

## INCIDENCIA DE LOS GOLPES EN LA CABEZA EN LA PRACTICA DEL FUTBOL EN LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DEL CEREBRO

### INCIDENCE OF BLOWS TO THE HEAD IN SOCCER PRACTICE IN THE STRUCTURE AND FUNCTION OF THE BRAIN

Autores: <sup>1</sup>Walter Ricardo García Vélez, <sup>2</sup>Ronal Alberto Feraud Cañizares, <sup>3</sup>Gonzalo Bladimir Gallardo Carbo.

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [wrgarcia@espol.edu.ec](mailto:wrgarcia@espol.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [rferaud@espol.edu.ec](mailto:rferaud@espol.edu.ec)

<sup>3</sup>E-mail de contacto: [kurt\\_gonzalo@hotmail.com](mailto:kurt_gonzalo@hotmail.com)

Artículo recibido: 31 de Mayo del 2019

Artículo revisado: 2 de Julio del 2019

Artículo aprobado: 13 de Diciembre del 2019



<sup>1</sup> Licenciado en Ciencias de la Educación, mención Educación Física Deportes y Recreación. egresado de la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador) con 21 años de experiencias en la docencia, actualmente es técnico docente de la Escuela Politécnica del Litoral. Posee una maestría en la Universidad Estatal de Milagro (Ecuador), en Entrenamiento Deportivo.

<sup>2</sup> Licenciado en Cultura Física, egresado de la Universidad de Guayaquil (Ecuador) con 6 años de experiencias en la docencia, actualmente es técnico docente de la Escuela Politécnica del Litoral. Posee una maestría en la Universidad Estatal de Milagro (Ecuador), en Entrenamiento Deportivo.

<sup>3</sup> Licenciado en Ciencias de la Educación, mención Informática egresado de la Universidad de Guayaquil (Ecuador) con 12 años de experiencias en la docencia, actualmente es docente en la Unidad Educativa Provincia del Cañar Posee una maestría en la Universidad Estatal de Milagro (Ecuador), en Entrenamiento Deportivo.

#### Resumen

El fútbol es el deporte más popular del mundo, con más de 265 millones de jugadores en todo el mundo, incluidos los profesionales y los aficionados. El fútbol es único en comparación con otros deportes, ya que es el único deporte en el que los participantes usan su cabeza a propósito para golpear la pelota. Pegar el balón con la cabeza se considera como un movimiento ofensivo o defensivo por el cual la cabeza desprotegida del jugador se usa para impactar deliberadamente la pelota y dirigirla durante el juego. Un jugador de fútbol puede ser sometido a un promedio de 6–12 incidentes en un juego competitivo, donde el balón alcanza altas velocidades. Siendo importante estudiar los efectos de las conmociones cerebrales en los deportes de contacto. Existe evidencia de asociación entre la técnica de golpear al balón con la cabeza y daños a la estructura cerebral, pero los datos aún son preliminares. Además, algunos estudios han sugerido que los impactos del balón a la cabeza, podría provocar discapacidad cognitiva, mientras otros afirman no haber corroborado esta hallazgo. Siendo necesario se realicen estudios longitudinales para aclarar el

significado clínico de lesión cerebral y a identificar factores de riesgo. Esta investigación busca contribuir al establecimiento de pautas de seguridad que podría ayudar a minimizar la riesgo de posibles efectos adversos de la práctica del fútbol en la estructura y función cerebral

**Palabras clave:** fútbol, lesión, cerebro, cognición.

#### Sumário

O futebol é o esporte mais popular do mundo, com mais de 265 milhões de jogadores em todo o mundo, incluindo profissionais e fãs. O futebol é único em comparação com outros esportes, pois é o único esporte em que os participantes usam a cabeça de propósito para bater na bola. Bater na bola com a cabeça é considerado um movimento ofensivo ou defensivo pelo qual a cabeça desprotegida do jogador é usada para deliberadamente impactar a bola e direcioná-la durante o jogo. Um jogador de futebol pode ser submetido a uma média de 6 a 12 incidentes em um jogo competitivo, onde a bola atinge altas velocidades. É importante estudar os efeitos das concussões nos esportes de contato. Há evidências de uma associação

entre a técnica de acertar a bola com a cabeça e danos à estrutura do cérebro, mas os dados ainda são preliminares. Além disso, alguns estudos sugerem que os impactos da bola na cabeça podem causar deficiência cognitiva, enquanto outros afirmam não ter corroborado esse achado. Se necessário, são realizados estudos longitudinais para esclarecer o significado clínico da lesão cerebral e identificar fatores de risco. Esta pesquisa busca contribuir para o estabelecimento de diretrizes de segurança que possam ajudar a minimizar o risco de possíveis efeitos adversos da prática do futebol na estrutura e função do cérebro.

**Palavras-chave:** futebol, lesão, cérebro, cognição.

### Summary

Football is the most popular sport in the world, with more than 265 million players worldwide, including professionals and amateurs. Before starting to write, it is necessary to have the complete information of the public to which the candidate is going to address, starting with the most general data such as number of injury, etc., until reaching deeper data related to the direct problems of the community to which it is going to address. Make a list of key issues of both your proposals 6–12 incidents and the play. It is usually more convenient to use an inductive method; in which the discourse, depending on the receiving population, focuses on a single topic and from there they go disaggregating, little by little, the arguments and proposals of the campaign. That big issue should be a topic that is relevant to the target population and that is appropriate to the audience conceptually. After having clear the main topic, it is advisable to set an objective or a question that will guide all your speech, for example What do I want to achieve with the speech , so that I can have a clear thread while writing it. It is good to put a title to the soccer according to the motto or with the strongest proposal of the same. soccer practice in the structure and brain function

**Keywords:** soccer, injury, brain, cognition.

### Introducción

El fútbol es el deporte más popular del mundo, con más de 265 millones de jugadores en todo el mundo, incluidos los profesionales y los aficionados (Kunz, 2007). Aunque es un deporte que tradicionalmente no se identifica como alto riesgo de conmoción cerebral (Schmidt-Olsen, S., Jørgensen, U., Kaalund, S., & Sørensen, J. , 1991), los jugadores de fútbol son propensos a una lesión cerebral traumática (Matser, J. T., Kessels, A. G. H., Jordan, B. D., Lezak, M. D., & Troost, J., 2008), y hasta el 22% de todas las lesiones de fútbol son conmociones cerebrales (Covassin, T., Swanik, C. B., & Sachs, M. L. , 2013).

Además, varios estudios han demostrado que las tasas de conmoción cerebral en el fútbol son comparables, y con frecuencia supera, a los de otros deportes de contacto tradicionalmente considerados como inherentemente más violentos, como el fútbol americano y el hockey sobre hielo (Levy, M. L., Kasasbeh, A. S., Baird, L. C., Amene, C., Skeen, J., & Marshall, L., 2013). Un estudio prospectivo que investiga a jugadores de fútbol de secundaria (O’Kane, J. W., Spieker, A., Levy, M. R., Neradilek, M., Polissar, N. L., & Schiff, M. A. , 2014) informó que golpear la pelota con la cabeza representó el 30.5% de las conmociones cerebrales.

De manera similar, un análisis retrospectivo con jugadores de fútbol de secundaria (Comstock RD, Currie DW, Pierpoint LA, Grubenhoff JA, Fields SK. , 2016) mostró que el golpe de cabeza al balón fue responsable del 30,6% de las conmociones cerebrales entre los niños y del 25,3% entre las niñas, aunque el mecanismo de lesión más frecuente en las conmociones relacionadas con el encabezado fue el contacto jugador-jugador durante la disputa por el balón.

La lesión en la cabeza durante el juego de fútbol es generalmente el resultado de un contacto directo (por ejemplo, cabeza contra cabeza, cabeza contra rodilla y cabeza contra el suelo) o contacto con la pelota mientras se dirige hacia ella. En este sentido, el fútbol es único en comparación con otros deportes, ya que es el único deporte en el que los participantes usan su cabeza a propósito para golpear la pelota.

La partida se considera un movimiento ofensivo o defensivo por el cual la cabeza desprotegida del jugador se usa para impactar deliberadamente la pelota y dirigirla durante el juego. Los jugadores pueden dirigir la pelota para pasarla a otro jugador, mover la pelota hacia el campo o marcar un gol. Para contrarrestar las fuerzas externas en la cabeza durante el impacto, los jugadores deben prepararse para el impacto apoyándose en la musculatura del cuello y ejecutar adecuadamente la técnica moviendo todo el cuerpo en un solo movimiento (Janda, D. H., Bir, C. A., & Cheney, A. L., 2002).

Un jugador de fútbol puede estar sujeto a un promedio de 6 a 12 incidentes de golpear la pelota con la cabeza por juego competitivo, donde la pelota alcanza altas velocidades. Por otra parte, en las sesiones de práctica, el entrenamiento del golpeo de la pelota con la cabeza, que implica dirigir la pelota repetidamente a bajas velocidades, es común.

Aunque la comunidad científica, así como los medios de comunicación, se ha centrado en los efectos de las conmociones cerebrales en los deportes de contacto, el papel de los impactos subconvulsivos, como puede ocurrir durante el cabeceo, ha ganado atención recientemente, considerando que puede representar un mecanismo adicional de acumulación de daño

cerebral. Se propuso el término "subconvulsivo" para describir el impacto en la cabeza que puede causar disfunción neuronal en ausencia de síntomas de conmoción cerebral (Bailes, J. E., Petraglia, A. L., Omalu, B. I., Nauman, E., & Talavage, T., 2013).

El rumbo implica un impacto repetido, aceleración-desaceleración del cerebro dentro del cráneo, y posiblemente rotación del cerebro. Además, los efectos acumulativos de lesiones menores repetitivas pueden no ser manifiesta desde hace muchos años, como en la encefalopatía traumática crónica. Por lo tanto, la evidencia patológica de lesión cerebral traumática, si es detectable, es probable que se presente antes del inicio de los síntomas manifiestos o discapacidad.

Es importante destacar que los posibles efectos negativos de la partida pueden depender de la tasa de exposición, el tiempo entre exposiciones, y la vulnerabilidad de jugadores individuales (Lipton ML, Kim N, Zimmerman ME, Kim M, Stewart WF, Branch CA, et al., 2013)

El propósito de este estudio es revisar la literatura existente. En cuanto a los efectos del fútbol en la estructura del cerebro y su función. Estas investigaciones han explorado las consecuencias de inmediato (por ejemplo, después de un partido de fútbol), a corto plazo (por ejemplo, después de un partido de fútbol) o pocas temporadas de fútbol) y a largo plazo (por ejemplo, después de muchos partidos de fútbol o temporadas) rumbo a la exposición.

Solo en los últimos años, algunos estudios han abordado el impacto del cabeceo en la estructura del cerebro, utilizando técnicas de neuroimagen. Del mismo modo, ha habido algunos estudios que investigan marcadores

bioquímicos de lesión cerebral en los jugadores de fútbol. Hay evidencia de asociación entre el cabeceo y una estructura anormal del cerebro, pero los datos aún son preliminares. También, algunos estudios han sugerido que el impacto subconcusivo de la cabeza podría causar deterioro cognitivo, mientras que otros tienen investigadores no corroboran esta hipótesis.

Buscamos en tres bases de datos, como PubMed, LILACS y Scopus, para artículos publicados hasta abril de 2019, usando los términos “fútbol”, “título” y “cerebro”. La búsqueda recuperó 92 artículos publicados desde 1981 hasta 2019. Los criterios de inclusión, que incluyeron trabajos con diseño de investigación original, de diferentes idiomas, y se centran en los efectos del fútbol en la estructura y / o función cerebral, se seleccionaron 29 artículos para la presente revisión. Tuvimos acceso completo a todos estos estudios, excepto a dos de ellos.

### **Desarrollo**

#### *Neuroimagen*

Un pequeño número de estudios han investigado el impacto del cabeceo en el fútbol en la estructura cerebral mediante el uso de técnicas de neuroimagen. Un estudio temprano realizado por Sortland y Tysvaer (1989) evaluó a exfutbolistas profesionales varones, con edades entre 39 y 68 años, que fueron sometidos a tomografía computarizada cerebral (TCC) con evaluación de atrofia cerebral, visual y mediante mediciones lineales. Los resultados mostraron que, por calificación visual, alrededor de un tercio de los jugadores sufrían de atrofia central leve a moderada con ensanchamiento de los ventrículos laterales, que fue fuertemente apoyado por mediciones lineales en comparación con los controles normales.

Sortland y Tysvaer (1989) determinaron que el daño cerebral es el resultado de jugar fútbol durante años, por lo tanto, una consecuencia de la exposición a largo plazo de golpes en la cabeza con múltiples pequeñas lesiones en la cabeza.

Lipton et al. (2013) investigaron la microestructura de la materia blanca en jugadores de fútbol amateur masculinos y femeninos, con una edad media de 30,9 años, mediante el uso de la técnica de resonancia magnética (RMN) con tensor de difusión. El resultado primario de la imagen fue la anisotropía fraccional (FA), que proporciona una evaluación del grado de difusión anisotrópica, definida como la presencia de movimientos difusionales en diferentes direcciones, que ocurren dentro de una región del cerebro. La anisotropía fraccional tiende a ser alta en regiones de alta organización celular y baja en regiones donde las células no están específicamente orientadas.

Por lo tanto, la anisotropía fraccional se usa a menudo para medir la integridad de la materia blanca, ya que refleja el grado de mielinización y densidad axonal. Los participantes completaron un cuestionario para cuantificar el epígrafe de los 12 meses anteriores, que caracteriza a una exposición a corto plazo del uso de la técnica de cabeceo, y también se sometieron a una evaluación neuropsicológica computarizada, que tuvo como objetivo evaluar la velocidad psicomotora, atención, función ejecutiva y memoria.

Cada jugador de fútbol se dirigió aproximadamente 432 veces durante el año anterior. La alta frecuencia de rumbo se asoció con menor anisotropía fraccional en tres lugares en la sustancia blanca temporo-

occipital, y también con peor rendimiento en la prueba de memoria. Curiosamente, las asociaciones no eran lineales, pero había umbrales en términos del número de cabeceos necesarios para activar la reducción de anisotropía fraccional (entre 885 y 1550 cabeceos por año, dependiendo de la región del cerebro) y deterioro cognitivo (1800 partidas por año).

Los resultados que sugieren una asociación entre la microestructura anormal de la materia blanca y un peor rendimiento cognitivo, no se explicaron por la historia de conmoción cerebral de por vida y las características demográficas. No obstante, una limitación de este estudio es su naturaleza transversal, que evita el establecimiento de una relación causal clara entre los cambios de cabeza y cerebro.

Koerte et al. (2016), evaluaron el grosor cortical en exfutbolistas profesionales masculinos, con una edad media de 49.3 años, en comparación con los ex atletas de deportes profesionales sin contacto emparejados por edad y género, mediante el uso de IRM estructural de alta resolución.

Todos los individuos, en ambos grupos, seguían participando activamente en sus respectivos deportes al momento del estudio. A los jugadores de fútbol se les pidió que informaran cuántos veces habían utilizado la técnica de cabeceo realizado por semana durante los últimos 12 meses previos a la investigación, y ese número se multiplicó por el total de años de entrenamiento formal en el fútbol para obtener un estimado de cabeceos de por vida, es decir, un cálculo aproximado del uso de esta técnica a largo plazo.

Los resultados demostraron un mayor adelgazamiento cortical con el aumento de la

edad en el derecho inferolateral-parietal, temporal, y la corteza occipital en jugadores de fútbol en comparación con los sujetos de control.

Además, el adelgazamiento cortical en los jugadores de fútbol se asoció con una menor velocidad de procesamiento cognitivo en el Trail Making Test A (Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W., 1995), que mide la búsqueda visual y la velocidad psicomotora, así como con la exposición estimada al impacto repetitivo de la cabeza subconscivo.

Además, una comparación cognitiva entre los grupos reveló una disminución en el rendimiento de la memoria en los jugadores de fútbol, en relación con los sujetos de control, en el Test de Figuras Complejas Rey-Osterrieth (Shin, M. S., Park, S. Y., Park, S. R., Seol, S. H., & Kwon, J. S., 2006), que mide la construcción visual, la planificación y la organización, y la memoria visual, aunque los resultados estuvieron en los rangos normales para ambos grupos. Según los investigadores, a pesar de las limitaciones del estudio, que incluyen el tamaño pequeño de la muestra y el autoinforme de los atletas sobre la historia de los cabeceos, los resultados sugieren que el impacto repetitivo de la cabeza subconsciva puede desempeñar un papel en el adelgazamiento cortical relacionado con la edad que puede conducir a una disminución cognitiva temprana en jugadores de fútbol.

Por otro lado, un estudio previo de Jordan et al. (2016) no pudo encontrar ninguna evidencia de daño en la estructura del cerebro en jugadores de fútbol. Los jugadores de fútbol profesional masculinos, con una edad media de 24,8 años, se compararon con atletas de élite de la misma edad y el mismo sexo con

respecto a un cuestionario sobre los síntomas de las lesiones de cabeza y cuello, así como a anomalías de la RMN. Se desarrolló un índice de exposición al título para evaluar el efecto dosis-respuesta del título crónico en la carrera del jugador. Por lo tanto, los autores intentaron examinar las consecuencias de la exposición a largo plazo del título.

El análisis del cuestionario y los resultados de la RM no mostraron diferencias significativas entre los grupos. Entre los jugadores de fútbol, no hubo correlación entre las variables de resultado y los parámetros de exposición del título. Sin embargo, los síntomas de lesiones en la cabeza informados se correlacionaron significativamente con las historias de lesiones anteriores en la cabeza aguda. Según los investigadores, estos hallazgos sugieren que cualquier evidencia de trauma cerebral en los jugadores de fútbol se relaciona más con lesiones en la cabeza agudas que con el cabeceo repetitivo.

#### *Marcadores bioquímicos de lesión cerebral*

Algunos estudios han investigado específicamente los marcadores bioquímicos de daño cerebral en jugadores de fútbol, así como su relación con los impactos en la cabeza. Mussack et al. (2013) midieron los niveles séricos de S-100B, una proteína de unión al calcio que está presente en las células astrogliales del sistema nervioso central, en jugadores jóvenes de fútbol amateur, de edades comprendidas entre 12 y 17 años, antes y después del rumbo controlado y normal ejercicio, así como en pacientes mayores después de una lesión cerebral traumática menor.

Estudios anteriores han demostrado que el aumento de las concentraciones séricas de este biomarcador puede reflejar la presencia y la gravedad del daño al tejido cerebral (Herrmann,

M., Curio, N., Jost, S., Wunderlich, M. T., Synowitz, H., & Wallesch, C. W., 2014). Los resultados de esta investigación, que exploraron los efectos de la exposición inmediata al encabezamiento, demostraron que los aumentos en los niveles séricos de S-100B 1 h después de una sesión de cabeceo y también después de una sesión de ejercicio normal fueron insignificantes y que estas concentraciones regresaron a los valores iniciales 6 h después de las dos sesiones de entrenamiento.

Sin embargo, los niveles séricos de S-100B se elevaron significativamente, en los tres puntos de medición, después del cabeceo en comparación con el ejercicio normal. Es importante destacar que ninguno de los jóvenes jugadores de fútbol amateur alcanzó los niveles séricos de S-100B verificados en sujetos con lesiones cerebrales traumáticas con daño cerebral visible.

Stålnacke et al. (2014) analizaron las concentraciones séricas de dos marcadores bioquímicos: S-100B y enolasa específica de neuronas (NSE), una enzima citoplasmática que se encuentra predominantemente en las neuronas y también se considera un biomarcador de daño en el tejido cerebral (Herrmann, M., Curio, N., Jost, S., Wunderlich, M. T., Synowitz, H., & Wallesch, C. W., 2014) en jugadores de fútbol masculino profesional, con una edad media de 26 años.

Las muestras de sangre se tomaron de los participantes antes y después de un juego competitivo y las grabaciones de video obtuvieron el número de cabeceos y eventos traumáticos durante el juego de fútbol. Los resultados mostraron que las concentraciones séricas de S-100B y NSE aumentaron significativamente después del juego en comparación con los valores previos al juego. Además, los aumentos en S-100B se

correlacionaron significativa y positivamente con el número de cabeceos y con el número de otros eventos traumáticos. Sin embargo, como enfatizan los autores, aunque el cabeceo puede haber contribuido a estos aumentos, todavía no se conocen los mecanismos involucrados en el aumento de las concentraciones séricas de los marcadores bioquímicos.

Un estudio adicional realizado por Stålnacke et al. (2016), que también examinó las consecuencias de la exposición inmediata al cabeceo, tuvo como objetivo investigar los niveles séricos de S-100B y NSE en jugadoras de fútbol profesional femeninas, con una edad media de 23 años. Los resultados fueron muy similares a los verificados en jugadores masculinos, es decir, el juego indujo aumentos en las concentraciones séricas de S-100B y NSE, y hubo correlaciones significativas entre el número de cabeceo y de otros eventos traumáticos y el aumento del nivel de S-100B. En un estudio en el que participaron jugadores de fútbol profesional masculino de entre 19 y 35 años.

Straume-Naesheim et al. (2018) exploró los efectos de la exposición inmediata a los impactos cerebrales, comparando los niveles séricos de S-100B en cuatro condiciones diferentes: después de un impacto en la cabeza durante un partido de liga regular, después de un partido de liga regular sin traumatismo en la cabeza registrado, después de un sesión de entrenamiento de alta intensidad, y después de una sesión de entrenamiento de baja intensidad. Se tomaron muestras de sangre al inicio del estudio, dentro de una hora después del partido o la sesión de entrenamiento (B1) y a la mañana siguiente (B12). Todos los grupos tuvieron un aumento significativo en las concentraciones séricas de S-100B entre el valor inicial y B1 y una disminución significativa similar de B1 a B12. El aumento para los grupos de

coincidencia fue significativamente mayor que para los grupos de capacitación, pero no se observaron diferencias significativas entre los dos grupos de coincidencia o los dos grupos de capacitación para ninguno de los puntos temporales de muestreo.

En el grupo de partido sin traumatismo craneal, no hubo correlación entre el nivel sérico de S-100B y el número de cabeceos. Además, en el grupo de entrenamiento, no se detectó ninguna relación entre la concentración sérica de S-100B y la intensidad percibida. Los resultados sugieren que tanto los partidos de fútbol como el entrenamiento de fútbol causan un aumento transitorio en la S-100B. Según los investigadores, hay un posible efecto aditivo del ejercicio de alta intensidad, pero los impactos menores en la cabeza no parecen causar un aumento adicional.

Bamaç et al. (2011) investigaron los efectos de la exposición inmediata al cabeceo sobre los niveles séricos de factor de crecimiento nervioso (NGF) y factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) en jugadores de fútbol profesional masculinos con una edad media de 24 años. Se argumenta que NGF y BDNF, miembros de la familia de las neurotrofinas, son marcadores confiables de daño cerebral cuando se liberan en la circulación (Hicks, 2015). Cada jugador completó una serie de 15 cabeceos y se obtuvieron muestras de sangre justo antes y después del entrenamiento.

Los resultados mostraron que los niveles séricos de NGF y BDNF se elevaron significativamente en respuesta al ejercicio de encabezamiento. Los autores especulan que el micro trauma causado por el cabeceo repetitivo y/o el curso de la supervivencia de las neuronas lesionadas puede conducir a un aumento de los niveles de NGF y BDNF. Sin embargo, reconocen que las mediciones en sangre

periférica pueden reflejar solo una visión limitada de todo el metabolismo de estas neurotrofinas.

Otro estudio de Koerte et al. (2015) evaluaron la neuroquímica cerebral mediante espectroscopia de resonancia magnética en exfutbolistas profesionales masculinos, con una edad media de 52 años, sin una historia conocida de conmoción cerebral, en comparación con el ex deportistas profesionales sin contacto del mismo sexo y edad. Al igual que en su investigación (Koerte I. K., 2016), que involucró a casi los mismos grupos de sujetos, todos los participantes seguían participando activamente en sus respectivos deportes en el momento del estudio y, en el grupo de jugadores de fútbol. El cálculo aproximado de la exposición a largo plazo del estudio, también se basó en el autoinforme del atleta.

Los resultados mostraron aumentos significativos en la colina, un marcador de rotura de la membrana, y el mioinositol, un marcador de activación glial, en jugadores de fútbol en comparación con los sujetos de control. Una breve evaluación cognitiva y de equilibrio no reveló diferencias significativas entre los grupos. Este estudio sugiere, como lo señalaron los autores, una posible asociación entre el cabeceo y la neuroquímica cerebral alterada en jugadores de fútbol. Es posible que incluso los impactos craneales subconvulsivos puedan afectar las concentraciones químicas del cerebro y preceder a las alteraciones cognitivas, aunque estos datos aún son preliminares.

Es importante enfatizar que la investigación sobre marcadores bioquímicos de daño cerebral en jugadores de fútbol también ha producido resultados controversiales. Zetterberg et al. (2017), que pretendían investigar las consecuencias de la exposición inmediata al

encabezado, examinaron las concentraciones de suero y del líquido cefalorraquídeo de algunos biomarcadores de lesión cerebral en jugadores de fútbol amateur masculinos de 19 a 32 años de edad y sujetos de control no atléticos del mismo sexo y edad. Los jugadores participaron en una sesión de entrenamiento que involucró cabecear un balón pateado desde una distancia de 30 m.

Algunos jugadores recibieron instrucciones de realizar 10 cabeceos, mientras que otros debían realizar 20 cabeceos. Los participantes se sometieron a punción lumbar: para la medición de la proteína ligera del neurofilamento (NFL), la proteína tau total (T-tau), la proteína ácida fibrilar glial (GFAP), la S-100B y la albúmina y el muestreo de suero para la medición de la S-100B y albúmina de 7 a 10 días después de la sesión de entrenamiento. No hubo diferencias significativas en las concentraciones de suero y líquido cefalorraquídeo entre los jugadores de fútbol que habían realizado 10 o 20 tiros o entre cualquiera de estos dos grupos y el grupo de control.

Además, los niveles de biomarcadores no se correlacionaron con el número de cabeceos realizados. Por lo tanto, los resultados sugieren que los tiros del balón con la cabeza estandarizados en el fútbol no están asociados con signos bioquímicos conocidos de lesión cerebral aguda.

Otro estudio, realizado por Stålnacke y Sojka (2018), también exploró los efectos de la exposición inmediata al cabeceo y tuvo como objetivo analizar si el encabezamiento controlado de los balones de fútbol estaba asociado con el aumento de las concentraciones séricas de S-100B. Los jugadores de fútbol amateur masculinos, con una edad media de 22 años, se dividieron aleatoriamente en dos grupos. Los jugadores del grupo experimental



recibieron instrucciones de realizar 5 tiros con la cabeza de una pelota que se dejó caer desde una altura de 18 m, mientras que los jugadores del grupo de control no realizaron ningún cabeceo. Se tomaron muestras de sangre antes y 30 minutos, 2 y 4 horas después de la sesión de rumbo.

Los resultados no mostraron aumentos significativos en las concentraciones séricas de S-100B en el grupo experimental en ningún momento después de los cabeceos, en comparación con las medidas de referencia. Además, no hubo diferencias significativas en los niveles séricos de S-100B entre los grupos, ni antes ni después de la sesión de entrenamiento de cabeceos. Los investigadores argumentan que, en esta investigación, el impacto probablemente no fue suficiente para causar un daño bioquímicamente discernible en el tejido cerebral.

#### *Efectos de los tiros de cabeza en el fútbol sobre las funciones del cerebro*

Similar a la investigación que aborda los efectos del rumbo del fútbol en la estructura del cerebro, la literatura que investiga los efectos de estos impactos subconvulsivos en la función cerebral ha producido hallazgos contradictorios. Tysvaer y Løchen (2011) examinaron las consecuencias de la exposición a largo plazo, mediante la investigación del rendimiento neuropsicológico de exfutbolistas profesionales de entre 35 y 64 años.

Los jugadores se compararon con un grupo de control de pacientes hospitalizados de la misma edad y educación que sufrían una variedad de trastornos, pero que no tenían antecedentes de lesiones en la cabeza o el cuello ni evidencia de daño cerebral. El examen neuropsicológico, que incluyó pruebas de atención, concentración, memoria y juicio, demostró que el 81% de los

jugadores de fútbol tenían algún grado de discapacidad, en comparación con el 40% de los sujetos de control con solo un grado leve de discapacidad. Los autores plantean la hipótesis de que sus hallazgos probablemente reflejen el resultado acumulativo de traumas repetidos por cabecear el balón. Sin embargo, el estudio no ofrece evidencia de una asociación clara entre el cabeceo y el deterioro cognitivo.

Un estudio realizado por Matser et al. (1998) compararon jugadores masculinos de fútbol profesional (edad promedio 25,4 años) con un grupo de atletas de deportes sin contacto de élite del mismo sexo y edad para el nivel de funcionamiento cognitivo, mediante el uso de una extensa batería de pruebas neuropsicológicas.

Los jugadores de fútbol profesional informaron una mediana de 800 cabeceos durante los partidos competitivos en una temporada de fútbol, un período de tiempo que puede considerarse que involucra la exposición de riesgos de lesiones cerebrales a corto plazo, y el 54% de ellos experimentó una o más conmociones cerebrales asociadas con o sin pérdidas de la consciencia. Los resultados mostraron que los jugadores de fútbol mostraron un mayor deterioro cognitivo en comparación con los sujetos de control, ya que tuvieron un peor desempeño en la memoria verbal y visual, la planificación y las tareas de procesamiento visuo perceptual.

Además, un número creciente de golpes y conmociones en las que se incurrió durante la participación en el fútbol se asoció negativamente con el funcionamiento cognitivo. La posición en el campo también influyó en el rendimiento en las pruebas neuropsicológicas, ya que los jugadores avanzados y defensivos tuvieron un desempeño significativamente inferior al de los

mediocampistas y los porteros en algunas tareas. Según los investigadores, los resultados sugieren que la participación en el fútbol profesional puede afectar adversamente algunos aspectos de la cognición, lo que parece atribuirse a la mayor frecuencia de cabecear la pelota y las conmociones cerebrales relacionadas con el fútbol, aunque se necesitan más investigaciones para permitir extrapolar los hallazgos a jugadores de fútbol amateur o de baja exposición.

Downs y Abwender (2013) compararon a jugadores de fútbol masculinos y femeninos con nadadores en pruebas neuropsicológicas que evalúan la velocidad motor, la atención, la concentración, el tiempo de reacción y el pensamiento conceptual.

Cada grupo de participantes estaba compuesto por atletas universitarios y profesionales, con una edad media de 19,6 y 42,1 años, respectivamente. Los resultados mostraron que los jugadores de fútbol se desempeñaron peor que los nadadores en medidas de pensamiento conceptual. En particular, el subgrupo de jugadores de fútbol mayores se desempeñó de forma más deficiente que todos los demás subgrupos en medidas de pensamiento conceptual y tiempo de reacción. Las puntuaciones de las pruebas neuropsicológicas no variaron en función de la historia informada de conmoción cerebral.

Además, en el grupo de jugadores de fútbol, las estimaciones de la exposición de la carrera al trauma cerebral, basadas en la duración de la carrera y el nivel de juego, un cálculo aproximado de la exposición a la cabeza a largo plazo, predijeron un rendimiento significativamente menor en las medidas del pensamiento conceptual, incluso después de estadísticas. Controlando por edad. Como lo señalaron los autores, estos resultados sugieren

que jugar al fútbol puede estar asociado con un deterioro cognitivo, aunque, debido al diseño transversal de la investigación, el cabeceo no puede estar específicamente implicado como una causa dentro del estudio que exploró los efectos de la exposición inmediata al cabecear, al investigar la interacción entre la actividad reciente del cabeceo y la frecuencia actual realización del ejercicio, así como las consecuencias de la exposición a largo plazo de esta técnica.

Webbe y Ochs (2013) evaluaron el rendimiento cognitivo del jugadores amateur masculino y futbolistas profesionales de edades comprendidas entre los 16 y 34 años. A los participantes se les administró una batería de 6 pruebas neuropsicológicas y se les proporcionó un informe de sus prácticas de cabeceo respondiendo a una entrevista estructurada.

Los jugadores con las estimaciones más altas auto informadas del número de golpes al balón con la cabeza en los 7 días anteriores obtuvieron calificaciones significativamente más bajas en las pruebas que midieron el aprendizaje verbal, el desempeño conceptual basado en la palabra, la planificación y la atención, y la velocidad de procesamiento de la información que los otros grupos, caracterizados por frecuencia de golpes al balón con la cabeza (alta, moderada o baja) y frecuencia (presencia o ausencia de práctica de golpes al balón con la cabeza dentro de los 7 días anteriores).

Por otro lado, la comparación básica del rendimiento neuropsicológico de los futbolistas frente a los atletas de control emparejados por edad y género, así como la comparación entre los grupos mostró, a lo sumo, un efecto de golpes al balón con la cabeza débil. Además, no se encontró un efecto significativo para las estimaciones del rendimiento neuropsicológico. Los investigadores argumentan que aunque no

es posible aislar el rumbo de otras fuentes de impactos en la cabeza, los resultados sugieren que el rumbo de la pelota puede ser un factor suficiente para deprimir, al menos temporalmente, el funcionamiento cognitivo en algunos jugadores.

Rutherford et al. (2015) compararon jugadores masculinos de fútbol universitario (con una edad media de 20,5 años) con jugadores de rugby y de deporte sin contacto de edad y género, en un rango de 16 pruebas neuropsicológicas. La incidencia acumulada de lesiones en la cabeza y los golpes al balón con la cabeza acumulativo, un cálculo aproximado de la exposición a largo plazo, se estimaron mediante autoinformes y una combinación de observación y autoinformes, respectivamente.

La única diferencia significativa entre los grupos fue en las puntuaciones de precisión de la Prueba de rendimiento de atención (TAP) - Atención dividida (Zimmermann, 2017). Después del control de la influencia de la cantidad de lesiones en la cabeza sufridas, el rendimiento de los jugadores de fútbol fue significativamente peor que el de los jugadores de rugby y de deportes sin contacto. La lesión en la cabeza acumulada fue un predictor marginal de Trail Making Test B, que mide el control ejecutivo, y las latencias de atención dividida de TAP de manera positiva.

Los autores enfatizan que, como consecuencia del análisis exploratorio, sería inapropiado interpretar sus resultados como evidencia clara de una asociación entre la práctica de fútbol, incluyendo los golpes al balón con la cabeza y el deterioro neuropsicológico. Como señalan, este estudio se limita a identificar las relaciones que merecen un examen confirmatorio adicional.

Zhang et al. (2018) intentaron investigar si el contacto frecuente de cabeza con el balón podría causar disfunciones cognitivas y lesiones cerebrales en los jugadores de fútbol y comparó dos grupos de estudiantes de secundaria de 15 a 18 años (jugadores de fútbol y no futbolistas) mediante el uso de un enfoque basado en tablas diseñados para evaluar el funcionamiento ejecutivo.

Este estudio involucró una tarea en la cual un objetivo visual apareció aleatoriamente en una de las cuatro ubicaciones en la pantalla. En la primera situación, el participante recibió instrucciones de tocar el cuadro de respuesta que contenía el objetivo y, en la segunda situación, el sujeto tenía que tocar el cuadro de respuesta frente a la ubicación del objetivo.

Todos los jugadores de fútbol realizaron ejercicios de tiros a la portería con la cabeza durante la sesión de práctica antes de la prueba, con una media de 6 balones en la cabeza por sesión basados en autoinformes. Ningún participante en el grupo no futbolístico realizó ejercicios de tiros a la portería con la cabeza antes de la prueba. Por lo tanto, los autores exploraron las consecuencias de la exposición inmediata.

Aunque no hubo diferencias entre los grupos en los tiempos de reacción en la primera situación, los jugadores de fútbol fueron más lentos que los sujetos de control en la segunda situación, lo que indica una interrupción específica de las respuestas voluntarias. Además, los datos mostraron una asociación entre tiempos de reacción más lentos y mayores horas de fútbol por semana y años de experiencia en el fútbol.

Según los investigadores, los resultados sugieren que incluso los impactos subconvulsivos podrían estar asociados con cambios en la función cognitiva que son

consistentes con una lesión cerebral traumática al nivel de los lóbulos frontales. Sin embargo, se necesitan más estudios para evaluar a los jugadores de fútbol durante períodos más largos para investigar si estos cambios son transitorios o más duraderos. Aunque algunos estudios han sugerido un cierto grado de asociación entre los ejercicios de cabeceo y el deterioro de la función cerebral, otros no han corroborado este resultado.

Un estudio inicial realizado por Tysvaer y Storli (1981), que abordó los efectos de la exposición a largo plazo de los ejercicios de tiros a la portería con la cabeza, tuvo como objetivo examinar en qué medida el ejercicio producía molestias o problemas permanentes en la cabeza de futbolistas profesionales masculinos, de edades comprendidas entre 18 y 34 años, respondieron un cuestionario elaborado para registrar la incidencia de lesiones en la cabeza debido al cabeceo. Ninguno de los jugadores había sido operado por hematoma epidural o subdural u otro daño cerebral, solo unos pocos habían sufrido una conmoción cerebral.

Los resultados también mostraron que el 50% de los jugadores informaron síntomas agudos (por ejemplo, desorientación), el 16,4% de los síntomas prolongados relacionados (por ejemplo, dolor de cabeza) y solo el 4,7% describió los síntomas prolongados (por ejemplo, memoria debilitada). De acuerdo con los autores, los datos del cuestionario sugieren que parece haber un bajo porcentaje de lesiones graves en la cabeza asociadas con la práctica de ejercicios de tiros a la portería con la cabeza, aunque reconocen que puede ser peligroso y se debe prestar atención para enseñar a los jugadores jóvenes cómo dirigirse correctamente.

Putukian et al. (2015) investigaron las consecuencias de la exposición inmediata a los ejercicios de tiros con la cabeza, evaluando la función cognitiva de los jugadores de fútbol universitario masculino y femenino antes y después de las sesiones de entrenamiento típicas. La batería neuropsicológica midió el tiempo de reacción, la concentración, la capacidad de atención, la velocidad de procesamiento de la información, la atención dividida y la resolución activa de problemas.

En una sesión, los atletas participaron en prácticas de cabeceo y, en la otra sesión, se abstuvieron de dirigirse durante los ejercicios. Los resultados no mostraron diferencias en las pruebas previas o posteriores a las pruebas entre los grupos que realizaron ejercicios de tiros a la portería con la cabeza y los que no. Se encontró un efecto en la práctica, ya que hubo un aumento en los puntajes posteriores a la prueba en comparación con los anteriores, que fue consistente entre los grupos.

También hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres en algunas variables de pruebas cognitivas. Como argumentaron los investigadores, este estudio fue de naturaleza exploratoria y solo examinó el efecto agudo de dirigir un número limitado de pruebas neuropsicológicas y con una muestra limitada.

En un estudio con una población más joven, Janda et al. (2002) evaluaron el efecto de los impactos repetitivos en la cabeza en jugadores de fútbol amateur masculinos y femeninos con una edad media de 11.5 años, mediante el uso de un protocolo de pruebas neuropsicológicas y la documentación de los síntomas de conmoción cerebral. Los jugadores fueron seguidos durante un período de tres temporadas durante el primer año y un subgrupo de jugadores masculinos fue seguido por un año adicional. Por lo tanto, se investigó una

exposición a corto plazo en este estudio. El número de veces que un jugador cabeceó el balón fue monitoreado a lo largo de las temporadas.

Al comparar los resultados de la pretemporada con los de la posttemporada, los autores no encontraron diferencias significativas. Además, no hubo evidencia de diferencia entre las puntuaciones en este estudio y las normas estandarizadas. Los datos no mostraron una correlación significativa entre el número de impactos de balón y el rendimiento cognitivo, con la excepción de una asociación inversa débil que involucra el aprendizaje verbal en el segundo año. Cabe destacar, sin embargo, el hecho de que, en el primer año, el 49% de los jugadores se quejaron de dolores de cabeza después de cabecear el balón. Como lo señalaron los autores, no está claro si los dolores de cabeza informados fueron consecuencia de lesiones leves en la cabeza o más bien dolor localizado en la región del impacto.

Stephens et al. (2015) compararon los puntajes de las pruebas neuropsicológicas de los jugadores de fútbol masculino del equipo escolar con los de los jugadores de rugby masculinos y los de deportes sin contacto, todos de edades comprendidas entre 13 y 16 años. La incidencia acumulada de lesiones en la cabeza y el encabezamiento acumulativo, un cálculo aproximado de la exposición a largo plazo de ejercicios de tiros con la cabeza o, se estimaron mediante autoinformes y una combinación de observación y autoinformes, respectivamente.

Los resultados no mostraron diferencias significativas entre los grupos en las puntuaciones de 13 pruebas neuropsicológicas. Además, no hubo relación entre el traumatismo craneal acumulado o el cabeceo acumulativo y el funcionamiento cognitivo. La única excepción fue una predicción marginal de las

puntuaciones de precisión de Atención Dividida por TAP por cabeceo acumulativo, consistente con la hipótesis de estudio de un desempeño de pruebas neuropsicológicas más deficiente con un cabeceo acumulativo en aumento. Según los investigadores, aunque esta variable debe considerarse en una investigación adicional, es más apropiada una interpretación de los efectos de cabeceo en estos jugadores de fútbol adolescentes hasta que se conozcan los resultados de los análisis confirmatorios.

Otro estudio, realizado por Straume-Naesheim et al. (2015) examinaron la asociación entre la exposición a largo plazo en el cabeceo y las conmociones cerebrales previas con el rendimiento en las pruebas neuropsicológicas de los jugadores de fútbol profesional masculinos con una edad media de 25,6 años.

Los atletas completaron un cuestionario que evaluó la exposición del encabezado y las conmociones cerebrales previas, y se observó un subgrupo de jugadores en dos a cuatro partidos para el conteo directo de las acciones del encabezado. Todos los participantes fueron sometidos a la batería de prueba neuropsicológica basada en computadora CogSport (Collie, A., Darby, D., & Maruff, P., 2015), que mide la función motora, la toma de decisiones, la atención simple, dividida y compleja, la memoria de trabajo y el aprendizaje y la memoria. Los resultados no mostraron asociación entre la coincidencia estimada o la exposición de ejercicios de tiros con la cabeza y el rendimiento cognitivo.

Es importante destacar que el número de cabeceos auto informados se correlacionó bien con los valores observados. Solo el 1.5% de los jugadores calificaron como valores atípicos para una o más subtarefas en comparación con el rango normal. El número de conmociones cerebrales previas se asoció positivamente con

la exposición de los ejercicios de tiros con la cabeza, pero no hubo asociación entre las conmociones cerebrales previas y el rendimiento cognitivo. Aunque este estudio tiene algunas limitaciones importantes, no revela evidencia de deterioro cognitivo causado por un traumatismo subconvulsivo y de conmoción cerebral en el fútbol.

Kaminski et al. (2017) investigaron si existía una relación entre la frecuencia de ejercicios de tiros con la cabeza tomados en una temporada, lo que caracteriza una exposición a corto plazo y las puntuaciones en función cognitiva y equilibrio en jugadoras de fútbol de secundaria y universitarias (edad promedio 15.1 y 19,1 años, respectivamente). El estudio también involucró a un grupo de control universitario de edad y género similares, cuyos miembros no participaban en ningún deporte organizado.

Antes e inmediatamente después de la temporada de fútbol, a todos los participantes se les dio una batería de pruebas neuropsicológicas y de estabilidad postural. Los datos de la partida se documentaron contando la cantidad de veces que cada jugador cabeceó la pelota durante los juegos realizados. Tanto en la universidad como en los grupos de la escuela secundaria, no hubo correlaciones significativas en los cambios en las puntuaciones de todas las medidas de resultados desde la pretemporada hasta la posttemporada.

Además, los autores no encontraron diferencias significativas entre los tres grupos en los puntajes de las pruebas neuropsicológicas posteriores a la temporada, que midieron la concentración y la memoria inmediata y la memoria verbal. La única diferencia significativa se observó en los puntajes de balance de la posttemporada entre los jugadores universitarios y los otros dos grupos, ya que el primer grupo tuvo un peor desempeño. Sin

embargo, mientras que los grupos de escuela secundaria y de control mejoraron ligeramente desde la pretemporada a la posttemporada, el grupo universitario no cambió, lo que sugiere que una temporada de participación en el fútbol no tuvo un efecto perjudicial en el control postural. Por lo tanto, en general, los resultados no mostraron evidencia de déficit cognitivo o de equilibrio en las jugadoras de fútbol femenino.

En un estudio adicional, que también involucra a jugadoras de fútbol de la escuela secundaria y que explora los efectos de la exposición de títulos a corto plazo, Kaminski et al. (2018) evaluaron el rendimiento de las pruebas neuropsicológicas computarizadas antes y después de una temporada de fútbol competitiva y midieron el número de tiros con la cabeza por partido. No hubo relación entre el cabeceo intencional y el rendimiento neuropsicológico.

Los resultados indicaron que ninguna de las medidas cognitivas se deterioró. Curiosamente, dos medidas mostraron mejoras pequeñas pero significativas con respecto a la línea de base, que los autores atribuyen a un efecto de práctica de prueba y prueba. Aunque esta investigación involucró a un gran número de participantes y proporcionó una perspectiva sobre una temporada de juego, se necesitan estudios que incluyan períodos de tiempo más largos para ayudar a responder la pregunta sobre los posibles efectos a largo plazo de la práctica de cabeceo.

Con el objetivo de comparar los efectos de la exposición a los ejercicios de golpes a el balón con la cabeza a corto plazo baja, moderada y alta, Kontos et al. (2015) investigaron jugadores de fútbol amateur masculinos y femeninos, con edades entre 13 y 18 años, sobre el rendimiento cognitivo computarizado y los síntomas. Los participantes completaron la Evaluación Inmediata Posterior a la Conversación y las

Pruebas Cognitivas (ImPACT), una batería de prueba previamente validada utilizada para evaluar y manejar las conmociones cerebrales en los deportes (Schatz, P., Pardini, J. E., Lovell, M. R., Collins, M. W., & Podell, K., 2016), que incluye un informe de síntomas de conmoción cerebral y mide la memoria verbal, la memoria visual, la velocidad de procesamiento del motor, la reacción-tiempo, y control de impulsos.

Los investigadores registraron números observados para cada jugador durante dos prácticas y juegos seleccionados al azar para cada uno de los equipos de fútbol durante una temporada. Los resultados no mostraron diferencias en el rendimiento cognitivo computarizado ni en los síntomas entre los grupos de exposición de ejercicios de golpes a el balón con la cabeza bajo, moderado y alto. Además, la muestra de jugadores de fútbol obtuvo puntuaciones significativamente más altas en todas las tareas cognitivas y reportó menos síntomas que las normas del percentil 10 (es decir, inusualmente bajas) que coinciden con la edad y el género.

Una comparación entre los géneros reveló que los hombres cabecean la pelota con mayor frecuencia y mostraban puntuaciones más bajas en la memoria visual y en la velocidad de procesamiento motor que las mujeres. Según los investigadores, los hallazgos no apoyan una relación entre la exposición a los ejercicios de golpes a el balón con la cabeza de fútbol y el deterioro cognitivo y los síntomas en jugadores de fútbol masculino y femenino. Sugieren que si existe alguna asociación, es sutil y puede afectar solo a un pequeño número de atletas, lo que merece una investigación futura.

Vann Jones et al. (2016) cuestionaron si la exposición a largo plazo del título se asoció con un deterioro cognitivo persistente. Los

jugadores de fútbol profesional retirados masculinos debían completar una prueba de cognición autoevaluada, el cuestionario Test Your Memory, una herramienta previamente validada. Se recopiló información adicional para analizar el efecto potencial de varias variables sobre la cognición. La edad media de los participantes y la duración media de la carrera profesional fue de 67.4 y 13.8 años, respectivamente.

Los resultados mostraron que el 10.9% de los que respondieron obtuvieron una puntuación positiva para un posible deterioro cognitivo leve o demencia. No hubo asociación entre las posiciones de juego de bajo riesgo y de alto riesgo, respectivamente, asociadas con la reducción y mayor frecuencia de la partida, así como la duración de la carrera como jugador, y un resultado positivo en la selección. Como se esperaba, la edad era un factor de riesgo, aunque no era significativamente diferente de la prevalencia de la población local para el deterioro cognitivo leve en los grupos de edad mayores de 65 años.

Por lo tanto, los resultados demostraron que no hay evidencia de asociación entre la lesión craneal subconcusiva crónica en el fútbol y el deterioro cognitivo acelerado. Los autores sugieren que el deterioro cognitivo a corto y mediano plazo causado por el cabeceo solo puede ser transitorio. Por lo tanto, una vez que los jugadores terminan sus carreras como jugadores, su riesgo de deterioro cognitivo se alinearé con la población. Sin embargo, se necesitan estudios longitudinales futuros que incluyan muestras más grandes de jugadores de fútbol profesional para apoyar estos hallazgos.

### **Conclusiones**

La investigación sobre los efectos del cabeceo en la estructura y función del cerebro ha producido resultados interesantes, pero los

hallazgos aún no son concluyentes. Hay muy pocos estudios que incluyan técnicas de neuroimagen para investigar posibles asociaciones entre la práctica de golpes al balón con la cabeza y las anomalías de la estructura cerebral en jugadores de fútbol. Además, un pequeño número de estudios han evaluado marcadores bioquímicos de lesión cerebral en estos individuos. Las tecnologías de neuroimagen y biomarcadores son áreas prometedoras de investigación que deberían explorarse más en futuras investigaciones para evaluar los efectos del cabeceo del balón.

Si bien la cantidad de estudios que abordan los efectos de los impactos subconvulsivos en la función cerebral es relativamente mayor, en comparación con la cantidad de investigaciones centradas en la estructura cerebral, persisten las preguntas sobre si el rumbo es perjudicial para el funcionamiento cognitivo.

Muchos de estos estudios tienen limitaciones metodológicas, que deben tenerse en cuenta al considerar las discrepancias en los resultados, incluida la falta de un grupo de control adecuado, la falta de control de los antecedentes de conmoción cerebral, la falta de detección del consumo de alcohol, las estimaciones de la exposición a los ejercicios de golpes a el balón con la cabeza según la autoevaluación. Informes, tamaño de muestra pequeño, tasas de respuesta bajas o desconocidas, métodos estadísticos inapropiados, entre otros.

También es importante tener en cuenta que la mayoría de las investigaciones en esta área se han concentrado en jugadores de fútbol masculino. El crecimiento de la población de fútbol femenino en todos los niveles de competencia llama la atención sobre la necesidad de incluir a estos atletas en estudios posteriores.

Se ha estimado que los futbolistas profesionales juegan aproximadamente 300 juegos y golpean el balón con la cabeza más de 2000 veces durante sus carreras.

La técnica de cabeceo es compleja y varía para diferentes situaciones de juego. La técnica adecuada de cabeceo, que implica la estabilización de la musculatura del cuello y el torso para reducir las fuerzas de rotación, puede proteger a los jugadores de fútbol de posibles efectos perjudiciales. En este sentido, los jugadores más jóvenes pueden correr un gran riesgo de sufrir lesiones en la cabeza y el cuello debido a su partida, ya que su técnica aún no está completamente desarrollada. Al aprender esta habilidad, es probable que se produzcan varios impactos utilizando una técnica inadecuada. Además, un estudio sobre fútbol femenino de secundaria.

Además, un estudio con jugadoras de fútbol femenino (Gutierrez, G. M., Conte, C., & Lightbourne, K., 2014) demostró correlaciones significativas, aunque moderadas, negativas entre la fuerza del cuello y la aceleración de la cabeza desde la cabecera. Por lo tanto, como lo señalaron los autores, los resultados sugieren que los atletas con cuellos más débiles no pueden tolerar los golpes, así como los atletas con cuellos más fuertes. Por lo tanto, podrían ser valiosos más estudios que involucren a individuos en los años formativos de desarrollo de las habilidades del fútbol, incluidas las investigaciones sobre la validez del equipo de protección y los balones de fútbol apropiados para la edad.

Teniendo en cuenta que el fútbol se extiende a todo el mundo y que actualmente es el deporte más jugado, las consecuencias a largo plazo del traumatismo cerebral por conmoción cerebral y subconvulsivo relacionado con el fútbol puede representar un importante problema de salud



pública. Como lo enfatizan algunos autores (Montenegro, P. H., Stein, T. D., Cantu, R. C., & Stern, R. A., 2019), aunque puede ocurrir un espectro de lesiones neurológicas crónicas, una preocupación principal es la encefalopatía traumática crónica. Todos los casos confirmados neuropatológicamente de esta enfermedad neurodegenerativa tienen antecedentes de traumatismo cerebral repetitivo, aunque no todos los individuos con tal historia desarrollan la patología.

Se necesitan estudios adicionales, especialmente con diseños longitudinales, para aclarar la importancia clínica de los golpes en la cabeza en la práctica del fútbol como causa de lesión cerebral, que sigue siendo controvertida y sin explorar, e identificar factores de riesgo. Dichas investigaciones podrían contribuir al establecimiento de pautas de seguridad que podrían ayudar a minimizar el riesgo de posibles efectos adversos del fútbol en la estructura y función del cerebro.

### Referencias Bibliográficas

- Bailes, J. E., Petraglia, A. L., Omalu, B. I., Nauman, E., & Talavage, T. (2013). Role of subconcussion in repetitive mild traumatic brain injury: a review. *Journal of neurosurgery*, 119(5), 1235-1245.
- Bamaç, B. T. (2011). Effects of repeatedly heading a soccer ball on serum levels of two neurotrophic factors of brain tissue, BDNF and NGF, in professional soccer players. *Biology of Sport* 28(3), 177.
- Collie, A., Darby, D., & Maruff, P. . (2015). Computerised cognitive assessment of athletes with sports related head injury. *British journal of sports medicine*, 35(5), 297-302.
- Comstock RD, Currie DW, Pierpoint LA, Grubenhoff JA, Fields SK. . (2016). An evidence-based discussion of heading the ball and concussions in high-school soccer. *JAMA Pediatr* 169:830–7.
- Covassin, T., Swanik, C. B., & Sachs, M. L. . (2013). Epidemiological considerations of concussions among intercollegiate athletes. *Applied neuropsychology*, 10(1), 12-22.
- Downs, D. S., & Abwender, D. . (2013). Journal of sports medicine and physical fitness, 42(1), *Neuropsychological impairment in soccer athletes.* , 103.
- Gutierrez, G. M., Conte, C., & Lightbourne, K. (2014). The relationship between impact force, neck strength, and neurocognitive performance in soccer heading in adolescent females. *Pediatric exercise science*, 26(1), 33-40.
- Herrmann, M., Curio, N., Jost, S., Wunderlich, M. T., Synowitz, H., & Wallesch, C. W. (2014). Protein S-100B and neuron specific enolase as early neurobiochemical markers of the severity of traumatic brain injury. *Restorative neurology and neuroscience*, 14, no 2-3, 109-114.
- Hicks, R. R. (2015). Mild experimental brain injury differentially alters the expression of neurotrophin and neurotrophin receptor mRNAs in the hippocampus. *Experimental neurology*, 160(2), 469-478.
- Janda, D. H., Bir, C. A., & Cheney, A. L. . (2002). An evaluation of the cumulative concussive effect of soccer heading in the youth population. *Injury control and safety promotion*, 9(1), 25-31.
- Jones, S. A. (2016). Heading in football, long-term cognitive decline and dementia: evidence from screening retired professional footballers. *Br J Sports Med*, 48(2), 159-161.
- Jordan, S. E. (2016). Acute and chronic brain injury in United States National Team soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(2), 205-210.
- Kaminski, T. W. (2017). Purposeful heading during a season does not influence cognitive function or balance in female soccer players. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 29(7), 742-753.
- Kaminski, T. W. (2018). Examining the relationship between purposeful heading in soccer and computerized neuropsychological test performance.

- Research quarterly for exercise and sport*, 79(2), 235-244.
- Koerte, I. K. (2015). Altered neurochemistry in former professional soccer players without a history of concussion. *Journal of neurotrauma*, 32(17), 1287-1293., 1287-1293.
- Koerte, I. K. (2016). Cortical thinning in former professional soccer players. *Brain imaging and behavior*, 10(3), 792-798.
- Kontos, A. P. (2015). Relationship of soccer heading to computerized neurocognitive performance and symptoms among female and male youth soccer players. *Brain injury*, 25(12), 1234-1241.
- Kunz, M. (2007). 265 million playing football. *FIFA magazine*, 7, 11-5.
- Levy, M. L., Kasasbeh, A. S., Baird, L. C., Amene, C., Skeen, J., & Marshall, L. (2013). Concussions in soccer: a current understanding. *World neurosurgery*, 78(5), 535-544.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., & Loring, D. W. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford Univer. Press.
- Lipton ML, Kim N, Zimmerman ME, Kim M, Stewart WF, Branch CA, et al. (2013). Soccer heading is associated with white matter microstructural and cognitive abnormalities. *Radiology* 268:, 850–857.
- Matser, J. T. (1998). Chronic traumatic brain injury in professional soccer players. *Neurology*, 51(3), 791-796.
- Matser, J. T., Kessels, A. G. H., Jordan, B. D., Lezak, M. D., & Troost, J. (2008). Chronic traumatic brain injury in professional soccer players. *Neurology*, 51(3), 791-796.
- Montenegro, P. H., Stein, T. D., Cantu, R. C., & Stern, R. A. (2019). Chronic traumatic encephalopathy: historical origins and current perspective. *Annual review of clinical psychology*, 11.
- Mussack, T., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., & Jochum, M. (2013). Serum S-100B protein levels in young amateur soccer players after controlled heading and normal exercise. *European journal of medical research*, 8(10), 457-464.
- O’Kane, J. W., Spieker, A., Levy, M. R., Neradilek, M., Polissar, N. L., & Schiff, M. A. (2014). Concussion among female middle-school soccer players. *JAMA pediatrics*, 168(3), 258-264.
- Putukian, M. E. (2015). The acute neuropsychological effects of heading in soccer: a pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(2), 104-109.
- Rutherford, A., Stephens, R., Potter, D., & Fernie, G. (2015). Neuropsychological impairment as a consequence of football (soccer) play and football heading: preliminary analyses and report on university footballers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 27(3), 299-319.
- Schatz, P., Pardini, J. E., Lovell, M. R., Collins, M. W., & Podell, K. (2016). Sensitivity and specificity of the ImPACT Test Battery for concussion in athletes. *Archives of clinical neuropsychology*, 21(1), 91-99.
- Schmidt-Olsen, S., Jørgensen, U., Kaalund, S., & Sørensen, J. (1991). Injuries among young soccer players. *The American journal of sports medicine*, 19(3), 273-275.
- Shin, M. S., Park, S. Y., Park, S. R., Seol, S. H., & Kwon, J. S. (2006). Clinical and empirical applications of the Rey–Osterrieth complex figure test. *Nature protocols*, 1(2), 892.
- Sortland O, Tysvaer AT. (1989). Brain damage in former association football players: an evaluation by cerebral computed tomography. *Neuroradiology* 31:, 44–48.
- Stålnacke, B. M., & Sojka, P. (2018). Repeatedly heading a soccer ball does not increase serum levels of S-100B, a biochemical marker of brain tissue damage: an experimental study. *Biomarker insights*, 3, BMI-S359.
- Stålnacke, B. M., Ohlsson, A., Tegner, Y., & Sojka, P. (2016). Serum concentrations of two biochemical markers of brain tissue damage S-100B and neurone specific enolase are increased in elite female soccer players after a competitive game. *British journal of sports medicine* 40(4), 313-316.
- Stålnacke, B. M., Tegner, Y., & Sojka, P. (2014). Playing soccer increases serum concentrations of the biochemical markers of brain damage S-100B and neuron-specific

- enolase in elite players: a pilot study. *Brain Injury*, 18(9), 899-909.
- Straume-Naesheim, T. M., Andersen, T. E., Dvorak, J., & Bahr, R. (2015). Effects of heading exposure and previous concussions on neuropsychological performance among Norwegian elite footballers. *British journal of sports medicine*, 39(suppl 1), 170-177.
- Straume-Næsheim, T. M., Andersen, T. E., Jochum, M., Dvorak, J., & Bahr, R. (2018). Minor head trauma in soccer and serum levels of S100B. *Neurosurgery*, 62(6), 1297-1306.
- Tysvaer, A. &. (1981). Association football injuries to the brain. A preliminary report. *British journal of sports medicine*, 15(3), 163-166.
- Tysvaer, A. T., & Løchen, E. A. (2011). Soccer injuries to the brain: a neuropsychologic study of former soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 56-60.
- Webbe, F. M. (2013). Recency and frequency of soccer heading interact to decrease neurocognitive performance. *Applied neuropsychology*, 10(1), 31-41.
- Zetterberg, H. J. (2017). No neurochemical evidence for brain injury caused by heading in soccer. *British journal of sports medicine*, 41(9), 574-577.
- Zhang, M. R., Red, S. D., Lin, A. H., Patel, S. S., & Sereno, A. B.. (2018). Correction: evidence of cognitive dysfunction after soccer playing with ball heading using a novel tablet-based approach. *PLoS one*, 13(7), e0200450.
- Zimmermann, P. &. (2017). *Test for Attentional Performance (TAP), Version 2.1, Operating Manual*. Herzogenrath: PsyTest.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright (c) <sup>1</sup>Walter Ricardo García Vélez, <sup>2</sup>Ronal Alberto Feraud Cañizares, <sup>3</sup>Gonzalo Bladimir Gallardo Carbo.