

Conmociones cerebrales en deportistas. Impacto en las funciones audio-vestibulares, cognitivo-lingüísticas y del habla. Revisión de literatura

Zahida Campos¹
Maria Camila Pinzón²
Jeison Monroy Gómez³

Resumen

Introducción: En los últimos años, las conmociones cerebrales relacionadas con el deporte se han convertido en un problema de salud pública. Aunque, las afectaciones neurológicas asociadas a las conmociones a menudo desaparecen espontáneamente en poco tiempo, es necesario estudiar los efectos a mediano y largo plazo en funciones fisiológicas que involucran componentes auditivos, vestibulares y cognitivos desde una perspectiva fonoaudiológica y comunicativa. **Objetivo:** Documentar los efectos de las conmociones cerebrales sobre los procesos comunicativos de la audición, el lenguaje y el habla de deportistas. **Materiales y métodos:** Se realizó una búsqueda de literatura en las bases de datos PubMed, ASHA: American Speech-Language-Hearing Association y Google Scholar sobre conmociones cerebrales asociadas al deporte y sus consecuencias a nivel auditivo-vestibular, cognitivo-lingüístico y de procesos motores del habla. Se seleccionaron artículos publicados en los últimos 5 años que cumplieran con los

criterios de inclusión. **Resultados:** Los estudios muestran que las conmociones se asocian con alteraciones en el procesamiento auditivo central, pérdida auditiva neurosensorial, hiperacusia, problemas de equilibrio y deficiencias en la comprensión y producción del lenguaje. Estas deficiencias conductuales, cognitivas y lingüísticas comprometen la capacidad de comunicación e interacción interpersonal de los deportistas. **Conclusiones:** Las conmociones cerebrales afectan directamente los procesos de comunicación e interacción interpersonal debido a las deficiencias conductuales, impactos en las funciones cognitivas, lingüísticas y sociales que comprometen la capacidad de comunicación. Se deben adecuar los instrumentos de evaluación fonoaudiológica y hacer inmersión en campos de acción poco explorados, como lo es el de las conmociones cerebrales asociadas al deporte.

Palabras clave: conmoción Cerebral, traumatismos en atletas, comunicación, Fonoaudiología.

¹ Fonoaudiología. Egresada Fundación Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación. Bogotá, Colombia. zahida.campos@ecr.edu.co

 ORCID: 0009-0009-6991-1500. **Google Scholar**

² Fonoaudióloga. Especialista en Audiología, Magister en Innovación Educativa. Grupo de Investigación Capacidades Humanas, Salud e Inclusión. Programa de fonoaudiología, Fundación Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación. Bogotá, Colombia. maria.pinzon@ecr.edu.co

 ORCID: 0000-0002-6548-6991. **Google Scholar**

³ Biólogo. Especialista en Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica, Magister en Neurociencias, Doctorando en Dirección de Proyectos. Grupo de Investigación Neurociencias Aplicadas a la Salud y el Deporte. Programa de Fisioterapia, Fundación Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación. Bogotá, Colombia. jeison.monroy@ecr.edu.co

 ORCID: 0000-0001-9765-0461. **Google Scholar**

Concussions in Athletes and Their Effects on Audiovestibular, Cognitive-Linguistic, and Speech Functions. Literature Review

Abstract

Introduction: In recent years, sports-related concussions have become a public health concern. While the neurological effects of concussions are often resolved quickly, it is important to study their medium- and long-term effects on auditory, vestibular, and cognitive functions from phonoaudiological and communication perspectives. **Objective:** To document the effects of concussions on hearing, speech, and language communication processes in athletes. **Materials and Methods:** A literature search was performed in the following databases: PubMed, ASHA, the American Speech-Language-Hearing Association, and Google Scholar for articles on sports-related concussions and their consequences at the auditory-vestibular, cognitive-linguistic, and

speech-motor levels. Articles published within the last five years that met the inclusion criteria were selected. **Results:** The studies show that concussions are associated with alterations in central auditory processing, sensorineural hearing loss, hyperacusis, balance problems, and deficits in language comprehension and production. These behavioral, cognitive, and linguistic deficits affect athletes' ability to communicate and interact with others. **Conclusions:** Concussions directly impact communication and interpersonal interaction by causing behavioral deficits and affecting cognitive, linguistic, and social functions, which impairs communication ability. Therefore, it is necessary to adapt phonoaudiological assessment tools and deepen research in understudied areas, such as concussions in sports.

Key words: Brain Concussion, Athletic Injuries, Communication, Speech, Language and Hearing Sciences.

Introducción

La conmoción cerebral relacionada con el deporte (SRC, por sus siglas en inglés) se define clásicamente como una lesión cerebral traumática causada por el impacto con un oponente, un compañero de equipo, el suelo o un elemento del equipo durante la práctica deportiva, que puede resultar en alteraciones transitorias en la función cerebral (Helmich *et al.*, 2020; Doperak *et al.*, 2019). En el ámbito deportivo, los problemas asociados a la conmoción cerebral son comunes y a menudo coexisten con otras dificultades sensoriales y cognitivas (White-Schwoch *et al.*, 2020).

En Estados Unidos se han reportado anomalías vestibulares en aproximadamente 80 % de los pacientes con conmoción cerebral, quienes tardan entre 6 y 29 días para retomar sus

actividades escolares y deportivas (Sinnott *et al.*, 2019; Crampton *et al.*, 2021). Síntomas como disfunción vestibular, déficits de equilibrio, alteraciones del control postural, vómitos, mareos, náuseas, confusión, inestabilidad visual, pérdida auditiva y una mayor probabilidad de síndrome posconmocional se han identificado en el 67 % al 81 % de los atletas con conmociones cerebrales (Sinnott *et al.*, 2019; Quintana *et al.*, 2021; Smólka *et al.*, 2020). Además, los mareos y la sensibilidad al ruido se han correlacionado con la duración de las conmociones, mientras que el desequilibrio y la sensibilidad al ruido se ha relacionado con el regreso prolongado a la actividad competitiva (Christy *et al.*, 2019; Möhwald *et al.*, 2020).

Más allá de los trastornos auditivo-vestibular, las SRC también generan reducciones en el rendimiento cognitivo, como en memoria

verbal y visual (recuerdo inmediato y diferido), velocidad de procesamiento de la información, control de impulsos, orientación y atención (Caccese *et al.*, 2021); así como dificultades en actividades que requieren operaciones léxico-semánticas complejas, denominación por confrontación, fluidez verbal, lectura de palabras y escritura narrativa (Stockbridge y Newman, 2019; LeBlanc *et al.*, 2020). Estas alteraciones tienen implicaciones en la calidad de vida relacionada con la salud y el funcionamiento de los atletas, como restricciones en la movilidad, caídas y consecuencias psicológicas como ansiedad, trastorno del pánico y depresión (Möhwald *et al.*, 2020), que en conjunto pueden generar deficiencias en la competencia social de los deportistas (Elbourn *et al.*, 2019).

La evaluación y rehabilitación de la comunicación en las conmociones cerebrales requiere un enfoque multifacético que incluya la comunicación cotidiana en entornos naturales, los fonoaudiólogos pueden desempeñar un papel fundamental en el manejo de la conmoción cerebral debido a su experiencia en la evaluación, el diagnóstico y el tratamiento de las alteraciones cognitivo-lingüísticas asociadas a estas lesiones cerebrales. Además, pueden proporcionar una perspectiva integral y funcional, facilitando el trabajo del equipo de gestión de conmociones cerebrales (Weidner y Lowman, 2020; Doll *et al.*, 2021). Por lo anterior, esta revisión busca documentar los efectos de las conmociones cerebrales sobre los procesos comunicativos de deportistas, a través de las manifestaciones auditivo-vestibulares, cognitivo-lingüísticas y algunas relacionadas con los procesos motores básicos del habla, así como el impacto en las dinámicas comunicativas y las relaciones interpersonales.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un estudio descriptivo con diseño de revisión de literatura entre noviembre de 2022 y marzo de 2023. La búsqueda se

realizó en las bases de datos electrónicas PubMed, ASHA (American Speech Hearing Association), American Speech-Language-Hearing Association y Google scholar. Las palabras claves que se utilizaron en el estudio fueron: “vestibular system”, “audiology”, “sport”, “speech therapy”, “communication”, “concussions”, “communication process” “concussions related with sport”; separados por el marcador booleano “and”.

Como criterios de inclusión se definieron documentos tipo: artículo original, revisión sistemática, metaanálisis, estudios de caso y ensayos clínicos publicados en los últimos 5 años, y se seleccionaron artículos que contenían información y datos relacionados con las conmociones cerebrales asociadas al deporte junto con las consecuencias, cambios y/o alteraciones a nivel auditivo-vestibular, cognitivo- lingüísticos y algunos relacionados con los procesos motores básicos del habla.

Se construyó una matriz documental donde se plasmaron los datos bibliográficos como el título, el tipo de estudio, los autores y el resumen. Se identificó y eliminó aquellos artículos duplicados, quedando un total de 50 artículos. Tras depurar la base de datos, se realizó la lectura del resumen y las palabras clave, donde se determinó los artículos que incluían los temas de interés para esta investigación, quedando 44 artículos. Cada uno de los artículos seleccionados fueron leídos y analizados para identificar el tipo de estudio, los autores, el resumen, el objetivo general, la población, el tiempo de evolución desde la SRC, los signos y síntomas, las variables evaluadas y la descripción de procedimiento de evaluación. Finalmente, toda la información recolectada se interpretó y utilizó para construir los resultados y generar discusiones sobre la relación entre los efectos de las SRC y los procesos comunicativos de los deportistas a partir de los cambios y/o alteraciones en las funciones auditivo-vestibulares, cognitivas, lingüísticas y aquellas relacionadas con el habla.

Resultados

Las conmociones cerebrales relacionadas con el deporte han sido documentadas en jóvenes deportistas, deportistas retirados y adultos con lesiones cerebrales traumáticas de tipo leve (Elbin *et al.*, 2018; Rauterkus *et al.*, 2021); estas se consideran un tipo de lesión cerebral traumática leve cuyos síntomas se resuelven rápidamente (Assi *et al.*, 2018; Büttner *et al.*, 2020), y la recuperación clínica en la mayoría de los atletas suele tardar entre 3 y 10 días (Doperak *et al.*, 2019). Sin embargo, en algunos casos los déficits en la función neurocognitiva y sensoriomotora persisten más allá del tiempo agudo de lesión y del periodo de sintomatología clínica (Büttner *et al.*, 2020; Murray *et al.*, 2019).

Efectos de las conmociones cerebrales sobre la función auditiva de deportistas

Los estudios de los déficits auditivos en personas con conmoción cerebral, relacionados con el deporte, demuestran que los atletas presentan dificultades para memorizar información, para prestar atención cuando la gente habla y para encontrar palabras (Vander Werff y Rieger, 2019a). Las investigaciones sobre la relación del procesamiento auditivo frente a un estímulo de habla reportan que en adultos mayores se presentan complicaciones posteriores a la conmoción cerebral a largo plazo, en comparación con sujetos sanos (Vander Werff y Rieger, 2019b). Los registros electrofisiológicos determinaron que las formas de onda de grupos con antecedentes de conmoción tienen amplitudes más pequeñas, tanto en condiciones de silencio como de ruido, mayores cambios de latencia, reducción de amplitud en el potencial P300, tiempos de reacción más largos, discriminación reducida y cambios en la representación neuronal del habla en etapas anteriores y posteriores al procesamiento auditivo (Vander Werff y Rieger, 2019a; Vander Werff y Rieger, 2019b).

Existe evidencia de que los adolescentes que sufrieron una conmoción cerebral tienen

respuestas neuronales más pequeñas y lentas a los estímulos del habla (Kraus *et al.*, 2017). Al comparar la Respuesta de Seguimiento de Frecuencia (FFR, por sus siglas en inglés) en un grupo de jóvenes futbolistas masculinos, antes y después de la conmoción cerebral, se presenta disminución significativa en la respuesta de seguimiento y las respuestas neuronales suprimidas frente a estímulos de sonido (Rauterkus *et al.*, 2021). Esta respuesta de seguimiento es un índice no invasivo de fidelidad de codificación en el cerebro, utilizada para estudiar la integridad, plasticidad y relevancia conductual de la codificación neural del sonido (Coffey *et al.*, 2019).

Algunos atletas con conmoción cerebral reportan dificultad para comprender el habla en ambientes ruidosos. Las pruebas clínicas practicadas en estos atletas evidencian resultados alterados en las tareas de comprensión de habla en ruido y uno o más resultados alterados en las pruebas psicofísicas que componen la batería audiológica básica (Hoover *et al.*, 2017). Además, la aplicación de la prueba de audición en ruido (HINT, por sus siglas en inglés), en jóvenes con conmociones cerebrales participantes de porrismo, fútbol, hockey, baloncesto y voleibol, revela que estos tienen desempeños inferiores que los grupos de deportistas sin conmociones, especialmente cuando tenían que repetir oraciones presentadas con ruido de fondo en forma de discurso (Thompson *et al.*, 2018).

La conmoción cerebral puede interrumpir el procesamiento de la frecuencia fundamental, una señal acústica clave para identificar y rastrear el habla (Kraus *et al.*, 2017). Los jóvenes con antecedentes de lesión pueden presentar mayor fatiga en el rendimiento de las pruebas, y los resultados sugieren que la escucha funcional, como la capacidad para comprender el habla en ruido y la capacidad para mantener esta habilidad a lo largo del tiempo –en condiciones auditivas exigentes– puede verse comprometida después de las SRC (Thompson *et al.*, 2018).

Otra consecuencia de las SRC en la variable auditiva estaría relacionada con la sensibilidad a los sonidos. El 50 % de atletas universitarios de fútbol, rugby, porrismo y voleibol reportaron sensibilidad a los sonidos luego de la lesión. En la prueba de crecimiento de sonoridad, los niveles de sonoridad fueron más bajos en el grupo de deportistas con conmoción cerebral, en comparación con el grupo sano especialmente en las categorías de alto, muy alto y demasiado alto. El grupo sensible al sonido mostró diferencias de -10 dB con respecto al grupo control para los ruidos fuertes (Assi *et al.*, 2018). También se han reportado casos de hipoacusia, como el de un joven deportista en la India que, después de un golpe en el lado derecho de la cabeza mientras jugaba fútbol, reportó hipoacusia bilateral. La evaluación con la batería audiológica básica mostró hipoacusia neurosensorial bilateral de leve a moderada, con reflejos ipsilaterales presentes y contralaterales ausentes, y las otoemisiones acústicas revelaron disfunción de las células ciliadas externas y pérdida auditiva neurosensorial de leve a moderada (Nithin *et al.*, 2022).

Efectos de las conmociones cerebrales sobre la función vestibular de deportistas

Las alteraciones vestibulares y del equilibrio han sido evaluadas en jóvenes deportistas con conmoción cerebral. La integridad de los canales semicirculares horizontales se ha evaluado mediante una silla giratoria, encontrando que, de 28 atletas con conmoción cerebral que no presentaban síntomas de mareos o dolor de cabeza, 4 no toleraron la aceleración armónica sinusoidal (aceleración en el eje vertical) y 11 pidieron detenerse en las frecuencias más altas. Sin embargo, la evaluación del sistema vestibular periférico mediante el Potencial Miogénico Evocado Vestibular Cervical (c-VEVP, por sus siglas en inglés) no evidenció diferencias significativas entre grupos con y sin conmoción (Christy *et al.*, 2019).

El equilibrio estático se evaluó con la Prueba de Organización Sensorial (SOT, por sus siglas en inglés), esta identificó niveles de rendimiento inferior en todas las condiciones para los atletas con antecedente de conmoción cerebral, con mayor balanceo en todas las condiciones (Christy *et al.*, 2019). Estos hallazgos contrastan con otros estudios en deportistas de fútbol americano y lacrosse con antecedente de lesión, en quienes no encontraron diferencias significativas en el desempeño de la SOT, en comparación con un grupo sano (Rosenblum *et al.*, 2020). Otros estudios en jugadores de rugby evaluaron las consecuencias de la conmoción en el equilibrio estático y dinámico luego de 17 meses, determinando que los deportistas con antecedente de lesión presentan alteraciones en el equilibrio dinámico, con menor control de movimiento y menos regularidad en el control de movimiento sobre el plano transversal en las direcciones anterior y posteromedial de la prueba de equilibrio en Y (Matthews *et al.*, 2021). Además, la aplicación del protocolo Concussion Balance Test (COLBAT), para la detección y manejo de las conmociones cerebrales a través de la placa de fuerza Bertec, demostró que alrededor del 50 % del grupo con antecedente de lesión no completaron la evaluación debido a mareos intensos o rangos de movimiento cervical activo inadecuado, con puntajes de balanceo más alto y control postural reducido (Massingale *et al.*, 2018).

Los estudios de la función del reflejo vestibulo-ocular (VOR) en atletas de baloncesto, fútbol, hockey, voleibol y lucha libre, con conmoción cerebral en comparación con un grupo sano, no hallaron signos de disfunción del canal semicircular horizontal mediante la prueba Video Head Impulse Test (VHIT), ni alteraciones en el sistema vestíbulo-espinal evaluado mediante el Balance Error Corning System (BESS) (Alkathiry *et al.*, 2019). Sin embargo, al utilizar el Vestibular Ocular Motor Screening (VOMS), los participantes con lesión demostraron peores síntomas ((Alkathiry *et al.*, 2019), lo cual coincide con los hallazgos

de Elbin *et al.*, (2018), quienes encontraron deterioro significativo en los resultados VOMS entre 8 y 14 días luego de la conmoción cerebral, relacionada con el fútbol, porrista, baloncesto y lucha libre, específicamente en componentes del reflejo en el eje vertical y sensibilidad en el movimiento visual.

Adicionalmente, se evaluó el procesamiento sensorial para la postura erguida con la aplicación de la traducción sinusoidal de la escena visual, Estimulación Vestibular Galvánica (GVS, por sus siglas en inglés), entre un grupo con antecedente, con lesión reciente, y un grupo sano, demostrando que existen alteraciones en la retroalimentación visual y vestibular para la postura después de una conmoción cerebral. Los sujetos con lesión reciente presentaron mayor dependencia de la retroalimentación visual y vestibular en ambientes desestabilizadores, resultando en una mayor sensibilidad sensorial para el control postural, con mayor desplazamiento y balanceo (Caccese *et al.*, 2021).

Por último, se ha reportado la aparición de vértigo postural paroxístico benigno (VPPB) posterior a una conmoción cerebral asociada al deporte. Un estudio realizado en 115 pacientes pediátricos, menores de 19 años, con SRC, identificó que el 10,4 % presentaban VPPB, con mayor prevalencia de VPPB unilateral del canal semicircular posterior y VPPB unilateral del canal semicircular anterior (Reimer *et al.*, 2020). Asimismo, se ha determinado que el 31,6 % de 48 menores de 21 años y el 30,54 % de 167 participantes entre 10 y 30 años, con lesión asociada al deporte, presentaban VPPB, que en la mitad de los casos involucró el canal semicircular posterior (Wang *et al.*, 2021; Bowman *et al.*, 2024). Además, se ha diagnosticado VPPB del canal semicircular posterior derecho mediante la prueba de Dix-Hallpike, en adolescentes de 15 y 16 años, jugadores de rugby que, después de la conmoción asociada a la colisión con un contrario, desarrollaron vértigo severo al

levantarse de la cama, asociado con vómitos, con una evolución entre 5 y 6 semanas, y fueron tratados satisfactoriamente con la maniobra de Epley (Bashir *et al.*, 2023).

Manifestaciones cognitivo-lingüísticas de los deportistas que presentan conmociones cerebrales

Karr *et al.*, (2020) y Taylor *et al.*, (2018) evaluaron el rendimiento neurocognitivo en jóvenes atletas después de sufrir una SRC como fútbol, baloncesto, tenis y fútbol americano, utilizando la prueba ImpACT, Estos estudios han encontrado niveles más bajos en la velocidad motora visual y mayor lentitud frente a los tiempos de reacción en comparación con atletas sin antecedentes de conmoción.

Para caracterizar el rendimiento y desempeño en dominios cognitivo-lingüísticos después de las conmociones cerebrales, se han empleado diversos recursos de evaluación, como el índice de velocidad de procesamiento WAIS (velocidad general de las habilidades de procesamiento de información no verbal), la batería de cognición NIH (memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y vocabulario, capacidad cognitiva y lingüística), la tarea de denominación rápida RAN (denominación por confrontación visual) (Norman *et al.*, 2019), la evaluación cognitiva Montreal MoCA (Montreal Cognitive Assessment), la evaluación Kaplan (inhibición y flexibilidad cognitiva), la prueba de aprendizaje verbal Hopings (velocidad del procesamiento, funcionamiento cognitivo, memoria de trabajo y fluidez verbal), tareas de asociación controlada de palabras orales (fluidez verbal, flexibilidad cognitiva, atención, memoria de trabajo) (Brown y Knollman-Porte, 2019); así como pruebas de dígitos, detección visual, cubos en regresión, Stroop, Trazo parte A y B, fluidez verbal, Torre de Hanói y clasificación de cartas de Wisconsin (Ortiz-Jiménez *et al.*, 2019). Estos estudios han demostrado que los deportistas con antecedentes de conmociones cerebrales

presentan deficiencias en los dominios de fluidez verbal, fluidez verbal semántica, memoria de trabajo visual, flexibilidad cognitiva y velocidad del procesamiento (Norman *et al.*, 2019; Brown y Knollman-Porter, 2019; Ortiz-Jiménez *et al.*, 2019), aunque no se menciona si algunos de los deportistas presentaban alteraciones del lenguaje o la fluidez verbal antes de la conmoción.

Adicionalmente, Hardin (2021) evaluó los cambios en el desempeño desde una perspectiva cognitivo-comunicativa en jóvenes universitarios con riesgo de conmoción cerebral, que practicaban fútbol, hockey, rugby, lacrosse masculino, taekwondo y esquí. Utilizando la prueba Woodcock-Johnson, los participantes que sufrieron lesión durante la temporada mostraron valores inferiores en la fluidez verbal, fluidez de lectura de oraciones y en las medidas de funcionamiento visual y verbal, lo que indica que tanto los sistemas visuales como verbal parecen verse afectados después de la lesión en general. Otros reportes demuestran interrupción en los procesos de control ejecutivo, asociado a latencias retrasadas y niveles de amplitud reducidos en el potencial evocado cognitivo P300 en deportistas adolescentes (Ruiter *et al.*, 2020).

En los artículos revisados, la comprensión del lenguaje se evaluó mediante la Tarea de Oración Whodunit en la cual el participante debe completar oraciones con un orden canónico de sujeto-verbo-objeto (SVO) y sujeto relativo (SR), o un orden no canónico pasivo (PAS) y objeto relativo. La velocidad general de las habilidades de procesamiento de información ha sido evaluada mediante la escala Wechsler de inteligencia para adultos, y las habilidades cognitivas y lingüísticas se caracterizaron mediante la batería de cognición NIH Toolbox. En general, el desempeño de los grupos con antecedentes de lesión presentó una precisión más baja en tareas de completar oraciones, mayor tiempo para interpretar oraciones en condiciones de velocidad, y respuestas más

lentas y largas en todas las pruebas (Norman *et al.*, 2022).

Otras investigaciones utilizaron los instrumentos de evaluación ImPACT y la Subprueba VIII de la prueba C-RTT, una versión computarizada de la Prueba de Token Revisada (RTT), considerada como una prueba de sensibilidad para la evaluación de la comprensión del lenguaje. Se determinó que los grupos con antecedentes de lesión tenían puntuaciones y tiempos de respuesta más bajos y prolongados en los dominios neurocognitivos; la memoria y la comprensión auditiva de oraciones habladas fue disfuncional (procesamiento auditivo central), presentaban respuestas motoras y menos precisas retrasadas (Afasia de Broca) en comparación con un grupo sano. Además, el grupo con conmoción obtuvo menos respuestas correctas durante la segunda frase gramatical de las oraciones (disfunción lingüística) en comparación con la primera (Salvatore *et al.*, 2017; Yoo y Salvatore, 2018; Białuńska y Salvatore, 2017).

Para evaluar la tarea de denominación por confrontación visual se utilizó la prueba de denominación rápida de imágenes MULES (Mobile Universal Lexicon Evaluation System). Se identificaron cambios en el rendimiento de atletas de organizaciones deportivas, encontrando que aquellos con antecedentes de conmoción cerebral demostraron peores resultados en la denominación (Akhand *et al.*, 2018).

Por último, Alosco (48) se han enfocado en evaluar los efectos de las conmociones en deportistas retirados. Se ha demostrado que exdeportistas profesionales de fútbol americano, a los cuales se les aplicaron la prueba de simulación de memoria, las subpruebas de lectura de palabras, la prueba breve de memoria visoespacial revisada (BVMT-R), lista de aprendizaje de la batería de evaluación neuropsicológica (NAB por su sigla en inglés), prueba de asociación de palabras y colores de

Golden Stroop, prueba de creación de senderos parte A y B, prueba de modalidad de dígitos, prueba de intervalo de números, prueba de fluidez verbal; presentaban alteraciones en la memoria episódica y memoria verbal, tenían funciones cognitivas alteradas y velocidad del procesamiento lentificada (Alosco *et al.*, 2023).

Las medidas electrofisiológicas muestran signos de trastornos cognitivos y déficits neurofisiológicos en atletas retirados, quienes practicaban fútbol, caracterizados por desempeños inferiores en tareas de memoria visual, memoria verbal, eficiencia cognitiva y dificultad para recordar (Ruiter *et al.*, 2020). Además, se presentan alteraciones en los potenciales evocados cognitivos N400 Y P600, en tareas de memoria de trabajo, atención selectiva y orientación auditiva (Ledwidge, 2018); así como diferencias en la recuperación de palabras (tarea SORT), específicamente en el tiempo de reacción y precisión en las condiciones de recuperación entre atletas retirados, con antecedente de lesión, y un grupo sano (Fratantoni *et al.*, 2017).

Manifestaciones en procesos motores básicos del habla de los deportistas que presentan conmociones cerebrales

Se ha investigado sobre la fluidez del habla en la conmoción cerebral relacionada con el deporte entre grupos de jóvenes sanos y con antecedente de lesión sin problemas de visión, audición, habla o lenguaje, trastornos neurológicos o trastornos psiquiátricos diagnosticados, o infecciones de las vías respiratorias superiores o inferiores que afectaran la calidad del habla y la voz en el momento de la prueba en deportes como fútbol, baloncesto, golf, beisbol, softbol y voleibol. Mediante la tarea de descripción de imágenes se demostró que, el número de sílabas, el uso de interjecciones y la tendencia a hacer más pausas y rellenos durante el discurso, aumentaron luego de la lesión (Patel *et al.*, 2021; Patel *et al.*, 2023). La evidencia ha demostrado que las conmociones cerebrales repercuten

en la velocidad del habla (Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019) y la precisión articulatoria (Rose *et al.*, 2022; Toldi y Jones, 2021; Chong *et al.*, 2021).

Al cuantificar la cantidad de actividad eléctrica en unidades motoras de los músculos de mandíbula, labios y base de lengua en atletas con SRC con historial negativo de dislexia, trastornos neurológicos y sin déficits apreciables del habla o la voz., se evidenció una mayor activación de los músculos de los labios y la mandíbula durante la repetición de sílabas, en comparación con el grupo control (Banks *et al.*, 2021). Asimismo, la evaluación de función del habla por medio de tareas de habla de diadococinesia (DDK) demostró que los atletas con SRC utilizaron mayor tiempo de producción por sílabas y los tiempos sordos más prologados en el discurso (Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019; Banks *et al.*, 2021).

Por otra parte, Se ha informado de un caso de tartamudez adquirida en una joven deportista que, tras golpearse en la parte posterior de la cabeza en un partido de fútbol, presentó un tartamudeo significativo que mejoró tras 8 semanas (Robertson y Diaz, 2020). Además, se han descrito alteraciones de las funciones gestuales que acompañan al habla a causa de las SRC, los sujetos tienden a realizar más gestos y movimientos corporales en tareas de habla (Helmich *et al.*, 2020).

Discusión

Conmociones cerebrales y función auditiva de deportistas

Asociado a las conmociones cerebrales derivadas de la práctica deportiva, se destacan cambios en el procesamiento auditivo central, la pérdida auditiva de tipo neurosensorial y la hiperacusia, los cuales influyen tanto en la evaluación como en el tratamiento de estas lesiones (Rauterkus *et al.*, 2021; Vander Werff, K. R. y Rieger, 2019a;

Kraus *et al.*, 2017; Hoover *et al.*, 2017; Thompson *et al.*, 2018; Nithin *et al.*, 2022; Vander Werff y Rieger, 2019b).

El procesamiento auditivo es el mecanismo que integra, asocia, analiza e interpreta información sonora para darle significado a un mensaje, involucrando la percepción de sonidos y habilidades superiores como atención, análisis, almacenamiento y recuperación de la información. El trastorno del procesamiento auditivo ocurre cuando se tiene dificultades para interpretar la información sonora, sin que exista una pérdida auditiva (Marcotti y Rivera, 2021). Este procesamiento puede verse afectado después de las conmociones cerebrales, desencadenando alteraciones como el trastorno del procesamiento auditivo, que se refiere a una alteración perceptual de la información acústica en el sistema nervioso auditivo central, con dificultades en las habilidades auditivas de localización y lateralización sonora, discriminación auditiva, reconocimiento de patrones auditivos, aspectos temporales de la audición, desempeño con señales acústicas competitivas y degradadas (Vander Werff y Rieger, 2019b). Esto también puede generar una mala percepción de sonidos verbales y no verbales, debido a una función neural deteriorada (Marcotti y Rivera, 2021).

Adicionalmente, la pérdida auditiva se reporta como una consecuencia de las conmociones cerebrales, posiblemente por un desorden que altera la transmisión normal del sonido hasta el cerebro, afecciones del oído externo, oído medio o el oído interno, mal función de las células sensoriales, neurales o las conexiones dentro de la cóclea (Windle *et al.*, 2023). Esta pérdida auditiva interfiere en las características conversacionales, causando interrupciones en la toma de turnos, modificaciones en el estilo de habla; donde el par comunicativo intenta hablar más despacio y precisan la articulación para facilitar la comprensión. Existen cambios inapropiados de tópicos, se llegan a evitar tópicos que requieren vocabulario inusual o

sintaxis compleja, surgen malentendidos en las conversaciones por clarificaciones constantes y se puede llegar a distorsionar el tópico central (Windle *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2023). Las personas con pérdida auditiva experimentan mayor prevalencia de efectos adversos para la salud, como aislamiento social, depresión, demencia, caídas y calidad de vida reducida; además, requieren de mayor esfuerzo para las interacciones comunicativas (Punch *et al.*, 2019).

Conmociones cerebrales y función vestibular de deportistas

La evidencia demuestra que niveles más bajos de tolerancia a cambios de posición, rendimiento inferior de equilibrio –tanto en condición estática como dinámica–, presencia de vértigo postural paroxístico benigno y el procesamiento sensorial tienden a disminuir posterior a una conmoción cerebral asociada al deporte (Christy *et al.*, 2019; Caccese *et al.*, 2021; Elbin *et al.*, 2018; Rosenblum *et al.*, 2020; Matthews *et al.*, 2021; Massingale *et al.*, 2018; Alkathiry *et al.*, 2019; Bashir *et al.*, 2023). Un consenso internacional sobre la conmoción cerebral en el deporte aboga por que las evaluaciones de la marcha y el equilibrio se incluyan como parte de un examen neurológico detallado de la conmoción cerebral (Christy *et al.*, 2019; Matthews *et al.*, 2021), puesto que los mareos y problemas de equilibrio son síntomas comunes después de la lesión y el sistema vestibular puede verse afectado causando dificultad para procesar entradas visuales, vestibulares y somatosensoriales que pueden provocar una interrupción de la respuesta motora y producir una mayor inestabilidad o balanceo (Murray *et al.*, 2019)

Recientemente se ha utilizado la organización sensorial para evaluar la estabilidad postural en una variedad de condiciones neurológicas, incluidos alzheimer y parkinson, vértigo, pérdida de la función vestibular, enfermedad de Ménière y pacientes con latigazo cervical después de una conmoción cerebral (Rosenblum

et al., 2020), aunque no se ha encontrado disfunción del canal semicircular horizontal (Christy *et al.*, 2019). Sí se ha reportado la presencia de VPPB, que es común en pacientes pediátricos y que también puede presentarse en adolescentes con conmoción cerebral (Reimer *et al.*, 2020; Bashir *et al.*, 2023). Los síntomas del vértigo son inducidos por el desplazamiento de los restos de carbonato de calcio que flotan libremente (“otolitos”) desde el utrículo a uno o más de los canales semicirculares (Wang *et al.*, 2021; Bashir *et al.*, 2023), que puede causar síntomas incapacitantes graves de vértigo y vómitos recurrentes asociados con ciertos movimientos de la cabeza (Reimer *et al.*, 2020; Bashir *et al.*, 2023). Por lo tanto, se requiere un mayor entrenamiento de los médicos deportivos y los médicos de urgencia para la detección de esta enfermedad (Wang *et al.*, 2021; Bowman *et al.*, 2024; Bashir *et al.*, 2023).

Las investigaciones que evalúan el reflejo vestíbulo-ocular VOR sugieren que el circuito neuronal que integra la información vestibular y visual podría verse afectada luego de la conmoción cerebral deportiva, después de la lesión podría ser más difícil que se lleven a cabo procesos de orden superior debido a los cambios en el flujo de iones, mientras que los reflejos simples de 3 neuronas, como el VOR, podrían no mostrar muchos cambios (Crampton *et al.*, 2021; Babula *et al.*, 2023). Este reflejo vestíbulo-ocular VOR mantiene la estabilidad visual durante los movimientos y las alteraciones, comúnmente se manifiestan con síntomas como mareos e inestabilidad visual (Guo *et al.*, 2024). La detección motora vestibular-ocular VOMS se describió, para aumentar los autoinformes y ayudar en la detección objetiva de la presencia de déficits del reflejo vestíbulo-ocular VOR, en la sensibilidad visual al movimiento VMS, y en otros problemas motores oculares en la población con conmoción cerebral asociada al deporte; además, contribuye a identificar a aquellos que pueden beneficiarse de una evaluación y rehabilitación vestibular más detallada (Mucha *et al.*, 2018).

Conmociones cerebrales y manifestaciones cognitivo-lingüísticas

Los trastornos de la comunicación asociados a lesiones cerebrales se conocen como trastornos cognitivos de comunicación y se reconocen entre los signos y síntomas posterior a la lesión. Se ha observado la presencia de deterioro cognitivo leve y la disfunción ejecutiva en atletas retirados (Martini y Broglio, 2018). Las alteraciones de las capacidades cognitivas y las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, la fluidez verbal, la capacidad de atención y concentración, principalmente el razonamiento y la planificación, pueden afectar el discurso narrativo y conversacional, las habilidades de escritura y la comprensión gramatical (Gonçalves *et al.*, 2018).

El proceso fisiopatológico inducido por una fuerza biomecánica puede afectar el procesamiento de información del cerebro (Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019), lo cual puede ser atribuible al estrés oxidativo, la neurotransmisión alterada, los cambios en la materia blanca y la lesión axonal traumática; que son responsables de muchos de los déficits cognitivos observados luego de una conmoción cerebral (Rosenblum *et al.*, 2020; Karr *et al.*, 2020).

Las limitaciones cognitivas y lingüísticas asociadas a las deficiencias de las lesiones cerebrales traumáticas leves pueden incluir dificultades para realizar tareas como, participar en conversaciones con múltiples interlocutores y una fluidez verbal reducida (Norman *et al.*, 2019). De hecho, la mayoría de los casos de encefalopatía traumática crónica (CTE por sus siglas en inglés) involucran atletas profesionales con antecedentes de múltiples conmociones cerebrales y exposición repetida a impactos en la cabeza en estos casos, quienes presentan cambios de personalidad, pérdida de memoria y demencia (McKee, 2020).

Las SRC generan alteraciones en procesos de comprensión y producción del lenguaje desde

una perspectiva cognitiva, caracterizada por una disminución en los tiempos de respuesta, una reducción de palabras por minuto y en medidas estandarizadas del discurso. También se destacan cambios particulares a partir de medidas electrofisiológicas con amplitudes de onda en potenciales evocados inferiores luego de la lesión (Elbourn *et al.*, 2019; Karr *et al.*, 2020; Taylor *et al.*, 2018; Brown y Knollman-Porter, 2019; Ortiz-Jiménez *et al.*, 2019; Hardin, 2021; Norman *et al.*, 2022; Białuńska, A. y Salvatore, 2017; Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019).

Así mismo, la SRC produce un desempeño inferior en la memoria verbal. Se considera que hay una disminución progresiva en la función cognitiva con cada conmoción cerebral adicional, y padecer esta lesión a una edad más temprana se asocia con una peor función cognitiva en la adolescencia (Karr *et al.*, 2020; Taylor *et al.*, 2018). La memoria verbal influye tanto en la producción como en la comprensión, y permite el acceso y la recuperación exitosa de palabras a través del mantenimiento de representaciones lingüísticas, que se activan con la activación automática de la red semántico-léxica-fonológica (Karr *et al.*, 2020; Taylor *et al.*, 2018). Es probable que los mecanismos de temporización neuronal, basados en circuitos neuronales que comparten parcialmente redes de procesamiento auditivo y cognitivo en la corteza temporal y prefrontal, se vean afectados después de una conmoción cerebral. Esta vulnerabilidad puede deberse al mayor riesgo de impactos subconmocionales de los jugadores que no son veloces, y los golpes recurrentes pueden causar diferencias significativas en el rendimiento de la memoria y el lenguaje, según las posiciones de juego (Yoo y Salvatore, 2018).

Los cambios en la comprensión auditiva y en las funciones cognitivas después de una conmoción cerebral deportiva están asociados a la capacidad de comprender y actuar entre oraciones habladas, que es uno de varios comportamientos de comunicación cognitiva

potencialmente afectados por una conmoción cerebral (Salvatore *et al.*, 2017). Así, las conmociones pueden afectar la comprensión del lenguaje, ya que hay evidencia de peores puntajes en flexibilidad cognitiva, atención compleja, memoria verbal, velocidad del procesamiento, memoria y lenguaje (Gallo *et al.*, 2020). Para poder comprender un mensaje se debe separar la información lingüística de otros estímulos auditivos que llegan al oído, una actividad que requiere de la participación de múltiples funciones cognitivas. Existen varios factores que pueden llegar a complicar la tarea como la presencia del ruido ambiental (Pinzón *et al.*, 2021; Monrroy Gómez *et al.*, 2020). Las lesiones axonales se asocian con una transmisión de señal deteriorada a las redes de funciones cognitivas y un tiempo de procesamiento más lento. El efecto acumulativo de varios impactos de conmoción cerebral puede conducir a un deterioro neurológico o enfermedades neurodegenerativas como la encefalopatía traumática crónica (Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019).

Conmociones cerebrales y procesos motores básicos del habla

La fluidez del habla es uno de los procesos motores descubierto con mayores cambios y podría llegar a incluirse dentro de los protocolos de evaluación en la detección de las conmociones (Patel *et al.*, 2021; Patel *et al.*, 2023; Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019; Rose *et al.*, 2022; Toldi y Jones, 2021; Chong *et al.*, 2021; Banks *et al.*, 2021; Robertson y Díaz, 2020). La producción del habla es un proceso neuromotor complejo que depende de la sincronización y la coordinación en milisegundos de un gran número de estructuras corticales, subcorticales y grupos musculares (Weerathunge *et al.*, 2022). Los trastornos motores del habla resultan de deficiencias neurológicas que, en consecuencia, afectan la planificación, programación, control o ejecución en general del habla (Patel *et al.*, 2023; Banks *et al.*, 2021). Dado que una conmoción cerebral es un traumatismo craneal

cerrado que produce una disfunción cortical y subcortical que afecta a todo el cerebro, múltiples funciones neurológicas pueden verse afectadas negativamente (Díaz-Rodríguez y Salvatore, 2019). Se sabe que las conmociones afectan funciones cognitivas y estas deficiencias pueden influir en una disponibilidad reducida de recursos para apoyar el procesamiento lingüístico necesario para la producción del habla (Norman et al., 2019; Patel et al., 2023). Aunque es reciente la incorporación de las consecuencias asociadas a las conmociones cerebrales deportivas en el habla, algunos estudios han intentado determinar los cambios en deportistas luego de este tipo de lesión.

Se sabe que las lesiones cerebrales pueden provocar alteraciones del habla, como tartamudeo neurogénico, lo que resulta en interrupciones de la secuencia motora, la suavidad, la velocidad y demás elementos prosódicos del habla (Norman et al., 2019). Este trastorno de habla caracterizado por interrupciones involuntarias de la cadena hablada impide la capacidad de comunicarse de manera efectiva, lo que conduce a problemas de comunicación y reducción de la calidad de vida (Constantino et al., 2022).

Por otro lado, la comunicación no verbal es un común denominador en la vida social, se define como el comportamiento de la cara, el cuerpo o la voz, donde el contenido lingüístico no toma relevancia (Hall et al., 2019). Existen muchas investigaciones que muestran que los gestos con las manos, producidos durante el habla son, junto con las palabras, parte del sistema integrado de producción del habla (Luchkina y Waxman, 2023). Si bien los aspectos relacionados con el habla y sus cambios, luego de las conmociones cerebrales, son recientes, es importante incluir esta función comunicativa en la evaluación y el manejo adecuado de la lesión, pues algunos árbitros de deporte de contacto reconocen ampliamente que la dificultad para hablar es una señal en el campo de que un atleta ha sufrido una SRC (Gallagher et al., 2017).

Conclusiones

A lo largo de los resultados se describieron alteraciones específicas en variables auditivo-vestibulares, cognitivo-lingüísticas y algunas relacionadas con aspectos del habla que inciden directamente en el desarrollo de las habilidades comunicativas como escuchar, hablar, leer y escribir. Se destacan cambios en el procesamiento auditivo central, la presencia de hiperacusia y la pérdida auditiva de tipo neurosensorial asociadas a las SRC. También se reconoce que la SRC genera niveles más bajos de tolerancia a cambios de posición, rendimiento inferior en condiciones estáticas y dinámicas, la disminución del procesamiento sensorial debido a la disminución de retroalimentación visual y vestibular, y la presencia de vértigo posicional paroxístico benigno; así como cambios en funciones cognitivo-lingüísticas caracterizados por disminución en los tiempos de respuesta, pocas palabras por minuto, producciones orales con contenido escaso, poca fluidez verbal, medidas electrofisiológicas con amplitudes de onda en potenciales evocados inferiores luego de la lesión.

Si bien las manifestaciones descritas a lo largo del documento se presentan desde una perspectiva biológica, las conmociones cerebrales afectan directamente a los procesos de comunicación e interacción interpersonal. En el espacio interaccional entran en juego la lectura, la audición, el habla, el lenguaje y la cognición, que pueden verse afectados por la lesión y los cambios neuronales característicos de la conmoción. De hecho, se ha confirmado que luego de las lesiones cerebrales traumáticas, las habilidades sociales y cognitivas inciden y afectan la comunicación, presentándose deficiencias conductuales, cognitivas, lingüísticas y sociales que impactan la capacidad de los individuos para interactuar con otros (Steel y Togher, 2018). Por ejemplo, la recuperación eficiente de palabras es necesaria para la mayoría de las tareas de alto nivel en el lugar de trabajo, por lo que incluso los déficits

leves pueden tener un efecto perjudicial en la comunicación en la vida diaria (Fratantoni *et al.*, 2017). Además, la comprensión del lenguaje oral es esencial para todas las actividades de la vida diaria (Norman *et al.*, 2019).

Por último, la evaluación y el manejo de las conmociones cerebrales relacionadas con el deporte debe ser un enfoque multifacético que consiste en un examen clínico, completar una lista de verificación de síntomas autoinformados, una evaluación postural y pruebas neurocognitivas (Doperak *et al.*, 2019).

Por ello, se debe involucrar al profesional de la fonoaudiología en los equipos interdisciplinarios para el diagnóstico, seguimiento y evaluación de la SRC, ya que las conmociones generan efectos en funciones de interés para la comunicación humana y para la fonoaudiología, y es un campo donde ha habido poca inmersión de los fonoaudiólogos. Estas acciones favorecerán la evaluación y manejo de la lesión deportiva y, posiblemente, aumente el trabajo con docentes y entrenadores en beneficio de los colectivos deportivos.

Referencias

1. Akhand, O., Galetta, M. S., Cobbs, L., Hasanaj, L., Webb, N., Drattell, J., Amorapanth, P., Rizzo, J. R., Nolan, R., Serrano, L., Rucker, J. C., Cardone, D., Jordan, B. D., Silverio, A., Galetta, S. L., & Balcer, L. J. (2018). The new Mobile Universal Lexicon Evaluation System (MULES): A test of rapid picture naming for concussion sized for the sidelines. *Journal of the neurological sciences*, 387, 199–204. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2018.02.031>
2. Alkathiry, A. A., Kontos, A. P., Furman, J. M., Whitney, S. L., Anson, E. R., & Sparto, P. J. (2019). Vestibulo-Ocular Reflex Function in Adolescents With Sport-Related Concussion: Preliminary Results. *Sports health*, 11(6), 479–485. <https://doi.org/10.1177/1941738119865262>
3. Alosco, M. L., Barr, W. B., Banks, S. J., Wethe, J. V., Miller, J. B., Pulukuri, S. V., Culhane, J., Tripodis, Y., Adler, C. H., Balcer, L. J., Bernick, C., Mariani, M. L., Cantu, R. C., Dodick, D. W., McClean, M. D., Au, R., Mez, J., Turner, R. W., 2nd, Palmisano, J. N., Martin, B., ... DIAGNOSE CTE Research Project (2023). Neuropsychological test performance of former American football players. *Alzheimer's research & therapy*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s13195-022-01147-9>
4. Assi, H., Moore, R. D., Ellemberg, D., & Hébert, S. (2018). Sensitivity to sounds in sport-related concussed athletes: a new clinical presentation of hyperacusis. *Scientific reports*, 8(1), 9921. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28312-1>
5. Babula, G., Warunek, E., Cure, K., Nikolski, G., Fritz, H., & Barker, S. (2023). Vestibular Rehabilitation as an Early Intervention in Athletes Who are Post-concussion: A Systematic Review. *International journal of sports physical therapy*, V18(3), 577–586. <https://doi.org/10.26603/001c.75369>
6. Banks, R. E., Beal, D. S., & Hunter, E. J. (2021). Sports Related Concussion Impacts Speech Rate and Muscle Physiology. *Brain injury*, 35(10), 1275–1283. <https://doi.org/10.1080/02699052.2021.1972150>
7. Bashir, K., Yousuf, A., Zaki, H. A., & Elmoheen, A. (2023). Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV) After Concussion in Two Adolescent Players During a Rugby Game. *Cureus*, 15(1), e33402. <https://doi.org/10.7759/cureus.33402>

8. Białuńska, A., & Salvatore, A. P. (2017). The auditory comprehension changes over time after sport-related concussion can indicate multisensory processing dysfunctions. *Brain and behavior*, 7(12), e00874. <https://doi.org/10.1002/brb3.874>
9. Bowman, T. G., Thibault, R., Radack, B. M., Davis, A., & Elam, P. (2024). Clinical outcomes for various benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) diagnoses in adolescents and young adults with recent concussions. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 65, 90-94. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.12.004>
10. Brown, J., & Knollman-Porter K. (2019). Evaluating cognitive-linguistic deficits postconcussion in adults. *Top Lang Disorder*, 39(3), 239-56. 239-256. <https://alliedhealth.ceconnection.com/ovidfiles/00011363-201907000-00003.pdf>
11. Büttner, F., Howell, D. R., Ardern, C. L., Doherty, C., Blake, C., Ryan, J., Catena, R., Chou, L. S., Fino, P., Rochefort, C., Sveistrup, H., Parker, T., & Delahunt, E. (2020). Concussed athletes walk slower than non-concussed athletes during cognitive-motor dual-task assessments but not during single-task assessments 2 months after sports concussion: a systematic review and meta-analysis using individual participant data. *British journal of sports medicine*, 54(2), 94-101. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100164>
12. Caccese, J. B., Santos, F. V., Yamaguchi, F. K., Buckley, T. A., & Jeka, J. J. (2021). Persistent Visual and Vestibular Impairments for Postural Control Following Concussion: A Cross-Sectional Study in University Students. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(10), 2209-2220. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01472-3>
13. Christy, J. B., Cochrane, G. D., Almutairi, A., Busetini, C., Swanson, M. W., & Weise, K. K. (2019). Peripheral Vestibular and Balance Function in Athletes With and Without Concussion. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 43(3), 153-159. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000280>
14. Chong, C. D., Zhang, J., Li, J., Wu, T., Dumkrieger, G., Nikolova, S., Ross, K., Stegmann, G., Liss, J., Schwedt, T. J., Jayasuriya, S., & Berisha, V. (2021). Altered speech patterns in subjects with post-traumatic headache due to mild traumatic brain injury. *The journal of headache and pain*, 22(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s10194-021-01296-6>
15. Constantino, C., Campbell, P., & Simpson, S. (2022). Stuttering and the social model. *Journal of communication disorders*, 96, 106200. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2022.106200>
16. Coffey, E., Nicol, T., White-Schwoch, T., Chandrasekaran, B., Krizman, J., Skoe, E., et al. (2019). Evolving perspectives on the sources of the frequency-following response. *Nature Communications*, 10(5036), 5036. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13003-w>
17. Gonçalves, A. P. B., Mello, C., Pereira, A. H., Ferré, P., Fonseca, R. P., & Joannette, Y. (2018). Executive functions assessment in patients with language impairment A systematic review. *Dementia & neuropsychologia*, 12(3), 272-283. <https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn12-030008>
18. Crampton, A., Teel, E., Chevignard, M., & Gagnon, I. (2021). Vestibular-ocular reflex dysfunction following mild traumatic brain injury: A narrative review. *Neuro-Chirurgie*, 67(3), 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2021.01.0026>

19. Díaz-Rodríguez, Y. I., & Salvatore, A. P. (2019). Impact of Sports-Related Subconcussive Injuries in Soccer Players. *Seminars in speech and language, 40*(1), 57–64. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1676365>
20. Doll, E. J., Braden, M. N., & Thibeault, S. L. (2021). COVID-19 and Speech-Language Pathology Clinical Practice of Voice and Upper Airway Disorders. *American journal of speech-language pathology, 30*(1), 63–74. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-20-00228
21. Doperak, J., Anderson, K., Collins, M., & Emami, K. (2019). Sport-Related Concussion Evaluation and Management. *Clinics in sports medicine, 38*(4), 497–511. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2019.06.003>
22. Elbin, R. J., Sufrinko, A., Anderson, M. N., Mohler, S., Schatz, P., Covassin, T., Mucha, A., Collins, M. W., & Kontos, A. P. (2018). Prospective Changes in Vestibular and Ocular Motor Impairment After Concussion. *Journal of neurologic physical therapy : JNPT, 42*(3), 142–148. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000230>
23. Elbourn, E., Kenny, B., Power, E., Honan, C., McDonald, S., Tate, R., Holland, A., MacWhinney, B., & Togher, L. (2019). Discourse recovery after severe traumatic brain injury: exploring the first year. *Brain injury, 33*(2), 143–159. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1539246>
24. Fratantoni, J. M., DeLaRosa, B. L., Didehbandi, N., Hart, J., Jr, & Kraut, M. A. (2017). Electrophysiological Correlates of Word Retrieval in Traumatic Brain Injury. *Journal of neurotrauma, 34*(5), 1017–1021. <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4651>
25. Gallagher, T., Mias, E., & Kipps, C. (2017). Recognition and knowledge of on-field management of concussion amongst English professional, semi-professional and amateur rugby union referees. *British Journal of Sports Medicine, 51*, A82. <https://bjsm.bmj.com/content/51/11/A82.1.info>
26. Gallo, V., Motley, K., Kemp, S. P. T., Mian, S., Patel, T., James, L., Pearce, N., & McElvenny, D. (2020). Concussion and long-term cognitive impairment among professional or elite sport-persons: a systematic review. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 91*(5), 455–468. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2019-321170>
27. Guo, J., Wang, J., Liang, P., Tian, E., Liu, D., Guo, Z., Chen, J., Zhang, Y., Zhou, Z., Kong, W., Crans, D. C., Lu, Y., & Zhang, S. (2024). Vestibular dysfunction leads to cognitive impairments: State of knowledge in the field and clinical perspectives (Review). *International journal of molecular medicine, 53*(4), 36. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2024.5360>
28. Hall, J. A., Horgan, T. G., & Murphy, N. A. (2019). Nonverbal Communication. *Annual review of psychology, 70*, 271–294. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-103145>
29. Hardin, K. Y. (2021). Prospective Exploration of Cognitive-Communication Changes With Woodcock-Johnson IV Before and After Sport-Related Concussion. *American journal of speech-language pathology, 30*(2S), 894–907. https://doi.org/10.1044/2020_AJSLP-20-00110
30. Helmich, I., Reinecke, K. C. H., Meuter, K., Simalla, N., Ollinger, N., Junge, R., & Lausberg, H. (2020). Symptoms after sport-related concussions alter gestural functions. *Journal of science and medicine in sport, 23*(5), 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.11.013>
31. Hoover, E. C., Souza, P. E., & Gallun, F. J. (2017). Auditory and Cognitive Factors Associated with Speech-in-Noise Complaints following Mild Traumatic Brain Injury. *Journal of the American Academy of Audiology, 28*(4), 325–339. <https://doi.org/10.3766/jaaa.16051>

32. Karr, J. E., Garcia-Barrera, M. A., Marsh, J. M., Maxwell, B. A., Berkner, P. D., & Iverson, G. L. (2021). Preseason Baseline Neurocognitive Performances and Symptom Reporting on Immediate Post-Concussion Assessment and Cognitive Testing: A Comparison of Adolescent Student-Athletes Tested in Spanish and English. *Journal of athletic training, 56*(8), 879–886. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0345.20>
33. Kraus N, Anderson S, White-Schwoch T, Fay R, Popper AN, editors. *The Frequency-Following Response*. New York: Springer; 2017.
34. LeBlanc, J., Seresova, A., Laberge-Poirier, A., Tabet, S., Correa, J. A., Alturki, A. Y., Feyz, M., & de Guise, E. (2020). Cognitive-communication skills and acute outcome following mild traumatic brain injury. *Brain injury, 34*(11), 1472–1479. <https://doi.org/10.1080/02699052.2020.1802669>
35. Ledwidge PS. The impact of sports-related concussions on the language system. (2018). *Annals of Behavioral Neuroscience, 1*(1), 36-46. <http://dx.doi.org/10.18314/abne.v1i1.1222>
36. Liu, F., Han, B., Zhou, X., Huang, S., & Huang, J. (2023). Research progress on the treatment and nursing of sensorineural hearing loss. *Frontiers in neuroscience, 17*, 1199946. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1199946>
37. Luchkina, E., & Waxman, S. (2023). Talking about the absent and the abstract: referential communication in language and gesture. *Perspectives on Psychological Science, 19*(6) 978-92. <https://doi.org/10.1177/17456916231180589>
38. Marcotti, A., & Rivera, S. (2021). Evaluación electrofisiológica del procesamiento auditivo. *Revista Otorrinolaringología Cirugía de Cabeza y Cuello, 81*(1),122–38. <https://www.scielo.cl/pdf/orl/v81n1/0718-4816-orl-81-01-0122.pdf>
39. Massingale, S., Alexander, A., Erickson, S., McQueary, E., Gerkin, R., Kisana, H., Silvestri, B., Schodrof, S., Nalepa, B., & Pardini, J. (2018). Comparison of Uninjured and Concussed Adolescent Athletes on the Concussion Balance Test (COBALT). *Journal of neurologic physical therapy: JNPT, 42*(3), 149–154. <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000225>
40. Martini, D. N., & Broglio, S. P. (2018). Long-term effects of sport concussion on cognitive and motor performance: A review. *International journal of psychophysiology: official journal of the International Organization of Psychophysiology, 132*(Pt A), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.09.019>
41. Matthews, M., Johnston, W., Bleakley, C. M., Davies, R. J., Rankin, A. T., Webb, M., Caulfield, B. C., & Archbold, H. A. P. (2021). Concussion History and Balance Performance in Adolescent Rugby Union Players. *The American journal of sports medicine, 49*(5), 1348–1354. <https://doi.org/10.1177/0363546521998709>
42. McKee A. C. (2020). The Neuropathology of Chronic Traumatic Encephalopathy: The Status of the Literature. *Seminars in neurology, 40*(4), 359–369. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713632>
43. Möhwald, K., Hadzhikolev, H., Bardins, S., Becker-Bense, S., Brandt, T., Grill, E., Jahn, K., Dieterich, M., & Zwergal, A. (2020). Health-related quality of life and functional impairment in acute vestibular disorders. *European journal of neurology, 27*(10), 2089–2098. <https://doi.org/10.1111/ene.14318>
44. Monroy Gómez, J., Pinzón, M., Aldana, K., & Martínez O. (2020). Hipoacusia asociada con exposición al ruido en adultos jóvenes colombianos. *Salud(i)Ciencia, 24*(3), 139-43. <http://>

www.dx.doi.org/10.21840/siic/164137

45. Mucha, A., Fedor, S., & DeMarco, D. (2018). Vestibular dysfunction and concussion. *Handbook of clinical neurology*, 158, 135–144. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63954-7.00014-8>
46. Murray, N. G., Szekely, B., Moran, R., Ryan, G., Powell, D., Munkasy, B. A., Buckley, T. A., & Guskiewicz, K. (2019). Concussion history associated with increased postural control deficits after subsequent injury. *Physiological measurement*, 40(2), 024001. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aafcd8>
47. Nithin, AK., Sherin, S., & Fashna, M. (2022). Concussion and associated hearing loss in a soccer player: A single case study *International Journal of Speech and Audiology*, 3(2), 1-5. <https://www.rehabilitationjournals.com/speech-and-audiology-journal/article/18/3-1-7-767.pdf>
48. Norman, R. S., Mueller, K. D., Huerta, P., Shah, M. N., Turkstra, L. S., & Power, E. (2022). Discourse Performance in Adults With Mild Traumatic Brain Injury, Orthopedic Injuries, and Moderate to Severe Traumatic Brain Injury, and Healthy Controls. *American journal of speech-language pathology*, 31(1), 67–83. https://doi.org/10.1044/2021_AJSLP-20-00299
49. Norman, R. S., Shah, M. N., & Turkstra, L. S. (2019). Reaction time and cognitive-linguistic performance in adults with mild traumatic brain injury. *Brain injury*, 33(9), 1173–1183. <https://doi.org/10.1080/02699052.2019.1632487>
50. Ortiz-Jiménez, X, Akena-Fernández, M, Saldaña-Muñoz, B, Rincón-Campos, Y, Góngora-Rivera, F, & Arango-Lasprilla, JC. (2020). Evaluación Neuropsicológica de Conmoción Cerebral: Estudio de Caso de un Jugador de Fútbol Americano. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 20(1), 236-251. 1578-8423-cpd-20-1-0236.pdf
51. Patel, S., Grabowski, C., Dayalu, V., Cunningham, M., & Testa, AJ. (2021). Fluency changes due to sports-related concussion [Preprint]. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2021.09.19.21263791>
52. Patel, S., Grabowski, C., Dayalu, V., & Testa, A. J. (2023). Speech error rates after a sports-related concussion. *Frontiers in psychology*, 14, 1135441. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1135441>
53. Pinzón, MC., Monroy-Gómez, J., Romero, AC., & Clavijo, G. (2021). La exposición a ruido en profesionales de música adscritos a la Sinfónica de Colombia. *Salud(i)Ciencia*, 24(7-8), 382-387. <http://dx.doi.org/10.21840/siic/168863>
54. Punch, J. L., Hitt, R., & Smith, S. W. (2019). Hearing loss and quality of life. *Journal of communication disorders*, 78, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2019.01.001>
55. Quintana, C. P., McLeod, T. C. V., Olson, A. D., Heebner, N. R., & Hoch, M. C. (2021). Vestibular and Ocular/Oculomotor Assessment Strategies and Outcomes Following Sports-Related Concussion: A Scoping Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(4), 737–757. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01409-2>
56. Rauterkus, G., Moncrieff, D., Stewart, G., & Skoe, E. (2021). Baseline, retest, and post-injury profiles of auditory neural function in collegiate football players. *International journal of audiology*, 60(9), 650–662. <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1860261>
57. Reimer, K., Ellis, V., Cordingley, D. M., Russell, K., & Ellis, M. J. (2020). Benign Paroxysmal Positional Vertigo After Pediatric Sports-Related Concussion. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 30(4), 412–415. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000617>

58. Robertson, S. C., & Diaz, K. (2020). Case Report of Acquired Stuttering After Soccer-Related Concussion: Functional Magnetic Resonance Imaging as a Prognostic Tool. *World neurosurgery*, 142, 401–403. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.06.233>
59. Rose, S. C., Weldy, D. L., Zhukivska, S., & Pommering, T. L. (2022). Acquired stuttering after pediatric concussion. *Acta neurologica Belgica*, 122(2), 545–546. <https://doi.org/10.1007/s13760-021-01653-x>
60. Rosenblum, D. J., Walton, S. R., Erdman, N. K., Broshek, D. K., Hart, J. M., & Resch, J. E. (2020). If Not Now, When? An Absence of Neurocognitive and Postural Stability Deficits in Collegiate Athletes with One or More Concussions. *Journal of neurotrauma*, 37(10), 1211–1220. <https://doi.org/10.1089/neu.2019.6813>
61. Ruitter, K. I., Boshra, R., DeMatteo, C., Noseworthy, M., & Connolly, J. F. (2020). Neurophysiological markers of cognitive deficits and recovery in concussed adolescents. *Brain research*, 1746, 146998. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2020.146998>
62. Salvatore, A. P., Cannito, M., Brassil, H. E., Bene, E. R., & Sirmon-Taylor, B. (2017). Auditory comprehension performance of college students with and without sport concussion on Computerized-Revised Token Test Subtest VIII. *Concussion (London, England)*, 2(2), CNC37. <https://doi.org/10.2217/cnc-2016-0024>
63. Smółka, W., Smółka, K., Markowski, J., Pilch, J., Piotrowska-Seweryn, A., & Zwierzchowska, A. (2020). The efficacy of vestibular rehabilitation in patients with chronic unilateral vestibular dysfunction. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 33(3), 273–282. <https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.01330>
64. Sinnott, A. M., Elbin, R. J., Collins, M. W., Reeves, V. L., Holland, C. L., & Kontos, A. P. (2019). Persistent vestibular-ocular impairment following concussion in adolescents. *Journal of science and medicine in sport*, 22(12), 1292–1297. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.08.004>
65. Steel, J., & Togher, L. (2018). Social communication assessment after TBI: a narrative review of innovations in pragmatic and discourse assessment methods. *Brain injury*, 1–14. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1531304>
66. Stockbridge, M. D., & Newman, R. (2019). Enduring Cognitive and Linguistic Deficits in Individuals With a History of Concussion. *American journal of speech-language pathology*, 28(4), 1554–1570. https://doi.org/10.1044/2019_AJSLP-18-0196
67. Taylor, K. M., Kioumourtzoglou, M. A., Clover, J., Coull, B. A., Dennerlein, J. T., Bellinger, D. C., & Weisskopf, M. G. (2018). Concussion History and Cognitive Function in a Large Cohort of Adolescent Athletes. *The American journal of sports medicine*, 46(13), 3262–3270. <https://doi.org/10.1177/0363546518798801>
68. Thompson, E. C., Krizman, J., White-Schwoch, T., Nicol, T., LaBella, C. R., & Kraus, N. (2018). Difficulty hearing in noise: a sequela of concussion in children. *Brain injury*, 32(6), 763–769. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1447686>
69. Toldi, J., & Jones, J. (2021). A Case of Acute Stuttering Resulting after a Sports-related Concussion. *Current sports medicine reports*, 20(1), 10–12. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000795>
70. Vander Werff, K. R., & Rieger, B. (2019). Auditory and Cognitive Behavioral Performance Deficits and Symptom Reporting in Postconcussion Syndrome Following Mild Traumatic

Brain Injury. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 62(7), 2501–2518. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-H-18-0281

71. Vander Werff, K. R., & Rieger, B. (2019). Impaired auditory processing and neural representation of speech in noise among symptomatic post-concussion adults. *Brain injury*, 33(10), 1320–1331. <https://doi.org/10.1080/02699052.2019.1641624>
72. Wang, A., Zhou, G., Kawai, K., O'Brien, M., Shearer, A. E., & Brodsky, J. R. (2021). Benign Paroxysmal Positional Vertigo in Children and Adolescents With Concussion. *Sports health*, 13(4), 380–386. <https://doi.org/10.1177/1941738120970515>
73. Weerathunge, H. R., Tomassi, N. E., & Stepp, C. E. (2022). What Can Altered Auditory Feedback Paradigms Tell Us About Vocal Motor Control in Individuals With Voice Disorders?. *Perspectives of the ASHA special interest groups*, 7(3), 959–976. https://doi.org/10.1044/2022_persp-21-00195
74. Weidner, K., Lowman, J. Telepractice for adult speech-language pathology services: a systematic review. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups*, 5(1), 326–338. https://doi.org/10.1044/2019_PERSP-19-0014
75. Windle, R., Dillon, H., & Heinrich, A. (2023). A review of auditory processing and cognitive change during normal ageing, and the implications for setting hearing aids for older adults. *Frontiers in neurology*, 14, 1122420. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1122420>
76. White-Schwoch, T., Krizman, J., McCracken, K., Burgess, J. K., Thompson, E. C., Nicol, T., Kraus, N., & LaBella, C. R. (2020). Baseline profiles of auditory, vestibular, and visual functions in youth tackle football players. *Concussion (London, England)*, 4(4), CNC66. <https://doi.org/10.2217/cnc-2019-0008>
77. Yoo, H., & Salvatore, AP. (2018). Effects of playing positions on memory and auditory comprehension in high school football players with a mild concussion. *Clinical Archives of Communication Disorders*. 3(3),213–20. <https://doi.org/10.21849/cacd.2018.00451>