es escasa en el fútbol profesional.

3.3.4 Falsas correlaciones matemáticas en su cálculo

El cálculo del ratio de carga A:C presenta falsas correlaciones en su cálculo derivadas principalmente en que la carga de la última semana si es esta la duración elegida (carga aguda) aparece tanto en el numerador como en el denominador de la ecuación de cálculo. Los autores para estudiar esta hipótesis estimaron 4 semanas de entrenamiento (semana 1, semana 2, semana 4 y semana 4) en 1000 jugadores, sin encontrar correlaciones significativas entre las diferentes semanas de entrenamiento. Por tanto, la carga aguda (semana) no presentó relación con la carga de las semanas anteriores. Sin embargo, cuando se estudia la relación entre el nivel de carga aguda (semana 4) y la carga crónica (promedio de semana 1, 2, 3 y 4) las relaciones son significativas ($r=0.52$; 95% CI 0.47 to 0.56). Asimismo, cuando la carga de la semana 4 no se incluye en el cálculo de la carga crónica, las relaciones entre la carga aguda y crónica son cercanas a cero ($r=0.01$ (95% CI -0.05 to 0.07)).

Esta introducción de la carga aguda en el numerador y en el denominador de la ecuación de cálculo del ratio de carga A:C afecta a la desviación estándar de las medidas, y modifica el valor del ratio. En las bases de datos creadas por Lolli, Batterham, A.M., Hawkins, R., Kelly, D.M., Strudwick, A.J., Thorpe, Gregson y Atkinson (2017), la carga aguda fue de 2375 m, lo que en el cálculo tradicional implica una carga crónica de 1639 m y un ratio de carga A:C de 1.45. Por otro lado, cuando se realiza el cálculo sin incluir la carga aguda dentro del periodo estudiado de carga crónica, esta última presenta un valor de 1393 m y el ratio de carga A:C de 1.71. Por lo tanto, en base a estos hallazgos, parece que la definición matemática tradicional de carga crónica parece limitar la validez y puede introducir errores de interpretación en el ratio de carga A:C obtenido.

Figura 10: Relación entre la distancia recorrida a alta velocidad de desplazamiento en la última semana (carga aguda) y en el promedio de las últimas cuatro semanas (carga crónica)



Fuente: Lolli et al., 2017.

Sin embargo queda todavía un largo camino por recorrer para afinar en este tipo de métricas y, por tanto, la probabilidad de acertar en la predicción de estados de riesgo lesional. Estos aspectos que siguen inconclusos y convendría resolver tienen que ver con, por ejemplo:

- a) saber cuál de las variables o indicadores son los que hay que incluir en las fórmulas, indicadores de intensidad o de carga, y dentro de ellos cuáles;
- b) decidir si en lugar de escoger 4 semanas para calcular la fatiga crónica, esta podría ser la calculada en dos, 3 o 5 semanas, o si están deberían variar a lo largo de la temporada (4 semanas al inicio de temporada, 3 en el medio y 2 al final de la misma);
- c) si la fatiga aguda en lugar de ser valorada considerando la carga de la semana pueda ser utilizada otra unidad, por ejemplo, desde un día hasta 7 días, u otras opciones;

d) cómo individualizar en cada jugador los ratios de carga aguda:crónica, y su variabilidad a lo largo de una temporada;

e) cómo incluir en este tipo de valoraciones elementos del entrenamiento realizado fuera de la mirada de los sistemas de *trackeo*, por ejemplo: trabajos de gimnasio, estiramientos, prevención y, por supuesto, el entrenamiento invisible como la nutrición, procesos de recuperación, estilos de vida etc. o sobre todo;

f) disponer de métrica que en lugar de conocer el riesgo de lesión a partir del estudio retrospectivo de la carga aguda realizada durante el presente microciclo, pueda gestionarse para disponer de la información con antelación o durante las sesiones para evitar los escenarios no deseados de riesgo lesional. Todo un camino realmente interesante por recorrer.

Referencias

Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 50. N° 8, [pp. 471-475].

Bowen, L.; Gross, A. S.; Gimpel, M., & Li, F. X. (2017). Accumulated workloads and the acute: chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 51 N°5, p. 452.

Buchheit, M. (2017). Applying the acute:chronic workload ratio in elite football: worth the effort? *British Journal of Sports Medicine*. Vol.51. N°18 [pp. 1325-1327]. doi: 10.1136/bjsports-2016-097017.

Buchheit M, Allen A, Poon TK, Modonutti M, Gregson W, Di Salvo V. (2014) Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies. *Journal of Sports Science and Medicine* Vol. 32. N° 20 [pp.1844-1857] doi: 10.1080/02640414.2014.942687

Caparrós, Casals, Peña, Alentorn-Geli, Samuelsson, Solana, Scholler, y Gabbett (2017). The Use of External Workload to Quantify Injury Risk during Professional Male Basketball Games. *Journal of Sports Science and Medicine*. Vo. 16 [pp. 480-488].

Carey, D.L., Blanch, P., Ong, K.L., Crossley, K.M., Crow, J., & Morris, M.E. (2017). Training loads and injury risk in Australian football-differing acute: chronic workload ratios influence match injury risk. *Br J Sports Med*. 2017 Aug;51(16):1215-1220. doi: 10.1136/bjsports-2016-096309. Epub 2016 Oct 27.

Colby, M.J., Dawson, B., Peeling, P., Heasman, J., Rogalski, B., Drew, M.K., Stares, J., Zouhal, H., & 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 Sports Science and Medicine* Vol. 20. N°12 [pp.1068-1074]. doi: 10.1016/j.jsams.2017.05.010.

Clarsen, B., Myklebust, G., & Bahr, R. (2013). Development and validation of a new method for the registration of overuse injuries in sports injury epidemiology: the Oslo Sports Trauma Research Centre (OSTRC) overuse injury questionnaire. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 47. N°8 [pp. 495-502]. doi:10.1136/bjsports-2012- 091524

Djaoui, L., Chamari, K., Owen, A.L., & Dellal, A. (2017). Maximal Sprinting Speed of Elite Soccer Players During Training and Matches. *Journal of Strength and Conditioning Research* Vol. 31. N° 6 [pp. 1509-1517]. doi: 10.1519/JSC.0000000000001642.

Ehrmann, F. E.; Duncan, C. S.; Sindhusake, D.; Franzsen, W. N., & Greene, D. A. (2016). GPS and injury prevention in professional soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 30. N° 2 [pp. 360-367].

Gabbett, T. J. (2016) The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 50. N° 5 [p.273].

Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Blanch, P., Chapman, P., Bailey, D., & Orchard, J. W. (2014). Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 48. N° 8, p. 708.

Hulin, B. T.; Gabbett, T. J.; Lawson, D. W.; Caputi, P., & Sampson, J. A. (2016). The acute: chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 50. N° 4, p. 231.

Jaspers, A., Kuyvenhoven, J. P., Staes, F., Frencken, W. G. P., Helsen, W. F., & Brink, M. S. (2017). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of science and medicine in sport*. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.10.005

Lolli, L., Batterham, A.M., Hawkins, R., Kelly, D.M., Strudwick, A.J., Thorpe, R., Gregson, W., & Atkinson, G. (2017). Mathematical coupling causes spurious correlation within the conventional acute-to-chronic workload ratio calculations. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 6 N° 3 [pp 1509-1517]. pii: bjsports-2017-098110. doi: 10.1136/bjsports-2017-098110.

Malone, S.; Owen, A.; Newton, M.; Mendes, B.; Collins, K. D., & Gabbett, T. J. (2017). The acute: chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Vol. 20. N° 6 [pp. 561-565].

Murray, N.B., Gabbett, T.J., Townshend, A.D., & Blanch, P. (2017). Calculating acute:chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. *British Journal of Sports Medicine* Vol. 51. N° 9 [pp. 749-754]. doi: 10.1136/bjsports-2016-097152.



Øyen, M.G. (2017). *The association between acute:chronic workload ratio and risk of groin problems among Norwegian male soccer players. A one-season prospective cohort study.*
Recuperado de
https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2447609/Mari%20%C3%98yn_Masteroppgave_PP%281%29.pdf?sequence=1