Soccer Heading: Review on Evidences on the Prevalence, Mechanisms and Biomarkers of Head Injuries

Dadgar H[1, 2], Daneshjoo A[3], Sahebozamani M[4], Esmaeili O[5], Kharaji M[6]

Abstract

Purpose: Football (Soccer) is associated with an inherent risk of head injuries and is also unique in "heading" skill. Heading can activate biomarkers of brain damage. The present study provides a comprehensive review of researches on the prevalence of head injuries and the effectiveness of biochemical markers in performing this skill.

Methods: Scientific libraries were searched for studies published between 2000 and 2021. Search terms included 'Head Injuries', 'Brain Injuries', 'Epidemiology' and 'Soccer'. Studies that contained data on heading, biomarkers of brain injuries, injury incidence rate and mechanisms were included. Non-English and non-Persian studies, contained data on non-soccer related injury, or conference abstracts were excluded. From 243 articles related to the subject, 45 articles had inclusion criteria.

Results: Head injuries rate in premier leagues varies (range of change 0.3% to 16.8%, or 0.12 to 1 per 1000 hours) and is lower compared to reports of semi-professional leagues (0.3% vs 22%). Heading is not common head injury mechanisms in premier leagues. The most common markers used to assess brain damage are S100B (8 studies) and NF-L (6 studies). Tau (3 studies), NSE (2 studies), albumin (1 study) and brain growth factors (1 study) were also used to evaluate the effectiveness of heading skills. In total, 9 studies reported changes in levels and 11 studies of no changes in markers levels following heading at different ages in both women and men.

Conclusion: Exposure to repeated subconcussive and high speed impacts as the form of soccer heading may lead to brain damage that can be detected using biochemical markers. The results of the present study show that heading in football should not be overlooked as a potential mechanism of brain injury. Of course, more research is needed to clarify the possibility of such a relationship.

Keywords: Heading, Head Injury, Brain injury, Biomarker

Received: 2021.05.16 Accepted: 2021.07.19

هدینگ فوتبال: مروری بر مستندات موجود در زمینه شیوع، مکانیسم ها و نشانگرهای بیوشیمیایی مرتبط با آسیب سر

حسین دادگر[۱،۲]، عبدالحمید دانشجو[۳]، منصور صاحب الزمانی[۴]، امید اسماعیلی[۵]، منا خراجی[۶]

هدف: فوتبال خطر ذاتی آسیب های سر را به همراه دارد و در مهارت "هدینگ" بی‌نظیر است. هدینگ می تواند نشانگرهای معرف آسیب های مغزی را فعال کند. مطالعه حاضر یک بررسی جامع از تحقیقات انجام شده در زمینه شیوع آسیب های سر و اثر پذیری نشانگرهای بیوشیمیایی از مهارت هدینگ است.

روش بررسی: جستجو برای کلید واژه های تحقیق در مقالات منتشر شده در پایگاه های علمی بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ انجام شد. کلید واژه های تحقیق شامل "آسیب‌سر"، "آسیب مغز"، "شیوع" و "فوتبال" بود. مقالات حاوی گزارشات درباره هدینگ، نشانگرهای زیستی بیانگر آسیب های مغزی، میزان بروز و مکانیسم های آسیب سر انتخاب و مطالعات غیرانگلیسی و غیرفارسی، مطالعات حاوی داده هایی درباره آسیب های غیرفوتبالی و یا خلاصه مقالات کنفرانس از مطالعه خارج شدند. ۲۴۳ مقاله مرتبط با موضوع بررسی و از این بین ۴۵ مقاله دارای معیارهای ورود به مطالعه حاضر بودند.

یافته ها: شیوع آسیب های سر در لیگ های حرفه ای متغیر است (دامنه تغییر ۰/۳٪ تا ۱۶/۸٪، ۰/۱۲ تا ۱ در هر ۱۰۰۰ ساعت) و در مقایسه با گزارشات لیگ های نیمه حرفه‌ای کمتر است (۰/۳ ٪ در مقابل ۲۲٪). مکانیسم هدینگ جزو مکانیسم های شایع آسیب های سر در لیگ های برتر نیست. معمول ترین نشانگرهایی که جهت بررسی آسیب های مغز استفاده شده اند نشانگر پروتئین اتصال دهنده کلسیم (S100β) (۸ مطالعه) و پروتئین زنجیره سبک رشته‌های عصبی (NF-L) (۶ مطالعه) است. همچنین نشانگرهای پروتئین تائو (Tau) در ایزوفرم های فسفری و کل (۳ مطالعه)، آنولاز خاص نورونی (NSE) (۲ مطالعه)، آلبومین (۱ مطالعه) و عوامل رشد مغزی (۱ مطالعه) نیز با هدف بررسی تأثیرپذیری از اجرای مهارت هدینگ استفاده شده اند. در مجموع، ۹ مطالعه تغییر در سطوح و ۱۱ مطالعه عدم تغییر در سطوح نشانگرها در پی اجرای هدینگ در سنین مختلف، هم در زنان هم مردان را گزارش داده اند.

نتیجه گیری: قرار گرفتن در معرض ضربه های مکرر و در عین حال با سرعت زیاد در قالب مهارت هدینگ فوتبال ممکن است منجر به آسیب مغزی شود که می تواند با استفاده از روش های ارزیابی نشانگرهای بیوشیمیایی تشخیص داده شود. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می‌دهد که نباید از هدینگ در فوتبال به عنوان مکانیسم بالقوه آسیب مغزی غافل شد. البته برای روشن شدن احتمال چنین رابطه ای، تحقیقات بیشتری لازم است.

کلمات کلیدی: مهارت هدینگ، هد فوتبال، هد زدن، نشانگر بیوشیمیایی، آسیب سر، آسیب مغزی

نویسنده مسئول: حسین دادگر، ho3eindadgar@gmail.com، ORCID: 0000-0001-7582-5072

آدرس: کرمان، دانشگاه شهید باهنر، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی

۱- دانشجوی دکتری آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

۲- مربی گروه تربیت بدنی، واحد بندر لنگه، دانشگاه آزاد اسلامی، بندر لنگه، هرمزگان، ایران

۳- دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۴- استاد گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران

۵- استادیار گروه نورولوژی، بیمارستان شهید محمدی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، هرمزگان، ایران

۶- استادیار گروه رادیولوژی، بیمارستان شهید محمدی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، هرمزگان، ایران

مقدمه

فوتبال در حال حاضر محبوب ترین ورزش در سراسر جهان است و سریع ترین رشد را در بین علاقمندان دارد. در مسابقات جام جهانی ۲۰۱۸، آخرین رویداد عمومی فوتبال تا قبل از فراگیر شدن ویروس کرونا بیش از یک میلیون هوادار فوتبال به روسیه سفر کردند تا از وقت خود به بهانه تماشای فوتبال لذت ببرند (۱). آنچه در کنار این علاقه مندی به فوتبال دارای اهمیت بسیاری است افزایش آگاهی از طریق کسب دانش در حیطه آسیب و متغیرهای مربوط به آن می‌باشد. شناختی که مبتنی بر آگاهی از نواحی مستعد آسیب، ماهیت آسیب ها، مکانیسم ها، ریسک فاکتورها و شیوه های ارزیابی خطر آسیب در فوتبال باشد. بازی فوتبال شامل ضربه به سر در مهارتی به نام هدینگ (Heading) می شود (۲). هدینگ یا به اختصار "هد" یک حرکت تهاجمی یا دفاعی است که به موجب آن بازیکن از سر محافظت نشده برای ضربه عمدی به توپ و هدایت آن در حین بازی استفاده می‌کند که بیش از ۹۰٪ از ضربات وارده به سر بازیکنان در طول بازی فوتبال را به خود اختصاص داده است (۳). به نظر نمی رسد هدینگ ارادی باعث ایجاد کانکاشن (Concussion) در بازیکنان فوتبال شود (۵، ۴) اما، قرار گرفتن در معرض ضربات مکرر هدینگ می‌تواند منجر به اختلالات عصبی متعاقب آن شود (۶). گزارش شده است بازیکنانی که هد می‌زنند نسبت به آن‌ها که نمی‌زنند دارای عملکرد ضعیف تری در برخی مهارت های ذهنی نظیر توجه، حافظه و عملکردهای اجرایی هستند (۷). تحقیقات نشان می دهد که تکرار بیش از اندازه معمول مهارت هدینگ می تواند منجر به آسیب سر، تحلیل رفتن سلول های عصبی و آسیب مغزی شود و به گزارش این تحقیقات، ضربات مکرر به سر در فوتبال می تواند باعث اختلالات و بیماری های عصبی در فرد شوند که می تواند ناشی از آتروفی مغز و ماده خاکستری باشد (۱۱-۸).

جهت درک بهتر انواع مختلف مواجهه با ضربه به سر و پیامدهای احتمالی آن، توسعه ابزارهای تشخیصی و پیش‌آگهی امری اساسی است (۱۲). در همین راستا،

چندین نشانگر زیستی مبتنی بر خون برای ارزیابی آسیب مغزی مورد بررسی و برخی از آن برای اهداف بالینی تأیید شده اند (۱۳). استفاده از فاکتورهای سرمی مشتق از مغز به عنوان یکی از شیوه های بالقوه سنجش شدت آسیب به مغز پیشنهاد شده است، زیرا قادر به شناسایی تغییرات ظریف سلولی، ساختاری و متابولیکی هستند. کاربرد بالینی نشانگرهای زیستی خون برای آسیب های مغزی نه تنها مقرون به صرفه و غیرتهاجمی است، بلکه از این بابت اهمیت دارد که می تواند در شناسایی بیمارانی که نیاز به مراجعه مجدد برای ارزیابی و آزمایش عصبی (فالوآپ) دارند، کمک کننده باشد (۱۴). مطالعات قبلی توانائی بالقوه نشانگرهای زیستی آسیب مغزی مبتنی بر خون را برای پیش بینی عدم وجود آسیب داخل جمجمه ای پس از آسیب مغزی نشان داده اند (۱۳). تا به امروز، نشانگر خونی بسیار حساس و ویژه برای آسیب های مغزی معرفی نکرده اند ولی به گزارش مطالعات گزینه های امیدوار کننده زیادی نظیر پروتئین اتصال دهنده کلسیم (S100β)، پروتئین زنجیره سبک رشته‌های عصبی (NF-L)، آنولاز خاص نورونی (NSE)، و پروتئین تائو (Tau) وجود دارد که به راحتی در خون قابل دستیابی هستند، وجود این پروتئین های سیستم عصبی مرکزی در خون می‌تواند بینشی در مورد میزان آسیب عصبی را فراهم کند (۱۴).

افزایش نگرانی در مورد آسیب های سر در همه ورزش-ها منجر به پیشنهاد و اجرای استراتژی هایی برای کمک به حل مسئله آسیب های جدی سر شده است که نمونه هایی از چنین استراتژی هایی را می توان آموزش بازیکنان، مربیان، درمانگران، مربیان ورزشی و والدین ورزشکاران (۱۵-۱۷)، توسعه ابزارهای ارزیابی آسیب های سر (۱۹، ۱۸)، بیانیه های اجماع برای ارائه رهنمودهای مدیریت (۲۱، ۲۰) و قانون گذاری (۱۶) نام برد. تعدادی از سازمان-های ورزشی قوانین و سیاست های خاصی را با هدف کاهش تعداد آسیب های سر در ورزش اجرا کرده اند به عنوان مثال، لیگ ملی هاکی، لیگ فوتبال ملی و لیگ هاکی کانادا (۲۲). علی رغم این اقدامات، هنوز تعدادی از سوالات برجسته وجود دارد که توانایی تأثیرگذاری در استراتژی-های پیشگیری در آینده را دارند. درک درست از مکانیسم-های آسیب سر در سطوح مختلف، شناسایی مکانیسم ها و بررسی شیوه های ارزیابی خطر بروز آسیب های مرتبط با هدینگ می تواند مدارکی را برای توصیه های خاص برای تغییرات احتمالی قانون، اطلاع رسانی به تولیدکنندگان تجهیزات و مشارکت در دستورالعمل های مدیریت در تمام سطوح بازی ارائه دهد. هدف از مطالعه حاضر تلفیق تحقیقات گذشته تا به امروز در زمینه آسیب های سر با تأکید بر مقالاتی است که به هدینگ به عنوان مکانیسم بروز آسیب های پرداخته اند. اهداف ویژه این مقاله عبارتند از: (الف) مرور مطالعاتی که شیوع سنجی آسیب های سر را گزارش کرده اند، (ب) مرور مطالعاتی که شیوع آسیب های سر را در ارتباط با مکانیسم هدینگ بررسی کرده اند و (پ) مطالعاتی که ارتباط هدینگ و غلظت نشانگرهای بیوشیمیایی آسیب مغزی را بررسی کرده اند. این مطالعه خلأ تحقیقاتی موجود در ایران را مورد بحث قرار می دهد.

روش بررسی

مطالعه حاضر یک بررسی مروری می باشد. برای این بررسی پایگاه های اطلاعاتی لاتین شامل: Web of Science، Scopus، PubMed و پایگاه های اطلاعاتی فارسی زبان نظیر: بانک جامع مقالات پزشکی، پرتال جامع علوم انسانی، بانک مقالات سلامت، پایگاه استنادی علم جهان اسلام، پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی، سامانه نشریات علمی ایران و بانک اطلاعات نشریات کشور جستجو شد. از موتور جستجوگر منابع دانشگاهی گوگل برای جستجوی هر دو منابع لاتین و فارسی استفاده شد. اصطلاحات جستجو شامل ترکیبی از واژگان "Head Injury"، " Brain Injury"، "Soccer"، "Football"، "Epidemilogy"، "Incidence"، "Rate"، "Heading"، "Header" و "Biomarkers" بود. جستجوها در محدوده سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۲۱. جستجوها با مشورت یک کتابدار، یک متخصص رادیولوژی و یک متخصص مغز و اعصاب و با ترکیبی از عناوین موضوعات پزشکی انجام گرفته است. این بررسی علاوه بر جستجوی مقالات در پایگاه های الکترونیکی معتبر، منابع لیست شده در هر مقاله را نیز لحاظ کرده است. معیارهای ورود به مطالعه شامل: (الف) مقالات اورجینال؛ (ب) مقالات با نمونه تحقیق مشتق شده از جامعه آماری فوتبالیست ها. (پ) آسیب سر در اثر مهارت هدینگ فوتبال؛ (ت) شیوع، مکانیسم ها و عوامل خطر آسیب های سر با تأکید بر لیگ های حرفه ای؛ و معیارهای خروج از مطالعه شامل: (الف) مقالات غیر انگلیسی و غیر فارسی؛ (ب) مقالات مورد-شاهدی، تفسیرها، نظرات پیرو

مقالات، گزارشات روایتی و اخباری و نامه ها؛ (پ) مطالعات انجام شده در چند ورزش که در آن نتایج خالص فوتبال قابل استخراج نبود؛ (ت) مقالات با حجم نمونه کمتر از پنج نفر (ث) مقالات منتشر شده در مجلات لیست سیاه وزارتین بود.

در مجموع ۲۴۳ مقاله از جستجو در کلیه پایگاه های اطلاعاتی بدست آمد. از این بین ۱۵۲ مقاله از نظر عنوان و چکیده مناسب بودند که ۴۳ مقاله پس از حذف نسخه های تکراری و غربالگری مواردی که ملاک های ورود را نداشتند، انتخاب شدند. دو مطالعه دیگر از بررسی لیست منابع این مقالات حائز شرایط ورود به مطالعه بودند. در نهایت، ۴۵ مقاله برای بررسی در مطالعه حاضر گنجانده شد. نتایج جستجوی پایگاه داده در نمودار ۱ ارائه شده است. دستورالعمل پریزما (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses; (PRISMA) در مورد تمامی اجزای مقاله مروری حاضر به کار گرفته شد (۲۳).

یافته ها

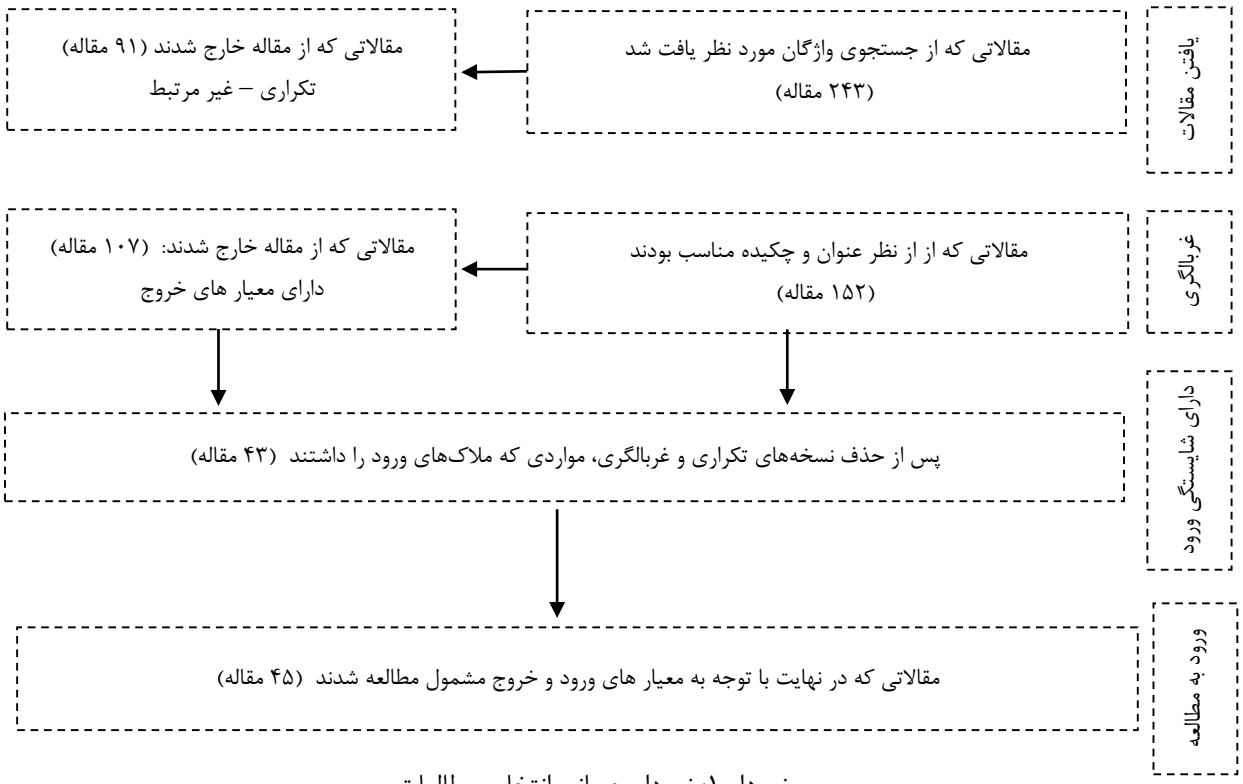
مطالعات مرتبط با آسیب سر که در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفتند در سه دسته طبقه بندی شده اند؛ دسته اول تحقیقاتی که در مورد شیوع سنجی آسیب های سر انجام شده اند (۱۶ مطالعه خلاصه شده در جدول ۱). دست دوم تحقیقاتی که در زمینه ارتباط هدینگ با آسیب های سر انجام شده اند (۱۵ مطالعه، خلاصه شده در جدول ۲) و دسته سوم تحقیقاتی که نشانگرهای بیوشمیایی معرف آسیب مغزی را در ارتباط با مهارت هدینگ مورد بررسی قرار داده اند (۱۴ مطالعه، خلاصه شده در جدول ۳).

شیوع آسیب های سر مرتبط با هدینگ

در دسته اول، در بررسی متمرکز شده و هدفمند، ۱۶ مطالعه مرتبط با شیوع سنجی که در لیگ های برتر فوتبال کشورهای صاحب نام فوتبال انجام شده بودند، بررسی شده است (جدول ۱). کمترین میزان شیوع آسیب های سر به ترتیب مربوط به لیگ اسپانیا در مردان (۰/۱۳)، در زنان (۰/۱۲) و لیگ فرانسه (۰/۳) آسیب در ۱۰۰۰ ساعت بود (۳۵، ۲۷)؛ البته در دو مطالعه انجام شده در لیگ برزیل (۳۸، ۳۰) و یک مطالعه در لیگ اسپانیا (۳۹) هیچ مورد آسیب سر گزارش نشده است. بیشترین میزان شیوع آسیب های سر به ترتیب در لیگ ایران (۱۶/۸٪) (۲۵)، آفریقای جنوبی (۱۰٪) (۲۶) و ایران (۹/۱٪) (۲۴) گزارش شده است. میانگین سنی نمونه های مورد مطالعه در دامنه ۲۳ تا ۲۵ سال قرار داشت و در مطالعه Falese و همکاران (۳۳) سن شرکت کنندگان در تحقیق گزارش نشده بود. نتایج نشان داد که مکانیسم هدینگ جزو مکانیسم های شایع آسیب های سر در لیگ های برتر نیست؛ در اکثریت این مطالعات مکانیسم هدینگ یا توسط محقق در زمره مکانیسم های بروز آسیب گزارش نشده است (۲۷-۳۹، ۲۴) یا کمترین میزان را در بروز آسیب ها به خود اختصاص داده است (۲۶، ۲۵).

حسبی و همکاران (۲۹) در فوتبالیست‌های لیگ برتر ایران آسیب های نیم فصل دوم ۲۱ بازیکن با میانگین سن ۲۴ سال را ثبت کردند. محققین دو مورد آسیب حاد سر، هیچ آسیب مزمن و دو کانکاشن با نرخ شیوع ۰/۸ در ۱۰۰۰ ساعت را در این مطالعه ثبت کردند (۲۹). بمبئی چی و همکاران (۲۴) و زارعی و همکاران (۲۵) در تحلیل ویدئوئی مسابقات لیگ برتر ایران آسیب های سر را به ترتیب ۱۶/۸٪ و ۹/۱٪ گزارش کردند، که این میزان بسیار بالاتر از میزان گزارش شده در مطالعات خارجی (۱۶/۸٪ در مقابل ۰/۶٪) بود. مطالعه ای که آسیب های سر را در لیگ‌های داخلی به طور مجزا مورد مطالعه قرار داده باشد مشاهده نشد. در گزارش مطالعاتی که در نمونه های غیر لیگ برتری انجام شده است، شیوع آسیب های سر بالاتر بود. در بررسی Niedfeldt و همکاران (۴۰) آسیب های سر بین ۴٪ تا ۲۲٪ از آسیب های فوتبال را به خود اختصاص داده اند که عمدتا در ورزشکاران دانشگاهی و دبیرستانی بوده است. Fuller و همکاران (۴۱) نرخ شیوع آسیب های سر در بازی های المپیک مردان را ۱۶/۸ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت بازی گزارش کرده اند. Beaudouin و همکاران (۴۲) نرخ شیوع آسیب های سر را کودکان زیر ۱۰ سال ۱/۱۹، زیر ۱۲ سال ۰/۷ و زیر ۱۶ سال ۱/۱۱ و در مجموع کلی نمونه های تحقیق (نوجوانان) ۰/۷ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت مسابقه گزارش داده اند.

Masouleh و همکاران (۴۳) در بررسی فراوانی صدمات ورزشی مشاهده کردند که ۴۷/۴٪ از مراجعین به مرکز درمانی، آسیب مرتبط با فوتبال دارند و آسیب های سر به همراه گردان ۱۸/۲٪ از این آسیب هاست. محققین شیوع آسیب های سر را برحسب رشته ورزشی گزارش نکرده اند.



نمودار ۱: نمودار جریانی انتخاب مطالعات

جدول ۱: شیوع‌سنجی آسیب های سر با تمرکز بر لیگ های حرفه‌ای.

نویسنده، سال، کشور (منبع)	نمونه تحقیق، میزان شیوع آسیب سر به نسبت کل آسیب ها، مکانیسم هدینگ
بمبئی چی و همکاران (۲۴) **لیگ برتر ایران**	۳۸ مسابقه فصل مسابقاتی ۸۵ – ۸۴ ۱۲۱ آسیب ثبت شده، ۳/۴ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت، آسیب سر ۱۱ مورد (۹/۱٪). آسیبه ای سر در معیار هر ۱۰۰۰ ساعت گزارش نشده است. در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
زارعی و همکاران (۲۵) **لیگ برتر ایران**	۱۲۵ مسابقه فصل مسابقاتی ۸۶ – ۸۵ ۳۰۶ آسیب ثبت شده، ۶۶/۸ آسیب در هر ۱۰۰ ساعت مسابقه یا ۲/۴۴ آسیب در هر مسابقه. آسیب سر ۱۶/۸٪، آسیب‌های سر در معیار هر ۱۰۰۰ ساعت گزارش نشده است. هدینگ به ترتیب علت ۰/۷ و ۰/۳٪ از آسیب های مدافعان و هافبک ها
Nidoo و همکاران (۲۶) **لیگ برتر آفریقای جنوبی**	۲۶ بازیکن مرد ۱۷ تا ۳۹ سال، میانگین سنی ۲۳ سال ۵۸٪ از بازیکنان حداقل یک آسیب (۳/۳ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت) آسیب‌های سر ۱۰٪ (رتبه سوم بعد از زانو و مچ) آسیب‌های سر در معیار در هر ۱۰۰۰ ساعت گزارش نشده است. هدینگ ۷/۶٪ از مکانیسم‌های بروز آسیب، ۴/۲ در مدافعین، ۳/۲ در هافبک و ۱۸/۲ در مهاجمین
Le Gall و همکاران (۲۷) **لیگ برتر فرانسه ۸ فصل مسابقاتی متوالی**	۱۱۹ بازیکن زن جوان ۱۵ تا ۱۹ سال ۹۲/۴٪ از بازیکنان حداقل یک آسیب، در مجموع ۶۱۹ آسیب، ۶/۴ در ۱۰۰۰ ساعت مواجهه، آسیب سر ۰/۳٪. آسیب های سر در معیار در هر ۱۰۰۰ ساعت گزارش نشده است. در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Hurtmut و همکاران (۲۸) **بوندس لیگا آلمان**	۲۵۴ بازیکن زن ۱۵ تا ۳۵ سال، میانگین سنی ۲۲، میانگین تجربه بازی ۱۴ سال ۴۳٪ از بازیکنان آسیب دیدند، آسیب های سر ۷/۱٪ رتبه دوم بعد از اندام تحتانی آسیب‌های سر در معیار در هر ۱۰۰۰ ساعت گزارش نشده است. در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است.

Hassabi و همکاران (۲۹) **ایران لیگ برتر**	۲۱ بازیکن مرد، میانگین سنی ۲۴ سال (دامنه سنی گزارش نشده) ۸۳٪ از بازیکن حداقل یک آسیب (۱۶/۵ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت مواجهه (تمرین + مسابقه))، آسیب های سر ۴/۶٪ از آسیب‌های حاد، کانکاشن ۴/۶٪ از کل آسیب‌ها (۰/۸ در ۱۰۰۰ (تمرین + مسابقه)). در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است.
Fachina و همکاران (۳۰) **لیگ برتر برزیل**	۳۵ بازیکن مرد، میانگین سنی ۲۵ سال ۹۵ آسیب ثبت شده است، هیچ مورد در سر رخ نداده است. یک آسیب ناشی از مکانیسم هدینگ گزارش شده است.
Lee و همکاران (۳۱) **لیگ برتر هنگ کنگ**	۱۵۲ بازیکن مرد، میانگین سنی ۲۵ سال ۸۰٪ از بازیکن حداقل یک آسیب، ۷/۴ آسیب در ۱۰۰۰ ساعت بازیکن، آسیب های سر ۲٪، کانکاشن ۱٪ در مکانیسم‌های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Stubbe و همکاران (۳۲) **لیگ برتر هلند**	۲۱۸ بازیکن مرد، میانگین سنی ۲۴ سال ۴۰٪ حداقل یک آسیب در فصل، ۲۸۶ آسیب اتفاق افتاده، ۶/۲ آسیب در ۱۰۰۰ بازیکن ساعت، آسیب سر ۳/۸٪ (۱۱ مورد) در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Falese و همکاران (۳۳) **لیگ برتر ایتالیا**	۲۸۶ بازیکن مرد، سن اشاره نشده است ۳۶۳ آسیب رخ داد، ۱۳/۵ آسیب در ۱۰۰۰ ساعت در بازیکنان زیر ۲۵ سال، ۱۴/۳ در بازیکنان ۲۵ تا ۲۹ سال، ۱۸/۹ بالای ۳۰ سال. آسیب سر ۲ (۰/۶٪) در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Jones و همکاران (۳۴) **لیگ برتر انگلیس**	۲۴۳ بازیکن مرد، میانگین سنی ۲۴ سال ۴۷۳ آسیب رخ داد، ۱/۹ آسیب به ازای هر ورزشکار، ۹/۱۱ آسیب در هر ۱۰۰۰ ساعت مواجهه، کمتر از ۵٪ آسیب های سر، کمتر از ۳٪ کانکاشن در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است.
Larruskain و همکاران (۳۵) **لیگ برتر اسپانیا پنج فصل مسابقاتی متوالی**	۵۰ بازیکن مرد با میانگین سنی ۲۵ و ۳۵ زن با میانگین سنی ۲۵ ۳۲۳ آسیب با نرخ شیوع ۸/۳۱ در هر ۱۰۰۰ ساعت، ۵ آسیب سر (۲٪) در مردان ۳ آسیب (۲٪) در زنان، ۰/۱۳ در هر ۱۰۰۰ مردان ۰/۱۲ در زنان در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Del Coso و همکاران (۳۶) **لیگ‌های رسمی اسپانیا**	۲۵۳۹۷ بازیکن زن (۱۲۸۵۷ بزرگسال، ۱۲۵۴۰ زیر ۱۸ سال) ۲۱۰۸ آسیب رخ داد، ۰/۰۹۴ در بزرگسال، ۰/۰۷۲ در جوانان؛ ۹۱ آسیب سر (۴/۳۲٪)، کانکاشن رخ نداده. در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Lu و همکارن (۳۷) **لیگ برتر استرالیا**	۴۲۱ بازیکن مرد ۹۱۷ آسیب ثبت شده در مجموع ۶ فصل، ۴/۸ تا ۶/۷ در ۱۰۰۰ ساعت، مجموع ۳۱ آسیب سر در ۶ فصل (۳/۳۸٪)، ۱ در ۱۰۰۰ ساعت در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Cezarino و همکاران (۳۸) **لیگ یک برزیل**	۲۲۸ بازیکن مرد ۱۰ تا ۲۰ سال، میانگین سنی ۱۶ (رده جوانان) ۱۸۷ آسیب رخ داده، ۱/۸۶ در ۱۰۰۰ ساعت، هیچ آسیب سری مشاهده نشده. در مکانیسم های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است
Agustín و همکاران (۳۹) **لیگ برتر اسپانیا**	۱۲۳ بازیکن زن، میانگین سنی ۲۳ سال ۱۱۳ آسیب رخ داد، ۳/۶۵ در ۱۰۰۰ آسیب، آسیب سر مشاهده نشده در مکانیسم‌های بروز آسیب به هدینگ اشاره نشده است

جدول ۲: شیوع آسیب های سر با تمرکز بر مکانیسم هدینگ.

نویسنده (سال)	نمونه ها	نوع تحقیق	عنوان مقاله چکیده (نکته کلیدی)
Comstock و همکاران (۴)	۶۲۷ کانکاشن	آینده‌نگر	یک بحث مبتی بر شواهد در هدینگ به توپ فوتبال در ارتباط با کانکاشن در فوتبالیست های دبیرستانی هدینگ مسئول بیشترین میزان کانکاشن در پسران (۳۰/۶٪)، دختران (۲۵/۳٪).
زارعی و همکاران (۲۵)	۱۲۵ مسابقه فوتبال لیگ برتر	توصیفی	تجزیه و تحلیل ویدئویی آسیب های لیگ برتر فوتبال ایران هدینگ به ترتیب علت ۰/۷ و ۰/۳٪ از آسیب های مدافعان و هافبک ها گزارش شده‌است
Marar و همکاران (۴۵)	۱۹۳۶ کانکاشن	توصیفی	شیوع سنجی کانکاشن ها در میان ورزشکاران دبیرستانی در ۲۰ ورزش هدینگ مسئول بروز کانکاشن در پسران (۳۱/۱٪)، دختران (۲۷/۷٪).
Yard و همکاران (۴۶)	۱۰۰ دبیرستان ایالات متحده آمریکا	توصیفی	شیوع سنجی آسیب های دبیرستانی ۳۶/۷٪ از کانکاشن ها حین اجرای هدینگ رخ داده است.
O'Kane و همکاران (۴۷)	۵۹ کانکاشن	توصیفی	کانکاشن در بین فوتبالیست های زن دبیرستانی هدینگ مکانیسم بروز ۳۰/۵٪ از کانکاشن ها
مقامی و همکاران (۴۸)	۸۸ بازیکن لیگ برتر فوتبال	پیمایشی فراتحلیل	شناسایی اندام های آسیب پذیر و مکانیسم های ایجابی آن‌ها در فوتبال آسیبه ای سر و هدینگ به ترتیب رتبه ۷ و ۶/۵ احتمال بروز را دارند.
آقا بیگی و همکاران (۴۹)	۶۴ مسابقه فوتبال جام جهانی ۲۰۱۰	توصیفی - تحلیلی	شناسایی اندام های آسیب پذیر و سازوکارهای ایجابی آن ها در بازی های فوتبال جام جهانی ۲۰۱۰ دوئل برای تصاحب توپ در هوا شایع ترین مکانیسم آسیب بود است.
Nilsson و همکاران (۵۰)	۱۳۶ آسیب سر و گردن	آینده‌نگر	آسیب های سر و گردن در فوتبال حرفه‌ای آسیب های سر و گردن نسبتاً غیرمعمول هستند در فوتبال حرفه‌ای مدافعان بیشتر از بقیه پست ها در خطر هستند.
Herrero و همکاران (۵۱)	۱۵۲۴۳ آسیب فوتبال	توصیفی	آسیب های فوتبالیسته ای مرد آماتور اسپانیایی خطر آسیب در فوتبال آماتور کمتر از حرفه‌ای است.
Delaney و همکاران (۵۲)	۶۹ کانکاشن	آینده‌نگر	مکانیسم آسیب برای کانکاشن در فوتبال آمریکایی، فوتبال و هاکی ضربه به کنار سر (لوب گیجگاهی) اغلب با کانکاشن همراه است.
Zuckerman و همکاران (۵۳)	۱۸۰ ورزشکار	آینده‌نگر	مکانیسم های آسیب بعنوان یک پیش‌گوی آسیب های مرتبط با کانکاشن در فوتبال، بسکتبال و فوتبال آمریکایی دوئل بازیکن و پروازش برای توپ آزاد و هدینگ (نه ضرورتا ضربه به توپ) معمول‌ترین مکانیسم آسیب های مرتبط با کانکاشن در فوتبال هستند
Khodaee و همکاران (۵۴)	۶۱۵۴ آسیب فوتبال	فراتحلیل	۹ سال مطالعه آسیب های فوتبال دبیرستانی نرخ شیوع آسیب بسته به جنس و نوع مواجهه متفاوت است ولی الگوی آسیب مشابه است.
Kontos و همکاران (۵۵)	۲۸ مقاله	فراتحلیل	فرا تحلیل و مرور اثرات هدینگ فوتبال اثر نامطلوبی در هدینگ فوتبال مشاهده نشد.
Reynolds و همکاران (۵۶)	۲۱ بازیکن	توصیفی	اثر سن و نوع موقعیت هدینگ بر ضربه به سر در فوتبالیست های دانشجو بازی های فوتبال به نسبت تمرینات سبب آسیب های منجر به کانکاشن بیشتر می‌شوند.
Cheng و همکاران (۵۷)	۳۸ مطالعه	فرا تحلیل	تفاوت های مبتنی بر جنسیت در بروز کانکاشن مرتبط با ورزش: بررسی سیستماتیک و فراتحلیل میزان بروز کانکاشن در زنان به طور قابل توجهی بالاتر از مردان برای فوتبال و بسکتبال بود.
Saunders و همکاران (۵۸)	۲۸ فوتبالیست دانشگاهی	توصیفی	تفاوت جنسیت در مکانیسم ضربات سر در ورزشکاران فوتبال دانشگاهی بالاترین ترومای سر در مردان ضربه سر به بدن و در حین تمرین، در زنان ضربه توپ به سر و در مسابقه.

جدول ۳: ارتباط هدینگ و نشانگرهای بیوشیمیایی آسیب مغزی.

محقق	حجم نمونه، اهداف مطالعه، نمونه‌های مطالعه، نتیجه تحقیق
Otto و همکارن (۵۹)	۱۲ مقایسه سطح سرمی S100B هدینگ فوتبال با بوکس و دو و میدانی فوتبالیست های مرد آماتور در مقایسه با ورزش های برخوردی، سطح غلظت S100B قبل و بعد از اجرای هدینگ فوتبال با سرعت توپ ۲۵ کیلومتر بر ساعت افزایش معنی داری ندارد.
Mussack و همکاران (۶۰)	۱۱۹ تعیین اینکه آیا سطوح S100B بعد از مهارت هدینگ افزایش می‌یابد؟ گروه تجربی: ۶۱ مرد آماتور فوتبالیست (میانگین سنی ۱۵/۲)؛ کنترل: ۵۸ فوتبالیست آماتور (میانگین سنی ۱۵/۹). بعد از جلسه اجرای هدینگ، سطح S100B در مقایسه با سطح پایه آن به طور معنی داری افزایش و این افزایش تا ۶ ساعت ادامه داشت. این افزایش در مقایسه با غلظت های به دست آمده از گروه کنترل نیز معنی‌دار بود.
Stalnacke و همکاران (۶۱)	۲۸ بررسی اینکه آیا سطوح S100B و NSE در ارتباط با بازی در یک مسابقه فوتبال بالا می‌رود یا خیر؟ فوتبالیست مردان تیم‌های حرفه‌ای حاضر در لیگ کشور سوئد (میانگین سنی ۲۶ با انحراف ۵ سال). پس از مسابقه در مقایسه با مقادیر اولیه سطوح S100B و NSE افزایش معنی داری داشت. سطح S100B با تعداد هدینگ و سایر تروماهای سر ارتباط معنی‌داری داشت. هیچ ارتباط معنی‌داری برای NSE با هدینگ یافت نشد.
Stalnacke و همکاران (۶۲)	۴۴ تعیین اینکه آیا نشانگر آسیب مغز در فوتبالیست‌های زن بعد از یک مسابقه فوتبال افزایش می‌یابد؟ فوتبالیست‌های زن حرفه‌ای کشور سوئد (میانگین سنی ۲۳ انحراف ۳ سال). غلظت S100B و NSE پس از بازی به طور معنی‌داری افزایش یافت. تغییرات S100B همبستگی معنی‌داری با انواع هدرها (تلفیقی و جداگانه) و سایر تروماهای سر داشت. سطح NSE با هدینگ یا تروما ارتباط معنی‌داری نداشت.
Zetterberg و همکاران (۶۳)	۲۳ تعیین اینکه آیا هدینگ فوتبال منجر به افزایش سطوح نشانگرهای مغز در CSF یا serum می‌شود؟ فوتبالیست های مرد آماتور (دو گروه هدینگ: یکی ۱۰ بار هدینگ یکی ۲۰ بار هدینگ زدند) هیچ تفاوت معنی داری در نشانگرها در CSF یا serum بین فوتبالیست ها و گروه کنترل و نیز بین دو زیرگروه هدینگ مشاهده نشد.
Stalnacke & Sojka (۶۴)	۱۹ بررسی اینکه آیا هدینگ کنترل شده در فوتبال منجر به افزایش غلظت S100B در خون می شود؟ فوتبالیست های مرد آماتور شاغل و حاضر در باشگاه‌های محلی. افزایش معنی داری در غلظت S100B در هر دو گروه مشاهده نشد. همچنین اختلاف معنی داری در غلظت S100B بین گوه تجربی و کنترل وجود نداشت.
Bamaç و همکاران (۶۵)	۱۷ بررسی اثر هدینگ بر روی NGF و BDNF فوتبالیست های حرفه ای مرد با میانگین سنی ۲۴ سال هدینگ فوتبال باعث افزایش غلظت سرمی NGF و BDNF می‌شود.
Dorminy و همکاران (۶۶)	۱۶ بررسی تأثیر سرعت توپ فوتبال روی غلظت سرمی S100B ۱۰ فوتبالیست مرد و ۶ زن لیگ دسته یک دانشگاهی داوطلب (میانگین ۲۰ سال) هدینگ فوتبال در سرعت های مختلف توپ بر سطوح S100B تأثیر نمی‌گذارد.
Wallace و همکاران (۶۷)	۱۱ تعیین تأثیر هدینگ بر NF-L و پروتئین Tau پلاسما فوتبالیست های مرد دانشگاهی با میانگین سنی ۲۳ سال با حداقل پنج سال تجربه بازی در لیگ حرفه ای یک وهله اجرای هدینگ با افزایش غلظت NF-L در ۱ ساعت و ۱ ماه پس از جلسه هدینگ همراه است و می تواند منجر به علائمی شود که معمولاً به دنبال کانکاشن مربوط به ورزش گزارش می‌شوند. سطوح Tau تغییری نداشت.
Wirsching و همکاران (۶۸)	۳۷

		ارتباط بین ضربات تکراری زیر حد آستانه کانکاشن با تغییر در NF-L پس از ۱۰ وهله اجرای هدینگ فوتبال.
		فوتبالیست بزرگسال سالم (۱۹ نفر گروه هدینگ ۱۸ نفر کنترل)
		سطح (NF-L) پلاسما بواسطه ضربات تکراری زیر حد آستانه کانکاشن به سرافزایش می یابد و بیش از ۲ ساعت زمان لازم است که پس از ضربه به سر تشخیص داده شود.
Huibregtse و همکاران (۶۹)	۷۹	
		بررسی اثر ضربات زیر حد آستانه کانکاشن بر تغییرات حاد در S100B پلاسما
		فوتبالیست های مرد دانشگاهی با حداقل پنج سال تجربه بازی در لیگ حرفه ای (۴۱ نفر تجربی ۳۸ نفر کنترل)
		۱۰ وهله اجرای هدینگ کنترل شده، غلظت S100B را تا ۲۴ ساعت بعد افزایش نمی دهد.
Sandmo و همکاران (۷۰)	۶۲۱	
		آیا با استفاده از نشانگرهای NfL و tau به عنوان معیاری برای تشخیص می توان گفت ضربات تکراری ناشی از هدینگ فوتبال می تواند باعث آسیب ساختاری مغز شود؟
		فوتبالیست های لیگ حرفه ای کشور نروژ
		غلظت NfL و tau سرمی تحت تأثیر ضربات سر در فوتبال قرار نگرفتند. سطح tau در پاسخ به ورزش افزایش می‌یابد.
Austin و همکاران (۷۱)	۴۴	
		آیا تعداد هدینگ در یک جلسه مفرد بر غلظت NF-L سرمی تأثیر می‌گذارد؟
		گروه کنترل (۸ نفر) گروه با ۱۰ ضربه هدینگ (۱۲ نفر)، گروه با ۲۰ ضربه هدینگ (۱۲ نفر) و گروه با ۴۰ ضربه هدینگ (۱۲ نفر)
		در مردان بزرگسال، تعداد هدینگ تأثیری بر غلظت سرمی NF-L در طول یک جلسه اجرای هدینگ ندارد.
Antonio و همکاران (۷۲)	۲۵	
		ارزیابی غلظت NFL در فوتبالیست‌ها و مقایسه با ورزشکاران رشته غیر برخوردی
		۸ فوتبالست زن شاغل در لیگ (میانگین سنی ۲۲) گروه تجربی و ۱۷ ورزشکار حرفه ای رشته‌های غیر برخوردی (میانگین سن ۲۵) گروه کنترل
		غلظت NFL پلاسما در فوتبالیست ها نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری بیشتر بود

S100B (S100 calcium-binding protein B), NSE (Neuron-Specific Enolase), NF-L (Neurofilament Light Chain), BDNF (Brain-derived Neurotrophic Factor)

Zutrauen و همکاران (۴۴) در بررسی آسیب های سر مرتبط با فوتبال با تجزیه و تحلیل داده های جمع آوری شده توسط برنامه گزارش و پیشگیری از آسیب الکترونیکی بیمارستانی گزارش دادند که ۳۰/۸۶ از آسیب های مرتبط با فوتبال در ناحیه سر رخ داده و در ۲۶/۳۷٪ از آسیب های فوتبال ناشی از برخورد با توپ بوده است.

مکانیسم آسیب های سر مرتبط با هدینگ

دسته دوم تحقیقات بررسی شده در مطالعه حاضر، مطالعاتی بود که شیوع آسیب های سر را در ارتباط با مکانیسم هدینگ بررسی کرده بودند (۱۵ مطالعه). ۸ مطالعه بر روی کانکاشن به عنوان شایع ترین آسیب سر ناشی از ضربه بحث کرده اند و مکانیسم هدینگ را به عنوان یکی از مکانیسم‌های منجر به بروز کانکاشن بررسی کرده اند (جدول ۲). در تحقیقات داخلی مطالعه ای که مکانیسم هدینگ را به طور اختصاصی در ارتباط با آسیب‌های سر، آسیب های مغزی و یا کانکاشن بررسی کرده باشد در جستجوهای انجام شده یافت نشد.

نشانگرهای زیستی مغز پس از اجرای هدینگ دسته سوم مطالعات وارد شده به تحقیق، مطالعاتی است که در زمینه بررسی نشانگرهای بیوشیمیایی معرف آسیب مغزی انجام شده اند و ارتباط این نشانگرها را با مهارت هدینگ بررسی کرده اند (جدول ۳). ۱۴ مطالعه وجود نشانگرهای بیوشیمیایی آسیب مغزی در خون و یا مایع مغزی نخاعی فوتبالیست ها را پس از شرکت در تمرینات هدینگ بررسی کرده اند. نشانگرهای زیستی که در این مطالعات مورد بررسی قرار گرفته اند شامل S100β، NSE، پروتئین اسیدی فیبریلاری گلیال (Glial Fibrillary Acidic Protein; GFAP)، NF-L، BDNF، فاکتور رشد عصب، پروتئین تائو و آلبومین بوده است.

تمامی این مطالعات نشانگرهای مغزی را در فوتبالیست-های رده بزرگسال بررسی کرده اند. در ۱۴ مطالعه بین ۱۱ تا ۶۲۱ شرکت کننده جذب شده اند (۵۹-۷۲). هفت مطالعه با گروه کنترل (۷۲، ۷۱، ۶۹، ۶۸، ۶۴، ۶۳، ۶۰) و هفت مطالعه بدون گروه کنترل انجام شده است (۷۰، ۶۷-۶۵، ۶۲، ۶۱، ۵۹). در پنج مطالعه، هم تیمی‌ها توپ را برای نمونه ها با استفاده از پا شوت، در سه مطالعه با دست پرتاب

و در شش مطالعه از دستگاه توپ انداز استفاده شده است. تعداد هدهای انجام شده بین ۵ تا ۴۰ و فاصله بین پرتاب تا محل اجرای هدینگ از ۱۵ متر تا ۳۶/۶ متر متغیر بوده است. از بین مطالعاتی که از دستگاه توپ انداز استفاده کرده است، سرعت حرکت توپ از ۴۰/۲ کیلومتر در ساعت تا ۸۰/۶۴ متغیر بوده است.

از نقطه نظر نمونه‌گیری، یک مطالعه علاوه بر نمونه های خونی، از مایع مغزی نخاعی هم نمونه گیری کرده است (۶۳) و باقی مطالعات فقط نمونه خونی گرفته اند (۷۲-۶۴، ۶۲-۵۹). از نقطه نظر زمان برداشت، Zetterberg و همکاران (۶۳) نمونه مایع مغزی نخاعی و نمونه خون داخل وریدی را ۷-۱۰ روز پس از اجرای پروتوکل هدینگ، Stalnacke & Sojka (۶۴) نمونه خون وریدی را ۳۰ دقیقه، دو و چهار ساعت پس از پروتوکل هدینگ، Bamaç و همکاران (۶۵) نمونه خون وریدی را بلافاصله پس از اجرای پروتوکل هدینگ، Dorminy و همکاران (۶۶) نمونه خون وریدی را ۱ تا ۱/۵ ساعت پس از هدینگ، Wallace و همکاران (۶۷) نمونه های وریدی را یک ساعت و یک ماه پس از هدینگ و Wirsching و همکاران (۶۸) نمونه خون وریدی را بلافاصله، دو و ۲۴ ساعت پس از هدینگ جمع آوری کرده اند. خلاصه‌ای از تمام یافته ها در جدول ۳ قابل مشاهده است.

بحث و نتیجه گیری

مطالعه حاضر خلاصه ای جامع از تحقیقات گذشته در زمینه شیوع آسیب های سر مرتبط با مهارت هدینگ فوتبال، مکانیسم های آسیب سر و نشانگرهای بیوشیمیایی متأثر از هدینگ را ارائه می‌دهد. در پی گزارش تحقیقات متعدد در زمینه شیوع سنجی، برای سالیان زیادی فوتبال به عنوان یک ورزش کم خطر برای آسیب های سر در نظر گرفته شده است. گزارشات توصیفی مشاهده شده از میزان و نرخ شیوع آسیب های سر در لیگ های فوتبال حرفه ای و سطح یک کشورهای مختلف که در تحقیق حاضر جمع‌آوری شده است، مؤید همین مطلب است (۳۹، ۳۸، ۳۵، ۳۳، ۳۰، ۲۷).

شیوع آسیب های سر در لیگ برتر ایران بسیار بالاتر از کشورهای دارای رنکینگ بهتر می باشد. احتمالا دلیل این اختلاف بالا در نحوه ثبت آسیب ها باشد. گزارش های لیگ برتر ایران بر پایه تحلیل ویدئوئی انجام شده که می تواند شرایط ثبت با دقت بیشتر آسیب ها را فراهم کند. در بررسی آسیب های فوتبال جام جهانی ۲۰۱۰ آفریقای جنوبی که از شیوه تحلیل ویدئویی استفاده شده بود نیز شیوع آسیب های سر بالا گزارش شده است (۴۹). علاوه بر این، تفاوت در گزارشات می تواند به دلیل تفاوت در نمونه ها باشد. در تحقیق زارعی و همکاران (۲۵) در لیگ برتر ایران شیوع آسیب های سر فقط در دو تیم فوتبال در دسترس بررسی شده است (ذوب آهن و سپاهان اصفهان). ضمن اینکه فرهنگ بازی و خصوصیات و ویژگی های شخصیتی بازیکنان هر لیگ و هر کشور می تواند بر این مقوله تأثیرگذار باشد. در نهایت، پائین تر بودن میزان شیوع آسیب ها در تحقیقات جدیدتر می تواند به دلیل توجه به اقدامات پیشگیرانه از آسیب سر نظیر آموزش تکنیک در اجرای دوئل در تصاحب توپ در هوا، درگیری ها، سقوط ها و فرودها باشد که از آن ها به عنوان مکانیسم های بروز آسیب سر یاد شده است.

در بررسی تحقیقات لیگ برتر داده های ناقصی در مورد مکانیسم هدینگ مشاهده شد. در این تحقیقات آسیب های سر بسیار ناچیز گزارش شده و یا گزارش نشده است و به همین دلیل در بحث مکانیسم های بروز آسیب نیز به آن اشاره ای نشده است. ما در بررسی گزارش لیگ های برتر مشاهده کردیم که در لیگ هایی که شیوع آسیب های سر در آن ها از سایرین بالاتر بوده است مکانیسم هدینگ در همه پست های بازی در دسته مکانیسم های بروز آسیب سر قرار داشته است. در تحقیق Nidoo و همکاران (۲۶) در لیگ برتر آفریقای جنوبی که آسیب های سر شیوع بالاتری داشت، هدینگ جزو مکانیسم های بروز آسیب در مدافعین، هافبک و مهاجمین بود. در تحقیق زارعی و همکاران (۲۵) در لیگ برتر ایران نیز که آسیب های سر شیوع بالایی داشت هدینگ از علل آسیب های مدافعان و هافبک ها گزارش شده است. در تحقیق Fachina و همکاران (۳۰) در لیگ برزیل هیچ مورد آسیب سر رخ نداده بود ولی یک آسیب رخ داده در فوتبال ناشی از مکانیسم هدینگ گزارش شده بود.

هدینگ -ضربه با سر به توپ یا به اختصار "هد"- یک فعالیت معمول در فوتبال است و مانوری است که هیچ مشابهی در سایر ورزش ها ندارد. هدینگ یک حرکت تهاجمی یا تدافعی است که به موجب آن بازیکن از سر محافظت نشده برای ضربه عمدی به توپ و هدایت آن در

حین بازی استفاده می کند. بازیکنان حرفه ای فوتبال به طور متوسط ۱۲–۶ بار در هر بازی هد می زنند که بر اساس این آمار تخمین زده می شود یک فوتبالیست در طی یک دوره ورزش حرفه ای ۱۵ ساله ۵۲۵۰ بار به توپی که معمولا با سرعت ۸۵ کیلومتر در ساعت و گاها بیشتر حرکت می کند، ضربه بزند (۷۳). این شرایط می تواند به طور میانگین ۳۵۰۰ تا ۸۵۰۰ مواجهه زیر حد آستانه کانکاشن در طول دوران ورزشی برای یک بازیکن فوتبال آماتور ایجاد کند (۷۴). آنچه در هدینگ فوتبال نگران کننده است همین ترومای تحت کانکاشن بواسط ضربه مکرر به سر توسط توپ است. ترومای تحت کانکاشن به عنوان ضربه ای به سر تعریف می شود که علایم کلینیکی کانکاشن را بروز نمی دهد و یک نتیجه حاد کلینیکی در پی ندارد (۷). کانکاشن -نوعی آسیب خفیف مغزی- یک سندرم بالینی است که به عنوان یک فرآیند پیچیده پاتوفیزیولوژیک تعریف می شود که توسط نیروهای بیومکانیکی آسیب‌زا ایجاد می شود (۲۲). اینکه آیا این نوع ضربات مکرر زیر حد آستانه کانکاشن باعث آسیب دائمی یا تجمعی مغز می شود یک سوال پیچیده و بحث برانگیز است. Lipton و همکاران (۷) یک سطح آستانه تقریباً ۸۸۵ تا ۱۵۵۰ تعداد هد در سال را تعیین کرده اند و اظهار داشته اند که هدینگ بیش از این حد آستانه باعث تحلیل سلول های مغز و در نهایت آسیب مغزی خواهد شد. هدینگ شایع ترین فعالیت مرتبط با کانکاشن است و به نظر می رسد که حدود ۳۱٪ تا ۳۷٪ از کانکاشن‌های فوتبال را تشکیل دهد (۴۷-۴۵، ۴). علاوه بر کانکاشن، مستندات حاکی از آن است که هدینگ می تواند منجر به طیف گسترده ای از اختلالات شناختی و افت عملکرد مغز نیز شود (۱۱-۷). مطالعات نشان داده اند مغز ورزشکاران در رشته های ورزشی که ضربه مکرر به سر در آن ها وجود دارد دارای عملکرد عصبی ضعیف تر و وضعیت های غیرطبیعی ماده سفید (۷)، دارای آتروفی و کاهش حجم مغز (۸)، تغییرات عصبی شناختی در پایان فصل فوتبال (۹)، تفاوت در یکپارچگی ماده سفید (۱۰) و تفاوت های ساختاری قابل تشخیص در نواحی مغز (۱۱) می‌شود.

با وجود اینکه نتایج مطالعات مرتبط با نشانگرهای بیوشیمیایی معرف آسیب های مغزی متأثر از هدینگ جذابند، اما ارزیابی کاملا دقیقی ارائه نکرده اند. ۱۴ مطالعه به دنبال تعیین اینکه آیا در نتیجه هدینگ غلظت نشانگرهای بیوشیمیایی آسیب مغزی در داخل خون یا مایع مغزی نخاعی افزایش می یابد یا خیر انجام شده است. S100β نشانگری که معمولا در مطالعات زیادی بررسی شده است، در سه مطالعه پس از اجرای هدینگ به طور معنی داری افزایش و با تعداد هدهای انجام شده ارتباط معنی داری داشته است (۶۰-۶۲) و در پنج مطالعه افزایش معنی داری بواسطه اجرای هدینگ نداشته است (۶۹، ۶۶، ۶۴، ۶۳، ۵۹). سطوح این نشانگر نه با تعداد بیشتر ضربات هدینگ (۶۳) و نه با افزایش سرعت پرتاب توپ فوتبال افزایش نمی‌یابد (۶۶، ۵۹). S100β یکی از پر استفاده ترین نشانگرهای زیستی جهت بررسی آسیب مغزی ناشی از ضربه است. این عضو مغز، یک مولکول پروتئین متصل به یون کلسیم، مس و روی است که سطح کلسیم داخل سلول را تنظیم می‌کند. هنگامی که آسیب مغزی رخ می دهد، این پروتئین به فضای خارج سلولی نزدیک محل آسیب وارد می شود و غلظتش در خون افزایش می یابد (۶۶).

سه مطالعه (۷۲، ۶۸، ۶۷) در گزارش خود بیان کرده اند که پس از یک دوره اجرای هدینگ مقادیر NF-L افزایش می یابد، و سه مطالعه (۷۱، ۷۰، ۶۳) هیچ تغییری در سطوح این نشانگر در گروه کنترل و تجربی مشاهده نکرده اند. Wallace و همکاران (۶۷) بیان کردند که NF-L هم در یک ساعت پس از اجرای هدینگ و هم یک ماه پس از آن به طور معنی داری افزایش می یابد (۶۷). مشابه با آن، Wirsching و همکاران (۶۸) افزایش سطح NF-L پلاسما در دو ساعت اولیه پس از اجرای هدینگ و افزایش بیشتر در سطح آن در ۲۴ ساعت پس از هدینگ را گزارش کردند (۶۸). Antonio و همکاران (۷۲) بیان داشتند غلظت NFL پلاسما در فوتبالیست ها نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری بیشتر بود (۷۲). در تحقیق Zetterberg و همکاران (۶۳) و Sandmo و همکاران (۷۰) غلظت NfL سرمی تحت تأثیر ضربات سر در فوتبال قرار نگرفت (۷۰). در تحقیق Austin و همکاران (۷۱) بیان شد در مردان بزرگسال، تعداد هدینگ تأثیری بر غلظت سرمی NF-L در طول یک جلسه اجرای هدینگ ندارد و گزارش کرده است که تعداد هدینگ تأثیری بر غلظت سرمی این نشانگر ندارد (۷۱). تشخیص و توصیف تغییرات ظریف و ریز ناشی از ضربه های زیر حد آستانه کانکاشن دشوار است اما، ثابت شده است که غلظت NF-L پلاسما در انعکاس اثرات این نوع ضربات تکراری موفق

است. بنابر گزارشات، سطح NF-L پلاسما می تواند به عنوان یک شاخص هدف برای نظارت بر بار حاد آکسونی ناشی از ضربه‌های سر زیر حد آستانه کانکاشن باشد (۶۸). نشانگر NF-L که برای حفظ یکپارچگی ساختاری در آکسون های زیر قشری فعال می شود، به طور خاص، به عنوان نشانگر خون برای آسیب مغزی ناشی از ضربه شناخته م ی‌شود. افزایش سطح سرمی NF-L قادر به تشخیص بیماران با آسیب مغزی ناشی از ضربه متوسط تا شدید می باشد. سطح NF-L پلاسما می تواند به عنوان یک شاخص هدف برای نظارت بر اعمال بار حاد آکسونی ناشی از ضربه های زیر سطح آستانه کانکاشن عمل کند (۷۵).

دو مطالعه سطوح سرمی نشانگر NSE را در ارتباط با مهارت هدینگ بررسی کرده اند. نتایج هر دو تحقیق یکسان بود و نشان داد که پس از مسابقه در مقایسه با مقادیر اولیه افزایش معنی داری دارد (۶۲، ۶۱). آنولاز یک آنزیم مهم کاتابولیکی است که برای تولید Adenosine Triphosphate; ATP) در مسیر بی‌هوازی نقش دارد. یک پروتئین سیتوزولی است که در حمل و نقل آکسون شرکت می‌کند و سطح بیان آن بسته به نیاز به انرژی در سلول می‌تواند نوسان داشته باشد. علاوه بر این، هنگامی که آکسون ها آسیب می بینند، NSE برای حفظ هموستاز تنظیم مجدد می‌شود. بر اساس منشأ سلولی و عملکرد آن، اعتقاد بر این است که NSE یک نشانگر حاضر در هنگام آسیب عصبی است (۷۶، ۱۴).

سه مطالعه هیچ تغییری در سطح تائو پلاسما پس از اجرای هدینگ، گزارش نکردند (۷۰، ۶۷، ۶۳). ایزوفرم های مختلف تائو به عنوان نشانگر آسیب مغزی خفیف و شدید معرفی شده اند. تائو عمدتا توسط سلول های عصبی بیان می شود و در درون آکسون ها قرار دارد. به نظر می رسد تائو در پاسخ به نیروهای ناشی از چرخش سر فعال می شود. Zetterberg و همکاران (۶۳) هیچ تغییری در سطح تائو کل پلاسما ۷-۱۰ روز پس ازاجرای هدینگ در گروه کنترل و در گروهی که هدینگ را اجرا کرده اند، مشاهده نکرده اند (۶۳). Wallace و همکاران (۶۷) نتیجه گرفتند که قرار گرفتن در معرض ضربه های مکرر و زیر حد آستانه کانکاشن و در عین حال با سرعت زیاد در قالب هدینگ فوتبال می تواند منجر به آسیب آکسونی شود (۶۷). در مطالعه Sandmo و همکاران (۷۰)، سطوح این نشانگر تحت تأثیر هدینگ فوتبال قرار نگرفتند ولی این نتایج نشان داد که تائو از ورزش متأثر است و سطوح این نشانگر بعد از ورزش افزایش پیدا می کند (۷۰).

اگرچه تعدادی از نشانگرهای زیستی نامزد نشانگر جذاب تعیین شدت آسیب های مغزی و بویژه کانکاشن هستند، اما اعتبار این نشانگرها هنوز قابل قبول نیست و ناقص است. تعداد اندکی نشانگر وجود دارد که همبستگی آن ها با تعداد هدینگ در فوتبال اثبات شده باشد و متأسفانه، مطالعات و مقایسه آن ها دشوار است زیرا زمان جمع آوری نمونه های خونی متغیر است و سنجش هایی که برای اندازه گیری نشانگرها استفاده می شود یکنواخت نیستند. حوزه تحقیقاتی نشانگرها به گسترش بیشتری نیاز دارد.

نبود تحقیق و مطالعه در زمینه بررسی اختصاصی آسیب-های سر در فوتبال، و همچنین خلأ تحقیقاتی در زمینه بررسی روندی چند فصل مسابقاتی آسیب های فوتبال و سر و با توجه به اینکه حوزه مطالعه نشانگرهای زیستی در آسیب های ورزشی در ابتدای راه است - اولین مطالعه در این زمینه تحقیقاتی در سال ۲۰۰۰ منتشر شده است - و اینکه در ایران مطالعه ای که به ارتباط این نشانگرها با هدینگ فوتبال پرداخته باشد وجود ندارد لذا، می‌تواند زمینه مطالعاتی مناسبی برای علاقه مندان و محققین این رشته ورزشی در ایران باشد.

شیوع آسیب های سر در لیگ های برتر کم است و هدینگ مکانیسم شایع بروز آسیب های سر در این سطح مسابقاتی نیست؛ اما قرار گرفتن سر در معرض ضربه های مکرر و در عین حال با سرعت زیاد در قالب مهارت هدینگ می تواند منجر به آسیب مغزی شود که می تواند با استفاده از روش های ارزیابی نشانگرهای بیوشیمیایی تشخیص داده شود. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان می دهد که نباید از هدینگ در فوتبال به عنوان مکانیسم بالقوه آسیب مغزی غافل شد. البته برای روشن شدن احتمال چنین رابطه ای، تحقیقات بیشتری لازم است. مستندات قابل مقایسه ای در این زمینه تحقیقاتی در کشور ایران وجود ندارد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از رساله دکتری آسیب شناسی ورزشی گرایش امدادگر ورزشی آقای حسین دادگر به راهنمایی اساتید محترم آقایان دکتر عبدالحمید دانشجو و دکتر منصور صاحب الزمانی و مشاوره آقای امید اسماعیلی و خانم

مونا خراجی می‌باشد. بدین وسیله از زحمات ایشان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

1. FIFA. Activity report 2018. [Internet]. https://img.fifa.com/image/upload/yjibhdqzfwwz5onqszo0.pdf.
2. Chrisman SP, Mac Donald CL, Friedman S, Andre J, et al. Head impact exposure during a weekend youth soccer tournament. JCN 2016; 31 (8): 971-978.
3. Press JN, Rowson S. Quantifying head impact exposure in collegiate women's soccer. Clin J Sport Med 2017; 27 (2): 104-110.
4. Comstock RD, Currie DW, Pierpoint LA, Grubenhoff JA, et al. An evidence-based discussion of heading the ball and concussions in high school soccer. JAMA pediatrics 2015; 169 (9): 830-837.
5. Kerr ZY, Campbell KR, Fraser MA, Currie DW, et al. Head Impact Locations in US High School Boys' and Girls' Soccer Concussions, 2012/13–2015/16. J Neurotrauma 2019; 36 (13): 2073-2082.
6. Meyer T, Reinsberger C. Do head injuries and headers in football lead to future brain damage? A discussion lacking appropriate scientific diligence. Sci Med in Football 2018. 2:1, 1-2.
7. Lipton ML, Kim N, Zimmerman ME, Kim M, et al. Soccer heading is associated with white matter microstructural and cognitive abnormalities. Radiology 2013 Sep; 268 (3): 850-857.
8. Adams J, Adler CM, Jarvis K, DelBello MP, et al. Evidence of anterior temporal atrophy in college-level soccer players. Clin J Sport Med 2007; 17 (4): 304-306.
9. Harriss, A. Cumulative purposeful soccer heading can lead to compensatory changes in brain activity during combined moderate exercise and cognitive load in female youth soccer players. [Thesis]. Electronic Thesis and Dissertation Repository. 2020. https://ir.lib.uwo.ca/etd/7262.
10. Koerte IK, Mayinger M, Muehlmann M, Kaufmann D, et al. Cortical thinning in former professional soccer players. Brain imaging and behavior 2016; 10 (3):792-798.
11. Zimmerman M, Lipton R, Stewart W, Gulko E, et al. Making soccer safer for the brain: DTI-defined exposure thresholds for white matter injury due to soccer heading. InRadiological Society of North America 2011 Scientific Assembly and Annual Meeting 2011.
12. Sönnerqvist C, Brus O, Olivecrona M. Validation of the Scandinavian guidelines for initial management of minor and moderate head trauma in children. Eur J Trauma Emerg Surg 2021; 47(4): 1163-1173..
13. Bazarian JJ, Biberthaler P, Welch RD, Lewis LM, et al. Serum GFAP and UCH-L1 for prediction of absence of intracranial injuries on head CT (ALERT-TBI): a multicentre observational study. The Lancet Neurology 2018; 17 (9): 782-789.
14. Kawata K, Liu CY, Merkel SF, Ramirez SH, et al. Blood biomarkers for brain injury: What are we measuring? Neurosci Biobehav Rev. 2016; 68: 460-473.
15. Bramley H, Patrick K, Lehman E, Silvis M. High school soccer players with concussion education are more likely to notify their coach of a suspected concussion. Clin Ped 2012; 51 (4): 332-336.
16. Shenouda C, Hendrickson P, Davenport K, Barber J, et al. The effects of concussion legislation one year later—what have we learned: a descriptive pilot survey of youth soccer player associates. PM&R 2012; 4(6): 427-435.
17. Covassin T, Elbin RJ, Sarmiento K. Educating coaches about concussion in sports: evaluation of the CDC's "Heads Up: Concussion in Youth Sports" initiative. J sch Health 2012; 82(5): 233-238.
18. Iverson GL, Lovell MR, Collins MW. Interpreting change on ImPACT following sport concussion. The Clin Neuropsychologist 2003; 17(4): 460-467.

19. Jinguji TM, Bompadre V, Harmon KG, Satchell EK, et al. Sport Concussion Assessment Tool–2: Baseline values for high school athletes. Br J Sport Med 2012; 46(5): 365-370.

20. McCrory P, Meeuwisse WH, Aubry M, Cantu RC, et al. Consensus statement on concussion in sport—the 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012 PM&R 2013; 5(4): 255-279.

21. Harmon KG, Clugston JR, Dec K, Hainline B, et al. American Medical Society for Sports Medicine position statement on concussion in sport. Br J Sport Med 2019; 53(4): 213-225.

22. Maher ME, Hutchison M, Cusimano M, Comper P, et al. Concussions and heading in soccer: a review of the evidence of incidence, mechanisms, biomarkers and neurocognitive outcomes. Brain injury 2014; 28(3): 271-285.

23. Asar Sh, Jalalpour Sh, Ayoubi F, Rahmani MR, et al. PRISMA; Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. J Rafsanjan Univ Med Sci 2016; 15(1): 63-80. [Persian]

24. Bambaeichi E, Rahnama N, Naderian Jahromi M, Ebrahimi Karami E. The relationship Between Player Position and Injury in Soccer. Harakat 2008; 35: 89-98. [Persian]

25. Zareei, M, Rahnama N, Rajabi R. Video Analysis of Injuries in Iran Premier League Soccer Players. Harakat 2009; 38: 161-179. [Persian]

26. Naidoo MA. The epidemiology of soccer injuries sustained in a season of a professional soccer team in South Africa. [Thesis]. Doctoral dissertation, Uni Western Cape, South Africa 2007.

27. Le Gall F, Carling C, Reilly T. Injuries in young elite female soccer players: an 8-season prospective study. Am J Sport Med 2008; 36 (2): 276-284.

28. Hartmut G, Becker A, Walther M, Hess H. Injuries in women's soccer: a 1-year all players prospective field study of the women's Bundesliga (German premier league). Clin J Sport Med 2010; 20 (4): 264-271.

29. Hassabi M, Mortazavi SM, Giti MR, Hassabi M, et al. Injury profile of a professional soccer team in the premier league of Iran. Asian J Sports Med 2010; 1(4): 201-208.

30. Fachina RJ, dos Santos Andrade M, Silva FR, Waszczuk-Junior S, et al. Descriptive epidemiology of injuries in a Brazilian premier league soccer team. OAJSM 2013; 4: 171-174.

31. Lee JW, Mok KM, Chan HC, Yung PS, et al. A prospective epidemiological study of injury incidence and injury patterns in a Hong Kong male professional football league during the competitive season. AP-SMART 2014; 1 (4): 119-125.

32. Stubbe JH, van Beijsterveldt AM, van der Knaap S, Stege J, et al. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: a prospective cohort study. JAT 2015; 50 (2): 211-216.

33. Falese L, Della Valle P, Federico B. Epidemiology of football (soccer) injuries in the 2012/2013 and 2013/2014 seasons of the Italian Serie A. Res in Sports Med 2016; 24 (4): 426-432.

34. Jones A, Jones G, Greig N, Bower P, et al. Epidemiology of injury in English professional football players: a cohort study. Phys Ther in sport. 2019; 35: 18-22.

35. Larruskain J, Lekue JA, Diaz N, Odriozola A, et al. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. SJMSS 2018; 28 (1): 237-245.

36. Del Coso J, Herrero H, Salinero JJ. Injuries in Spanish female soccer players. JSHS 2018; 7(2): 183-190.

37. Lu D, McCall A, Jones M, Kovalchik S, et al. Injury epidemiology in Australian male professional soccer. JSAMS 2020; 23(6): 574-579.

38. Cezarino LG, Grüninger BL, Scattone Silva R. Injury profile in a Brazilian first-division youth soccer team: a prospective study. JAT 2020; 55(3): 295-302.

39. Agustín MS, Medina-Mirapeix F, Esteban-Catalán A, Escriche-Escuder A, et al. Epidemiology of

Injuries in First Division Spanish Women's Soccer Players. IJERPH 2021; 18 (6): 3009.

40. Niedfeldt MW. Head injuries, heading, and the use of headgear in soccer. CSMR 2011; 10 (6): 324-329.

41. Fuller CW, Junge A, Dvorak J. A six year prospective study of the incidence and causes of head and neck injuries in international football. Br J Sport Med 2005; 39 (1): i3-i9.

42. Beaudouin F, Aus der Fünten K, Tröß T, Reinsberger C, et al. Match Situations Leading to Head Injuries in Professional Male Football (Soccer) A Video-Based Analysis Over 12 Years. Clin J Sport Med 2020; 30: S47-S52.

43. Masouleh SR, Mohtasham-Amiri Z, Monfared A, Yousefzadeh Ch, et al. Prevalence of Sport Injuries and Associated Factors in one of the Educational Centers of Rasht. J Saf Promot Inj Prev 2017; 5(3): 132 - 139.

44. Zutrauen S, McFaull S, Do MT. Soccer-related head injuries—analysis of sentinel surveillance data collected by the electronic Canadian Hospitals Injury Reporting and Prevention Program. Paediatrics & Child Health 2020; 25 (6): 378-384.

45. Marar M, McIlvain NM, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. AJSM 2012; 40 (4): 747-755.

46. Yard EE, Schroeder MJ, Fields SK, Collins CL, et al. The epidemiology of United States high school soccer injuries, 2005–2007. AJSM 2008; 36(10): 1930-1937.

47. O'Kane JW, Spieker A, Levy MR, Neradilek M, et al. Concussion among female middle-school soccer players. JAMA pediatrics 2014; 168(3): 258-264.

48. Maghami M, ZoulAKTAF V, Kargarfard M. Determination of vulnerable organs and their caused mechanisms in soccer. Olympic 2006; 14 (3, 35): 7-13. [Persian]

49. Aghabeigi F, Rajabi R, Esmaeili M. Determination of vulnerable organs and their caused mechanisms in word cup. Sport Sci Quar 2012; 4(10): 23-36. [Persian]

50. Nilsson M, Hägglund M, Ekstrand J, Waldén M. Head and neck injuries in professional soccer. Clin J Sport Med 2013; 23 (4): 255-260.

51. Herrero H, Salinero JJ, Del Coso J. Injuries among Spanish male amateur soccer players: a retrospective population study. Am J Sport Med 2014; 42 (1): 78-85.

52. Delaney JS, Al-Kashmiri A, Correa JA. Mechanisms of injury for concussions in university football, ice hockey, and soccer. Clin J Sport Med 2014; 24 (3): 233-237.

53. Zuckerman SL, Totten DJ, Rubel KE, Kuhn AW, et al. Mechanisms of injury as a diagnostic predictor of sport-related concussion severity in football, basketball, and soccer: results from a regional concussion registry. Neurosurgery 2016; 63 (CN_suppl_1): 102-112.

54. Khodaee M, Currie DW, Asif IM, Comstock RD. Nine-year study of US high school soccer injuries: data from a national sports injury surveillance programme. Br J Sport Med 2017; 51(3): 185-193.

55. Kontos AP, Covassin T, Elbin RJ, Parker T. Depression and neurocognitive performance after concussion among male and female high school and collegiate athletes. Arch phys med rehabil 2012; 93 (10): 1751-1756.

56. Reynolds BB, Patrie J, Henry EJ, Goodkin HP, et al. Effects of sex and event type on head impact in collegiate soccer. Orth J Sport Med 2017; 5 (4): 2325967117701708.

57. Cheng J, Ammerman B, Santiago K, Jivanelli B, et al. Sex-based differences in the incidence of sports-related concussion: systematic review and meta-analysis. Sports Health 2019; 11 (6): 486-491.

58. Saunders TD, Le RK, Breedlove KM, Bradney DA, et al. Sex differences in mechanisms of head impacts in collegiate soccer athletes. Clin Biomech 2020; 74: 14-20.

59. Otto M, Holthusen S, Bahn E, Söhnchen N, et al. Boxing and running lead to a rise in serum levels of S-100B protein. Int J Sports Med 2000; 21(8): 551-555.

60. Mussack T, Dvorak J, Graf-Baumann T, Jochum M. Serum S-100B protein levels in young amateur soccer players after controlled heading and normal exercise. Eur J Med Res 2003; 8(10): 457-464.

61. Stålnacke BM, Tegner Y, Sojka P. 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 2004; 18(9): 899-909.

62. Stålnacke BM, Ohlsson A, Tegner Y, Sojka P. 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. BJSM 2006; 40(4): 313-316.

63. Zetterberg H, Jonsson M, Rasulzada A, Popa C, et al. No neurochemical evidence for brain injury caused by heading in soccer. Br J Sport Med 2007; 41 (9): 574-577.

64. Stålnacke BM, Sojka P. 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 2008; 3.

65. Bamaç BE, Tamer GS, Colak TU, Çolak EN, et al. 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 2011; 28 (3): 177.

66. Dorminy M, Hoogeveen A, Tierney RT, Higgins M, et al. Effect of soccer heading ball speed on S100B, sideline concussion assessments and head impact kinematics. Brain injury 2015; 29 (10): 1158-1164.

67. Wallace C, Smirl JD, Zetterberg H, Blennow K, et al. heading in soccer increases serum neurofilament light protein and SCAT3 symptom metrics. BMJ open sport & exercise medicine 2018; 4(1): e000433.

68. Wirsching A, Chen Z, Bevilacqua ZW, Huibregtse ME, et al Association of acute increase in plasma neurofilament light with repetitive subconcussive head impacts: a pilot randomized control trial. Journal of neurotrauma 2019; 36 (4): 548-553.

69. Huibregtse ME, Nowak MK, Kim JE, Kalbfell RM, et al. Does acute soccer heading cause an increase in plasma S100B? A randomized controlled trial. PloS one 2020; 15(10): e0239507.

70. Sandmo SB, Filipcik P, Cente M, Hanes J, et al. Neurofilament light and tau in serum after head-impact exposure in soccer. Brain injury 2020; 34 (5): 602-609.

71. Austin K, Lee BJ, Flood TR, Toombs J, et al. Serum neurofilament light concentration does not increase following exposure to low velocity football heading. Sci and Med in Football 2020 2021; 5(3): 188-194.

72. Antonio J, Cabrera D, Knafo S, Thomas J, et al. Neurofilament Light (NFL) in Division II Female Soccer Players: A Potential Biomarker for Brain Trauma. J Exe Phys Onl 2021; 24(1): 1-6.

73. Spiotta AM, Bartsch AJ, Benzel EC. Heading in soccer: dangerous play? Neurosurgery 2012; 70(1): 1-11.

74. Smirl JD, Peacock D, Wright AD, Bouliane KJ, et al. An acute bout of soccer heading subtly alters neurovascular coupling metrics. Front Neurol 2020; 11: 738

75. Shahim P, Gren M, Liman V, Andreasson U, et al. Serum neurofilament light protein predicts clinical outcome in traumatic brain injury. Scientific reports 2016; 6(1): 1-9.

76. Kawata K, Tierney R, Phillips J, Jeka JJ. Effect of repetitive sub-concussive head impacts on ocular near point of convergence. Int J Sports Med 2016; 37(05): 405-410.

77. Guskiewicz KM, McCrea M, Marshall SW, Cantu RC, et al. Cumulative effects associated with recurrent concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. JAMA 2003; 290(19): 2549-2555.

78. Laurer HL, Bareyre FM, Lee VM, Trojanowski JQ, et al. Mild head injury increasing the brain's vulnerability to a second concussive impact. J Neurosurgery 2001; 95(5): 859-870.

79. McCrory P, Davis G, Makdissi M. Second impact syndrome or cerebral swelling after sporting head injury. Cur Sports Med Rep 2012; 11(1): 21-23.

80. Delaney JS, Lacroix VJ, Leclerc S, Johnston KM. Concussions among university football and soccer players. Clin J Sport Med 2002; 12(6): 331-338.