DOI: 10.22122/jrrs.v13i5.3050 Published by Vesnu Publications

تأثیر استفاده از کلاه‌های ایمنی در تکواندو بر پارامترهای دینامیکی مرتبط با آسیب سر

ندا بروشک[۱]، حسن خوشنودی[۲]، منصور اسلامی[۳]، حسین خدارحمی[۴]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: تأثیر استفاده از کلاه‌های ایمنی در تکواندو بر پارامترهای مهم آسیب سر، هنوز به طور کامل مشخص نشده است. هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی میزان تغییرات شتاب چرخشی، شتاب خطی و نیروی ضربه سر در هنگام استفاده از کلاه ایمنی در تکواندو بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تجربی، ۱۴ تکواندوکار مرد حرفه‌ای شرکت کردند. جهت بررسی تأثیر کلاه‌ها بر پارامترهای آسیب سر، از یک دستگاه متشکل از یک سر و گردن مصنوعی، یک بازوی مکانیکی که نماینده پای تکواندوکار است و یک مجموعه کامپیوتری جهت ارزیابی، نظارت و ثبت اطلاعات که توسط محقق ساخته و به ثبت رسیده است، استفاده شد. نتایج در برنامه MATLAB به دست آمد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری نتایج، از آزمون One-way repeated measures ANOVA و به دنبال آن، از آزمون Bonferroni استفاده گردید ($P < ۰/۰۵۰$).

یافته‌ها: تمامی کلاه‌ها، نیروی ضربه و شتاب خطی سر را به طور معنی‌داری کاهش دادند ($P = ۰/۰۰۱$). کلاه‌های خارجی و کلاه‌های ایرانی، به طور معنی‌داری به ترتیب منجر به کاهش و افزایش شتاب چرخشی سر شدند ($P = ۰/۰۰۱$).

نتیجه‌گیری: همه کلاه‌ها، محافظ خوبی برای پیش‌گیری از آسیب‌های ناشی از نیروی ضربه و شتاب خطی می‌باشند، اما هیچ یک از این کلاه‌ها، نتوانستند شتاب چرخشی سر را به کمتر از آستانه آسیب سر کاهش دهند.

کلید واژه‌ها: نیروی ضربه، شتاب خطی، شتاب چرخشی، تکواندو، آسیب سر

ارجاع: بروشک ندا، خوشنودی حسن، اسلامی منصور، خدارحمی حسین. **تأثیر استفاده از کلاه‌های ایمنی در تکواندو بر پارامترهای دینامیکی مرتبط با آسیب سر.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۵): ۲۷۰-۲۶۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۲۴

مقدمه

امروزه با وجود استفاده از کلاه‌های ایمنی در ورزش‌های برخوردی، آسیب‌های ناشی از ضربات تکراری به سر، در حال افزایش است. بر طبق آمار مرکز کنترل بیماری‌ها، از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹ شمار مراجعین به بخش‌های اورژانس بیمارستان‌ها به علت ضربه مغزی مربوط به ورزش‌های حرفه‌ای و آماتور، ۶۲ درصد افزایش یافته و از ۱۵۳/۳۷ نفر به ۲۴۸/۴۱ نفر رسیده است (۱).

در ورزش تکواندو، به دلیل استفاده زیاد از ضربه پا به سر در کسب امتیاز، شیوع آسیب سر بالا می‌باشد (۲). Pieter و همکاران، میزان آسیب‌های وارد شده به سر و گردن در پسران و دختران را به ترتیب ۲۱/۴ و ۱۶/۹ آسیب در هر ۱۰۰۰ ورزشکار در معرض خطر گزارش کردند (۳). Koh و Cassidy، نشان دادند که از هر ۱۰۰۰ ضربه وارد شده در تکواندو، ۳۶۵ ضربه به سر می‌باشد که از این تعداد، ۱۱ مورد آن منجر به ضربه مغزی می‌گردد (۴). این آمارها، نشانگر خطر جدی برای سلامتی تکواندوکاران می‌باشد. یکی از روش‌های پیش‌گیری از آسیب‌های مغزی و کاهش هزینه‌های اقتصادی ناشی از آن، استفاده از کلاه‌های حفاظتی مناسب و استاندارد است.

جهت ایمنی تکواندوکاران در برابر آسیب سر، آگاهی و بررسی میزان جذب ضربه کلاه‌ها در این رشته ورزشی لازم و ضروری است، اما به نظر می‌رسد استانداردها و روش‌های بررسی کیفیت این کلاه‌ها، نتوانسته است تمامی الزامات ایمنی ورزشکاران را در میادین ورزشی برآورده سازد. در حال حاضر، کلاه‌هایی با برندهای مختلف وجود دارند که بر اساس انجمن تست و مواد آمریکا (American Society for Testing And Materials یا ASTM) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (۶-۵). در سال ۲۰۱۲، کیفیت محافظتی پنج نوع کلاه در تکواندو از سوی فدراسیون جهانی تکواندو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که هیچ یک از کلاه‌ها نتوانستند شتاب خطی وارد به سر را به کمتر از آستانه آسیب سر کاهش دهند (۷).

McIntosh و همکاران، در مطالعه‌ای در بررسی عملکرد جذب ضربه

۱- مدرس، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲- مربی، گروه مکانیک، واحد شوش، دانشگاه آزاد اسلامی، شوش، ایران
۳- دانشیار، گروه بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران
۴- استاد، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران
نویسنده مسؤول: ندا بروشک
Email: nedaboroushak@yahoo.com

۷ کلاه در ورزش‌های برخوردی بر اساس میزان کاهش در شتاب خطی در دو ناحیه پیشانی و قسمت جانبی سر با استفاده از کلاه Top Ten در مقایسه با کلاه Adidas در نواحی پیش‌گفته به ترتیب ۳۲ و ۴۰ درصد شتاب کمتری را نشان داد (۶). با وجود انجام چندین تحقیق در مورد کلاه تکواندو، هنوز میزان تأثیر آن‌ها در پیش‌گیری از آسیب سر مشخص نیست. بررسی عملکرد کلاه‌ها، تنها بر اساس پارامتر شتاب خطی است و تأثیر دیگر پارامترهای دینامیکی مرتبط با آسیب سر، در این تحقیقات به طور دقیق مشخص نشده است (۷-۵).

در بررسی پارامترهای دینامیک مرتبط با آسیب سر، مشخص شده است که آسیب‌های مغزی، ناشی از شتاب‌های خطی و چرخشی سر و گردن می‌باشد. در این بررسی‌ها، شتاب خطی برای ارزیابی آسیب‌های موضعی مغز و شتاب چرخشی برای آسیب‌های انتشاری و شدید همچون آسیب‌های آکسونی و خونریزی ساختارهای عروقی به کار می‌رود. همچنین، علت آسیب‌های جمجمه‌ای، ناشی از نیروی برخورد معرفی گردیده است (۸).

آسیب‌های ناشی از ضربات وارده به سر، به طور معمول با نقص شناختی و رفتاری و کنترل حرکتی از ۲۴ ساعت تا ۱۰ روز پس از آسیب همراه است و در صورت تکرار، ممکن است با آسیب‌های شدیدی همچون Mild traumatic brain injury و اختلال عملکرد حافظه همراه شود (۹). این موضوع، می‌تواند سبب محرومیت و دوری ورزشکاران از میادین قهرمانی گردد. بنابراین، استفاده از کلاه‌هایی که سبب کاهش پارامترهای آسیب شود، کمک شایانی به پیش‌گیری از خسارات جبران ناپذیر خواهد کرد.

در حال حاضر، مطالعاتی در مورد تأثیر کلاه بر شتاب خطی به منظور پیش‌گیری از آسیب سر انجام شده است (۷-۵)، اما همچنان، اثر کلاه‌ها بر روی پارامترهای دینامیکی مهمی همچون شتاب چرخشی و نیروی برخورد به روشنی مشخص نیست. از آن جایی که لازمه کسب امتیاز در تکواندو اصابت ضربات پا به سر است (۱۰)، انتظار می‌رود نیروی برخورد یک عامل مهم در آسیب سر باشد. از طرف دیگر، ممکن است آسیب‌ها به دلیل اثرات ثانویه برخورد (شتاب‌های خطی و چرخشی) اتفاق بیفتند. در نتیجه، بررسی اثر کلاه‌ها بر روی هر یک از پارامترهای دینامیک مرتبط با آسیب سر به منظور پیش‌گیری از وقوع آسیب در تکواندو، ضروری خواهد بود. بر این اساس، در پژوهش حاضر، تأثیر استفاده از کلاه‌های ایمنی در تکواندو بر پارامترهای دینامیکی مرتبط با آسیب سر بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر، از نوع نیمه تجربی بود. قبل از انجام آزمون اصلی، نیاز به دانستن بیشینه نیروی پای تکواندوکاران بود. بدین منظور، ۱۵ تکواندوکار مرد با تکمیل فرم رضایت آگاهانه وارد مطالعه شدند که از این تعداد، ۱۴ نفر مطابق با جدول Morgan (۱۱) به عنوان حجم نمونه تحقیق و در دامنه سنی ۳۰-۱۸ سال انتخاب شدند. روش نمونه‌گیری از نوع در دسترس یا آسان بود. تکواندوکارانی می‌توانستند در این تحقیق شرکت کنند که در سطح حرفه‌ای فعالیت داشتند. بنابراین، معیار ورود آن‌ها داشتن مقام‌های اول تا سوم در تیم ملی انتخابی کشور بود (۱۲). از این رو، افرادی که هیچ گونه مقامی در سطح کشور نداشتند، از این مطالعه خارج شدند. سلامت جسمانی کلیه آزمودنی‌ها قبل از اجرای شیوه‌نامه پژوهشی ارزیابی شد. هر گونه مشکلات وضعیتی و اسکلتی- عضلانی و بدشکلی‌های پایین تنه نظیر زانوی پرانتزی و ضربدری، صافی و گودی کف پا، پیچش درشت‌نئی، پیچ خوردگی مزمن مچ پا، شکستگی، در رفتگی و بیماری‌هایی نظیر شکستگی استرسی، استئوآرتریت، شین اسپلینت، دردهای ساق و پا به عنوان دیگر متغیرهای خروج آزمودنی از مطالعه تعیین شدند (۱۳).

قبل از جمع‌آوری داده‌ها، این مطالعه توسط هیأت بررسی دانشگاه علوم پزشکی گیلان بر اساس اصول اخلاق انسانی (IR.GUMS.REC.1396.284) مورد تأیید قرار گرفت. آزمایش‌های مورد نظر در یک باشگاه ورزشی انجام شد. در این پژوهش، از ۴ نوع کلاه رایج در تکواندو استفاده شد (شکل ۱). ضخامت، چگالی و جرم کلاه A که ساخت کشور آلمان بود، به ترتیب ۲۰ میلی‌متر، ۸۶ کیلوگرم/مترمکعب و جرم ۰/۲۰۳ کیلوگرم بود. همچنین، کلاه B، محصول کشور اسپانیا دارای ضخامتی برابر با ۳۷ میلی‌متر، چگالی ۸۶ کیلوگرم/مترمکعب و جرم ۰/۲۹۳ کیلوگرم بود. کلاه C ساخت کشور ایران با ضخامت ۲۰ میلی‌متر، چگالی ۶۵ کیلوگرم/مترمکعب و جرم ۰/۱۹۰ کیلوگرم بود. همچنین، کلاه D تولید ایران بود که مقادیر پیش‌گفته برای آن به ترتیب برابر با ۱۸ میلی‌متر، ۵۸ کیلوگرم/مترمکعب و ۰/۱۵۰ کیلوگرم بود. در ابتدای کار و پیش از شروع آزمون، نحوه انجام آن برای شرکت کننده‌ها به طور کامل تشریح شد.

برای بررسی تأثیر استفاده از کلاه‌های ایمنی در تکواندو بر پارامترهای دینامیکی مرتبط با آسیب سر، دستگاهی متشکل از یک سر و گردن مصنوعی مجهز به حس‌گرهایی جهت اندازه‌گیری شتاب و یک بازوی مکانیکی که نماینده پای تکواندوکار است (۱۲)، توسط محقق ساخته و در سازمان ثبت اسناد و املاک کشور به شماره ۹۲۹۰۵ به ثبت رسید (شکل ۲). برای اندازه‌گیری شتاب خطی سر، از حسگر شتاب سه محوره (ADXL ۳۷۵، شرکت AnalogDevice، آمریکا)، به منظور اندازه‌گیری چرخش سر از ماژول ژیروسکوپ (MPU ۶۰۵۰ شرکت Invensense، آمریکا) و نیز جهت اندازه‌گیری نیرو از حسگر Flexi force (A۴۰۱، شرکت Tekscan، ایالت متحده آمریکا) استفاده شد. جهت ارزیابی، نظارت و ثبت اطلاعات، از یک سیستم کامپیوتری استفاده شد و نتایج حاصل از تحلیل این داده‌های خام، در برنامه MATLAB به دست آمد. جهت اندازه‌گیری همزمان متغیرها، حسگرها با یکدیگر هماهنگ‌سازی گردید و سرعت نمونه‌برداری در زمان داده‌برداری از دستگاه، برابر با ۱۰۰۰ هرتز در نظر گرفته شد (۱۲).

شکل ۱. چهار نوع کلاه رایج تکواندوی مورد استفاده در آزمایش

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۱. مقایسه نتایج شبیه‌سازی با نرم‌افزار Adams و نتایج آزمایش‌ها با دستگاه

نیروی ضربه (نیوتن)	شتاب خطی بیشینه (g)		شتاب چرخشی بیشینه (رادیان بر مجذور ثانیه)		میانگین درصد خطا	
	شبیه‌سازی	دستگاه	شبیه‌سازی	دستگاه	شتاب خطی	شتاب چرخشی
۲۰۰۰	۳۴	۳۷	۱۳۶۷	۱۳۶۷		
۲۵۰۰	۴۴	۴۷	۱۸۱۳	۱۸۱۳		
۳۰۰۰	۵۳	۵۲	۲۳۲۱	۲۳۵۲	۴/۳	٪۲/۲
۳۵۰۰	۶۱	۶۴	۲۷۹۲	۲۸۹۰		
۴۰۰۰	۷۲	۷۵	۳۲۵۵	۳۴۱۶		
۵۶۰۰	۹۹	۱۰۲	۴۳۵۱	۴۵۰۷		

شکل ۲. دستگاه آزمایش (متشکل از یک دامی سر و گردن، اهرم ضربه زننده و تجهیزات داده‌برداری)

جهت اطمینان از روایی نتایج دستگاه ساخته شده، ابتدا مدل سر و گردن و اهرم ضربه زننده در برنامه SolidWorks نسخه ۲۰۱۶ (شرکت System Dassault، فرانسه) طراحی و با استفاده از نرم‌افزار Adams نسخه ۲۰۱۳ (شرکت MSC، ایالات متحده امریکا) شبیه‌سازی گردید (۱۴). سپس، با اعمال نیروی ضربه پا به سر، شتاب‌های خطی و چرخشی بیشینه ناشی از دستگاه و شبیه‌سازی به دست آمده و نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه شد.

جهت اطمینان از پایایی دستگاه نیز چهار ضربه در هر یک از زوایای ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ درجه و در ۵ فاصله زمانی به سر اعمال شد. ضریب درون همبستگی آن نیز ۰/۷ به دست آمد که این مقدار، مؤید پایایی مناسب دستگاه می‌باشد.

برای اجرای آزمون، ابتدا از تکواندوکاران خواسته شد پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن، ۱۰ ضربه Roundhouse kick (ضربه با روی پا به صورت حریف همراه با چرخش پای تکیه‌گاه) را به حسگر نیرویی که به یک کیسه بوکس ثابت متصل بود، با بیشترین قدرت وارد نمایند. با انجام این آزمایش، حداکثر نیروی پای تکواندوکاران به دست آمد و میانگین این مقادیر، جهت استفاده در مراحل بعدی آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. سپس، برای اندازه‌گیری شتاب‌های خطی و چرخشی حاصل از ضربه، مقدار نیروی اندازه‌گیری شده توسط آزمودنی‌ها، از طریق بازوی اهرم در ۱۰ تکرار قبل از استفاده از کلاه و بعد از استفاده از هر یک از کلاه‌ها به سر اعمال گردید (۱۲). جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد و پس از آن که طبیعی بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk مشخص شد، جهت بررسی تأثیر استفاده از کلاه‌ها بر نیروی ضربه، شتاب‌های خطی و چرخشی، از آزمون One-way repeated measures ANOVA و به دنبال آن، از آزمون Bonferroni استفاده شد. داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ (version 20, SPSS Inc., Chicago, IL) واکاوی شدند. $P < ۰/۰۵۰$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، ۱۴ تکواندوکار با مشخصات دموگرافیک شامل میانگین ± انحراف معیار سن ۱/۰۴ ± ۲۷/۷۷ سال، قد ۵/۰۵ ± ۱۸۲/۱۱ متر و وزن ۶/۲۷ ± ۷۷/۰۰ کیلوگرم شرکت داشتند که میانگین بیشینه نیروی پای آنان برابر با ۵۶۶۰ نیوتن به دست آمد.

نتایج حاصل از روایی دستگاه در جدول ۱ آمده است. میانگین خطای شتاب چرخشی حاصل از دستگاه نسبت به نتایج شبیه‌سازی ۴/۳ درصد برای شتاب خطی بیشینه و ۲/۲ درصد برای شتاب چرخشی بیشینه، حاکی از مشابه بودن نتایج آن‌ها با یکدیگر و دقت مناسب دستگاه می‌باشد.

با اعمال نیروی ضربه‌ی پیش‌گفته به سر مصنوعی از طریق بازوی ضربه زننده، در حالت بدون کلاه و بعد از استفاده از کلاه‌های مورد مطالعه، نیروی ضربه، شتاب خطی و شتاب چرخشی به دست آمد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بر اساس آزمون One-way repeated measures ANOVA، تفاوت معنی‌داری بین میانگین بیشینه نیروی ضربه، شتاب خطی و شتاب چرخشی بیشینه کلاه‌ها و حالت بدون کلاه وجود داشت ($P = ۰/۰۰۱$).

با توجه به نتایج آزمون Bonferroni که در شکل ۳ آمده است، تنها بین میانگین بیشینه نیروی ضربه کلاه‌های A، B، C و D اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵۰$). هر یک از کلاه‌های A، B، C و D توانستند نیروی ضربه را به ترتیب ۸۸/۴۳، ۹۲/۱۴، ۸۷/۲ و ۸۳/۲ درصد نسبت به قبل از استفاده از کلاه کاهش دهند که در مقایسه تأثیر کلاه‌ها بر میزان بیشینه نیروی ضربه، کلاه B بیشترین کاهش را نشان داد.

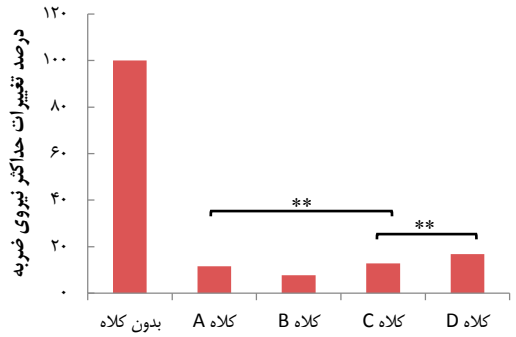
نتایج آزمون Bonferroni (شکل ۴) نشان می‌دهد که تنها بین میانگین شتاب خطی بیشینه کلاه‌های A، B، C و D، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵۰$).

http://jrrs.mui.ac.ir

جدول ۲. آزمون One-way repeated measures ANOVA بیشینه نیروی ضربه، شتاب خطی بیشینه و شتاب چرخشی بیشینه در چهار نوع کلاه تکواندو

متغیر	حداکثر نیروی ضربه (نیوتون)	شتاب خطی بیشینه (g)	شتاب چرخشی بیشینه (رادیان بر مجذور ثانیه)	مقدار P
بدون کلاه	۵۶۶۰/۴۶ ± ۲۱۰/۰۰	۱۰۴/۴۰ ± ۵/۱۰	۴۶۵۶/۲۲ ± ۱۵/۰۰	*۰/۰۰۱
کلاه A	۶۵۵/۱۶ ± ۳۰/۰۰	۸/۴۹ ± ۱/۰۱	۴۳۰۸/۳۱ ± ۱۳/۰۰	
کلاه B	۴۳۳/۲۰ ± ۱۹/۰۰	۶/۳۴ ± ۰/۹۰	۳۵۵۵/۸۱ ± ۱۱/۰۰	
کلاه C	۷۲۵/۶۲ ± ۳۲/۰۰	۱۱/۲۴ ± ۱/۱۰	۷۳۵۱/۳۸ ± ۳۰/۰۰	
کلاه D	۹۵۴/۵۶ ± ۴۴/۰۰	۱۳/۶۲ ± ۱/۳۰	۸۶۴۲/۱۹ ± ۴۳/۰۰	

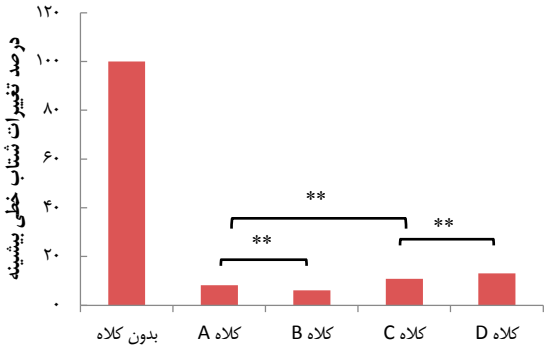
* مقدار معنی‌داری آماری در سطح P < ۰/۰۵



شکل ۳. نتایج، درصد تغییرات بیشینه نیروی ضربه بین کلاه‌ها و هر یک از کلاه‌ها نسبت به حالت بدون کلاه را نشان می‌دهد. P < ۰/۰۵۰ به عنوان سطح معنی‌داری آماری در نظر گرفته شد.

** عدم وجود تفاوت معنی‌دار میان ستون‌ها را در این سطح نشان می‌دهد.

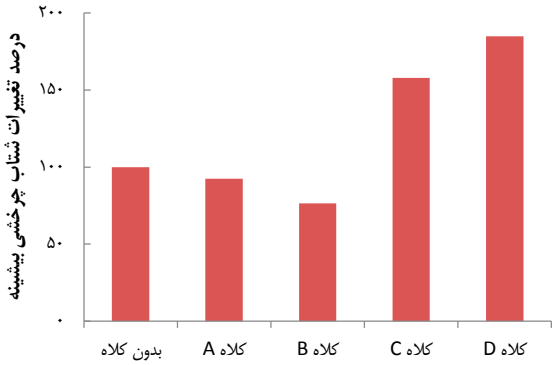
هر یک از کلاه‌های A، B، C و D توانستند شتاب خطی بیشینه را به ترتیب ۹۱/۸۳، ۹۳/۹۰، ۸۹/۱۹ و ۸۶/۹۰ درصد نسبت به قبل از استفاده از کلاه کاهش دهند. کلاه B، نسبت به کلاه‌های C و D و همچنین، کلاه A نسبت به کلاه D، کاهش بیشتری را در میزان شتاب خطی بیشینه نشان داد.



شکل ۴. نتایج، درصد تغییرات شتاب خطی بیشینه بین کلاه‌ها و هر یک از کلاه‌ها نسبت به حالت بدون کلاه را نشان می‌دهد. P < ۰/۰۵۰ به عنوان سطح معنی‌داری آماری در نظر گرفته شد.

** عدم وجود تفاوت معنی‌دار میان ستون‌ها را در این سطح نشان می‌دهد.

همچنین، شکل ۵ نشان می‌دهد که بین میانگین شتاب چرخشی بیشینه هر یک از کلاه‌ها با حالت قبل از کلاه و همچنین، هر یک از کلاه‌ها با یکدیگر، تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P < ۰/۰۵۰). هر یک از کلاه‌های A و B توانستند شتاب چرخشی بیشینه را به ترتیب ۷/۴۷ و ۲۳/۶۴ درصد نسبت به قبل از استفاده از کلاه کاهش دهند. در حالی که کلاه‌های C و D به ترتیب باعث ۵۷/۸۸ و ۸۵/۰۰ درصد افزایش شتاب چرخشی بیشینه نسبت به قبل از استفاده از کلاه شدند.



شکل ۵. نتایج، درصد تغییرات شتاب چرخشی بیشینه، بین کلاه‌ها و هر یک از کلاه‌ها نسبت به حالت بدون کلاه را نشان می‌دهد. P < ۰/۰۵۰ به عنوان سطح معنی‌داری آماری در نظر گرفته شد.

بحث

هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی تأثیر استفاده از کلاه‌های ایمنی در تکواندو بر پارامترهای دینامیک مرتبط با آسیب سر بود. بدین منظور، دستگاهی متشکل از یک سر و گردن مجهز به حسگرهای شتاب و نیرو و یک بازوی اهرم جهت اعمال ضربه توسط محقق ساخته و ثبت گردید.

نتایج تحقیق حاضر، حاکی از کاهش بیشینه نیروی ضربه سر توسط کلاه‌ها در دامنه بین ۹۲/۴-۸۳/۲ درصد بوده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده توسط محقق، مطالعاتی در مورد میزان جذب نیروی ضربه کلاه در تکواندو یافت نشده است، اما در مطالعه‌ی مشابهی بر روی کلاه بوکس، McIntosh و همکاران، میزان کاهش نیروی ضربه کلاه را نشان دادند که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد (۶).

http://jrrs.mui.ac.ir

آستانه بیشینه نیروی ضربه قسمت جانبی سر برای ایجاد شکستگی جمجمه توسط Nahum و همکاران، برابر با ۳۶۰۰ نیوتن اعلام شده است (۱۵). با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، انتظار می‌رود تمامی کلاه‌ها خاصیت حفاظتی خوبی در برابر آسیب‌های ناشی از نیروی ضربه داشته باشند که در این میان، کلاه B با بیشترین ضخامت، بیشترین تأثیر را در کاهش نیروی ضربه داشته است. هنگامی که پا به سر برخورد می‌کند، نیروی تماسی به طور مستقیم به سر اعمال می‌شود و به صورت موضعی باعث آسیب می‌گردد. در حالی که با قرار دادن کلاه بر روی سر، این نیرو در سطح کلاه پخش می‌شود و احتمال آسیب موضعی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، با افزایش ضخامت کلاه، سطح آن افزایش می‌یابد و به این طریق، میزان جذب نیروی کلاه‌ها افزایش و به دنبال آن، آسیب سر کاهش می‌یابد.

تمامی کلاه‌های این تحقیق، توانستند شتاب خطی بیشینه را به میزان قابل توجهی (بین ۹۳/۹۰–۸۶/۹۰ درصد) کاهش دهند؛ به گونه‌ای که مقدار آن را به زیر آستانه آسیب شتاب خطی سر (۱۶) رسانده‌اند، اما مطالعه O'Sullivan و همکاران و همچنین، پژوهش O'Sullivan و Fife بیان می‌کند که کلاه‌ها در تکواندو نمی‌توانند شتاب خطی را به کمتر از آستانه آسیب سر کاهش دهند که با نتایج تحقیق ما هم‌خوانی ندارد. علت عدم توافق این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر، اول شاید به دلیل متفاوت بودن قدرت گردن آزمودنی‌ها باشد؛ چرا که محققان بر این باورند که هر قدر قدرت عضلات گردن بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر شتاب خطی سر بیشتر است. دلیل دوم این تفاوت، می‌تواند به تفاوت در نوع کلاه‌ها، شکل و هندسه سر ساخته شده و از همه مهم‌تر، روش آزمودن آن‌ها مربوط باشد. این محققان برای انجام آزمون ضربه کلاه از استاندارد انجمن تست و مواد آمریکا استفاده نمودند که با توجه به آن، کلاهی مورد قبول است که در انرژی‌های بالا (۱۴۴ ژول)، شتاب خطی آن پایین‌تر از ۱۵۰ ژول و در انرژی‌های پایین (۵۶/۲۵ ژول)، شتاب خطی کمتر از ۵۰ ژول باشد. در نتیجه، کلاه‌ها با این مقدار شتاب در معیار پیش‌گفته، مناسب نبودند و قابل قبول نمی‌باشند. بنابراین، کلاه‌های مورد بررسی در تحقیق آن‌ها، نتوانستند شتاب خطی را بر اساس این معیار کاهش دهند (۱۷، ۵).

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، شتاب خطی یکی از معیارهای پیش‌بینی کننده آسیب‌های موضعی مغز است. آسیب‌های موضعی مغزی عبارت از ضایعاتی می‌باشند که آسیب موضعی مغز را سبب می‌گردند. آسیب‌های موضعی که احتمال وقوع آن‌ها وجود دارد، به صورت هماتوم و کوفتگی می‌باشند (۱۲). بر اساس نتایج این مطالعه، کلاه تکواندو می‌تواند محافظ خوبی در برابر این نوع آسیب‌های مغزی باشد.

کلاه B با بیشترین جرم نسبت به سایر کلاه‌ها، تأثیر بیشتری را در میزان کاهش شتاب خطی بیشینه نشان داد. طبق قانون اینرسی، هر چه جرم یک جسم بیشتر باشد، لختی‌آن بیشتر است. اینرسی یک خاصیت ذاتی ماده و عبارت از مقاومتی است که هر جسم، متناسب با جرم خود جهت حفظ وضعیت کنونی خود نشان می‌دهد، چه این حالت وضعیت سکون بوده و چه حالت حرکت یکنواخت رو به جلو در یک خط مستقیم باشد (۱۸). بنابراین، با افزایش جرم کلاه، این انتظار می‌رود که اینرسی کلاه در برابر نیروی ضربه پا افزایش یابد و در نتیجه، شتاب خطی کمتری ایجاد می‌شود.

اگر چه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کلاه‌های A و B باعث کاهش شتاب چرخشی سر می‌شوند، اما نتوانسته‌اند شتاب را به کمتر از آستانه تکان مغزی (۱۸۰۰ راد/مجذور ثانیه) برسانند (۱۹). تأثیر کلاه‌های C و D بر روی شتاب چرخشی بیشینه، بیانگر افزایش آن نسبت به حالت بدون کلاه بود؛ به گونه‌ای که استفاده از این کلاه‌ها، خطر تهدید آسیب‌های جدی مغزی همچون پارگی سیاهرگ ارتباطی را به همراه دارد (۲۰). یکی از دلایل احتمالی افزایش شتاب چرخشی کلاه‌ها، می‌تواند این باشد که در زمان اعمال ضربه، بخشی از انرژی مکانیکی منتقل شده به سر، به صورت انرژی درونی توسط کلاه جذب می‌شود و انرژی باقی‌مانده، به مجموع انرژی جنبشی خطی و دورانی سر تبدیل می‌گردد. با توجه به کاهش قابل توجه شتاب خطی سر توسط کلاه‌ها، انرژی جنبشی خطی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. طبق قانون پایستگی انرژی (۱۸)، انرژی مکانیکی پا باید با انرژی‌های تولید شده در سر و کلاه برابر باشد؛ در نتیجه، با کاهش انرژی جنبشی خطی، سهم انرژی جنبشی دورانی افزایش خواهد یافت. به عبارتی، آن مقدار انرژی جنبشی خطی که کاهش یافته است، به صورت انرژی درونی کلاه و انرژی جنبشی دورانی سر تبدیل خواهد شد. در این حالت، ساختار مواد مورد استفاده در کلاه (وابسته به ساختار و مواد استفاده شده در ساخت آن)، تا اندازه مشخصی از انرژی را جذب می‌کند و باقی‌مانده این انرژی، به صورت چرخش سر ظاهر می‌گردد و در نتیجه، منجر به افزایش شتاب چرخشی می‌شود.

بنابراین، استفاده از کلاه ایمنی در تکواندو، به احتمال زیاد در پیش‌گیری از آسیب‌های ناشی از شتاب چرخشی نقش مؤثری را ایفا نمی‌کند. از آن جایی که مطالعه حاضر، اولین تحقیقی است که به بررسی تأثیر استفاده از کلاه‌ها در تکواندو بر شتاب چرخشی بیشینه می‌پردازد. بنابراین، در این موضوع خاص، امکان مقایسه آن با تحقیقات گذشته وجود ندارد، اما در تحقیقات مشابهی در کلاه بوکس، نتایج تحقیق حاضر با مطالعه Hoshizaki و همکاران همسو می‌باشد (۲۱)، اما با مطالعه McIntosh و همکاران مغایرت دارد (۵). به عبارت دیگر، McIntosh و همکاران، نشان دادند که کلاه بوکس قادر به کاهش خطر ضربه مغزی در بوکسورها می‌باشد. احتمال می‌رود یکی از علت‌های عدم توافق با نتایج مطالعه حاضر، می‌تواند تفاوت در نوع تکنیک، نوع کلاه و شاید معیار آستانه آسیب شتاب چرخشی سر باشد.

با توجه به این که ناحیه سر در تکواندو در معرض ضربات مکرر پا در طول جلسات تمرینی قرار می‌گیرد، عدم حفاظت مناسب کلاه‌ها در برابر شتاب چرخشی، یک عامل تهدید کننده جدی برای سلامت تکواندوکاران محسوب می‌شود. اگر چه ممکن است فرد در همان لحظه وقوع ضربه، دچار آسیب نشود، اما در گذشت زمان این ضربات می‌تواند باعث تخریب بافت مغز و زوال عقلی شود. با توجه به طولانی بودن زمان توان‌بخشی ضربه مغزی و عدم بازگشت دوباره ورزشکاران به عرصه قهرمانی و هزینه‌های مالی سنگین، باید درصدد راه‌کارهایی جهت پیش‌گیری از این آسیب بود. استفاده از کلاه ایمنی با قابلیت جذب ضربه بالا و کاهش شتاب چرخشی به کمتر از آستانه آسیب سر، یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای پیش‌گیری از آسیب‌های مغزی است.

محدودیت‌ها

در این مطالعه، با توجه به اندازه سر مصنوعی، تنها کلاه‌ها در اندازه بزرگ مورد آزمایش قرار گرفت. همچنین، با توجه به عدم وجود آستانه آسیب سر برای ترکیبی از شتاب خطی و شتاب چرخشی، میزان جذب ضربه کلاه‌ها بر اساس

http://jrrs.mui.ac.ir

آستانه‌های آسیب سر برای شتاب خطی و شتاب چرخشی، به طور جداگانه بررسی شد. در حالی که در نظر گرفتن هر دو پارامتر با یکدیگر، به احتمال زیاد می‌تواند آستانه آسیب سر را کاهش دهد.

پیشنهادها

با توجه به عدم وجود آستانه آسیب سر برای ترکیبی از شتاب خطی و شتاب چرخشی، در این تحقیق میزان جذب ضربه کلاه‌ها بر اساس آستانه‌های آسیب سر برای شتاب خطی و شتاب چرخشی، به طور جداگانه بررسی شده است. در حالی که در نظر گرفتن هر دو پارامتر با یکدیگر، احتمال دارد بتواند منجر به کاهش مقدار آستانه آسیب سر گردد و تأیید کند که آسیب در مقادیر کمتری از شتاب‌ها اتفاق می‌افتد. بنابراین، برای بررسی دقیق‌تر کلاه‌ها، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به تحقیق آستانه آسیب سر با در نظر گرفتن هم‌زمان شتاب خطی و چرخشی پرداخته شود و کلاه‌ها بر اساس آن مورد ارزیابی قرار گیرند. برای بررسی میزان جذب ضربه کلاه‌ها علاوه بر عوامل دینامیکی که مورد بررسی قرار گرفت، پارامترهای دیگری مانند خاصیت آکوستیک مواد، شیب لایه خارجی، ساختار شبکه‌ای مواد و سایر عوامل مرتبط با ساختار آناتومی کلاه و ویژگی‌های میرایی و سختی کلاه‌ها، می‌توانند بسیار تأثیرگذار باشند. بنابراین، پیشنهاد بعدی این تحقیق، مطالعه متالوژیک کلاه‌ها در تکواندو می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، اگر چه استفاده از کلاه ایمنی در تکواندو در کاهش نیروی ضربه و شتاب خطی به کمتر از آستانه آسیب سر مؤثر بوده است، اما شواهد نشان می‌دهد که این کلاه‌ها محافظ خوبی در برابر تکان‌های مغزی که ناشی از شتاب چرخشی است، نمی‌باشند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله، نویسندگان از آزمودنی‌ها و همه عزیزانی که در انجام این پژوهش ما را یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند. این مقاله، دارای کد اخلاق IR.GUMS.REC.1396.284 از سوی دانشگاه علوم پزشکی گیلان می‌باشد.

نقش نویسندگان

ندا بروشک، طراحی مطالعه، تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم دست‌نوشته یا بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوی نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، طراحی طرح تحقیق، اجرای پروژه، تحلیل و تفسیر نتایج، حسن خوشنودی، طراحی مطالعه، تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم دست‌نوشته، بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوی نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی، منصور اسلامی، طراحی مطالعه، تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم دست‌نوشته، بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوی نسخه نهایی دست‌نوشته، ارزیابی تخصصی دست نوشته از نظر مفاهیم علمی و حسین خدارحمی، طراحی مطالعه، تحلیل و تفسیر داده‌ها، تنظیم دست‌نوشته یا بازبینی دست‌نوشته نگارش شده با ارایه نظر تخصصی، تأیید محتوی نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، تأیید محتوی نسخه نهایی دست‌نوشته برای ارسال، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم علمی را به عهده داشته‌اند.

منابع مالی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه دکتری با کد ۱۳۶۵۵۹۶۷ مصوب دانشگاه مازندران می‌باشد که بدون حمایت مالی از مرکز یا دانشگاه انجام گرفت. این مقاله دارای کد اخلاق IR.GUMS.REC.1396.284 از دانشگاه علوم پزشکی گیلان می‌باشد.

تعارض منافع

هیچ کدام از نویسندگان داری تعارض منافع نمی‌باشند. بودجه انجام مطالعه پایه مرتبط با پژوهش حاضر، توسط نویسنده مسؤول تهیه شده است.

References

1. Marar M, McIlvain NM, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of concussions among United States high school athletes in 20 sports. Am J Sports Med 2012; 40(4): 747-55.
2. Abrahams S, Fie SM, Patricios J, Posthumus M, September AV. Risk factors for sports concussion: an evidence-based systematic review. Br J Sports Med 2014; 48(2): 91-7.
3. Pieter W, Fife GP, O'Sullivan DM. Competition injuries in taekwondo: a literature review and suggestions for prevention and surveillance. Br J Sports Med 2012; 46(7): 485-91.
4. Koh JO, Cassidy JD. Incidence study of head blows and concussions in competition taekwondo. Clin J Sport Med 2004; 14(2): 72-9.
5. O'Sullivan DM, Fife GP, Pieter W, Shin I. Safety performance evaluation of taekwondo headgear. Br J Sports Med 2013; 47(7): 447-51.
6. McIntosh AS, Patton DA. The impact performance of headguards for combat sports. Br J Sports Med 2015; 49(17): 1113-7.
7. Gupta S. The attenuation of strike acceleration with the use of safety equipment in tae kwon do. Asian J Sports Med 2011; 2(4): 235-40.
8. Schmitt KU, Niederer PF, Cronin DS, Muser MH, Walz F. Trauma Biomechanics: An Introduction to Injury Biomechanics. New York, NY: Springer; 2014.
9. Denny-Brown D, Russell WR. Experimental cerebral concussion. J Physiol 1940; 99(1): 153.
10. Walilko TJ, Viano DC, Bir CA. Biomechanics of the head for Olympic boxer punches to the face. Br J Sports Med 2005; 39(10): 710-9.

11. Hadavi F. Measurement and evaluation in physical education. Tehran, Iran: Kharazmi University; 2011. p. 22-3. [In Persian].
12. Boroushak N, Eslami M, Daneshmandy H. The Effect of the Linear and Rotational Acceleration of the Head on Prediction of Brain Damage in Taekwondo. J Res Rehabil Sci 2017; 13(4): 179-86. [In Persian].
13. Habibi Tirtashi F, Eslami M. The Immediate Effect of Shoe Insoles on the Frequency Components of Ground Reaction Force during Running. J Res Rehabil Sci 2014; 10 (3): 359-71. [In Persian].
14. Boroushak N, Eslami M, Kazemi M, Daneshmandy H, Johnson JA. The dynamic response of the taekwondo roundhouse kick to head using computer simulation. Ido Mov Culture J Martial Arts Anthro 2018; 18(2): 54-60.
15. Alan M, James D, Charles W, Danforth J. Impact Tolerance of the Skull and Face. Proceedings of the 12th Stapp Car Crash Conference; 1968 Oct 22-23; Detroit, MI, USA.
16. Gurdjian ES, Roberts VL, Thomas LM. Tolerance curves of acceleration and intracranial pressure and protective index in experimental head injury. J Trauma 1966; 6(5): 600-4.
17. O'Sullivan DM, Fife GP. Impact attenuation of protective boxing and taekwondo headgear. Eur J Sport Sci 2016; 16(8): 1219-25.
18. Meriam JL, Kraige LG. Engineering Mechanics-Dynamics. Hoboken, NJ: Wiley; 2007.
19. Ommaya AK, Goldsmith W, Thibault L. Biomechanics and neuropathology of adult and paediatric head injury. Br J Neurosurg 2002; 16(3): 220-42.
20. Lowenhielm P. Mathematical simulation of gliding contusions. Journal of Biomechanics 1975; 8(6): 351-6.
21. Hoshizaki TB, Post A, Oeur RA, Brien SE. Current and future concepts in helmet and sports injury prevention. Neurosurgery 2014; 75(Suppl 4): S136-S148.

http://jrrs.mui.ac.ir

DOI: 10.22122/jrrs.v13i5.3050 Published by Vesnu Publications

The Effect of Using Safety Headgears in Taekwondo on Dynamic Parameters Related to Head Injury

Neda Boroushak[1], Hasan Khoshnoodi[2], Mansour Eslami[3], Hossein Khodarahmi[4]

Original Article

Abstract

Introduction: The influence of using safety headgears on important parameters of head injury in taekwondo has not been specified yet. The aim of this study was to investigate the amount of changes in rotational acceleration, linear acceleration, and impact force of head by using headgears in taekwondo.

Materials and Methods: In this experimental study, 14 elite men taekwondo athletes participated. To investigate the effect of headgears on head injury parameters, a machine was used that consisted of an artificial neck and head, a mechanical arm that represented the taekwondo athlete foot, and a computer system for monitoring, supervisioning and recording the data, that was made by the researcher. The results were obtained in the MATLAB program. One-way repeated measures ANOVA and Bonferroni tests were applied to analyze the statistics results ($P < 0.050$).

Results: All headgears significantly reduced the impact force and linear acceleration of the head ($P = 0.001$). Foreign headgears and Iranian headgears significantly decreased and increased rotational acceleration, respectively ($P = 0.001$).

Conclusion: All headgears are good protectors for preventing injuries due to impact force and linear acceleration. But, none of these headgears could reduce rotational acceleration to less than the threshold of head injury.

Keywords: Concussion, Acceleration, Head injury, Tae Kwon Do

Citation: Boroushak N, Khoshnoodi H, Eslami M, Khodarahmi H. **The Effect of Using Safety Headgears in Taekwondo on Dynamic Parameters Related to Head Injury.** J Res Rehabil Sci 2017; 13(5): 263-70.

Received: 15.10.2017 Accepted: 15.11.2017

1- Lecturer, Department of Physical Education and Sport Sciences, School of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2- Instructor, Department of Mechanics, Shoush Branch, Islamic Azad University, Shoush, Iran
3- Associate Professor, Department of Sport Biomechanics, School of Sports Science, University of Mazandaran, Babolsar, Iran
4- Professor, Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Neda Boroushak, Email: nedaboroushak@yahoo.com