

بررسی اثر خستگی عملکردی بر ولگوس داینامیک زانو در بازیکنان بزرگسال فوتبال

شهرزاد زندی*^۱ - محمدجواد شرافت^۲ - مهران سلیمی^۳

۱. استادیار، گروه آسیب‌شناسی و بیومکانیک ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۲. کارشناسی ارشد

آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۳. کارشناسی ارشد

آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۰۹، تاریخ تصویب: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱)

چکیده

ولگوس داینامیک زانو یکی از ریسک فاکتورهای اصلی آسیب رباط صلیبی قدامی می‌باشد. اعتقاد بر این است که خستگی عملکردی با تغییر در الگوی اجرای حرکات بدن در ارتباط است. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر خستگی عملکردی در محیطی واقعی و خارج از آزمایشگاه بر زاویه ولگوس داینامیک زانو می‌باشد. ۲۲ بازیکن فوتبال بزرگسال با متوسط ۵ ساعت فعالیت ورزشی در هفته و زاویه ولگوس داینامیک زانو کمتر از ۱۲ درجه در تحقیق حاضر شرکت کردند. ولگوس زانو حین اجرای تکلیف فرود تک پا از سکوی ۳۵ سانتیمتری توسط دوربین دیجیتال در نمای قدامی ثبت شده و در نرم‌افزار کینووا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از ثبت پیش‌آزمون، بازیکنان به صورت دو تیم در مقابل هم قرار گرفته و به ۹۰ دقیقه مسابقه فوتبال پرداختند. پس از اتمام مسابقه، ارزیابی میزان تلاش ادراک شده با استفاده از مقیاس درجه بندی بورگ (مقیاس ۶ تا ۲۰ امتیاز) انجام شد. امتیاز بورگ ۱۵ یا بالاتر نشان‌دهنده خستگی بود. پس از بروز خستگی، افراد مجدداً تکلیف فرود را انجام دادند و پس‌آزمون مشابه پیش‌آزمون انجام گرفت. جهت مقایسه زاویه ولگوس داینامیک زانو بین پیش‌آزمون و پس‌آزمون با توجه به پارامتریک بودن داده‌ها از تست تی زوج در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد ($\alpha=0/05$). نتایج نشان داد بین زاویه ولگوس داینامیک زانو در پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفاوت آماری معناداری وجود دارد ($p=0/021$)، به این معنا که خستگی عملکردی موجب افزایش ولگوس زانو شد. به این صورت که میانگین پیش‌آزمون از ۲،۶۷۸- به ۶،۷۱۷- رسید و خستگی عملکردی میانگین ۴،۰۳۹ درجه ولگوس را افزایش داد. بر مبنای نتایج حاصل از تحقیق، می‌توان گفت خستگی عملکردی ناشی از انجام یک مسابقه فوتبال ۹۰ دقیقه‌ای می‌تواند باعث افزایش زاویه ولگوس پای غالب در بازیکنان بزرگسال فوتبال و احتمالاً ریسک بروز آسیب رباط صلیبی قدامی را در بازیکنان فوتبال افزایش می‌دهد. توصیه می‌شود بازیکنان فوتبال در تمرینات پیش فصل و طول فصل تمرکز بیشتری بر تمرینات قدرتی و استقامتی عضلات حمایت کننده زانو در شرایط خستگی داشته باشند تا بتوان درصد بروز این آسیب را به حداقل رساند.

واژه‌های کلیدی

آسیب رباط صلیبی، ولگوس داینامیک زانو، خستگی عملکردی، فوتبال.

بسیاری از بازیکنان مصدوم قادر به بازگشت به سطح عملکرد قبل از آسیب نیستند. بنابراین بدیهی است که آسیب رباط صلیبی قدامی نه تنها بر عملکرد و کیفیت زندگی افراد تأثیرگذار است بلکه از جهات اقتصادی و سلامتی نیز تأثیر می‌گذارد. با هزینه‌های تخمینی حدود ۲۶ میلیارد دلار در سال برای درمان و توانبخشی این آسیب در ایالات متحده اختصاص یافته است (۱۰). علاوه بر این باید توجه داشت تعداد آسیب‌های رباط صلیبی قدامی در کودکان و نوجوانان در سال‌های اخیر به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است که به دلیل نابالغی سیستم عضلانی اسکلتی این جمعیت باید بیشتر از بزرگسالان مورد توجه قرار گیرند، زیرا آسیب در سنین پایین می‌تواند عوارض غیرمنتظره داشته باشد و حتی آینده حرفه‌ای ورزشی وی را به شدت محدود کند (۱۱). درک موقعیت‌ها و مکانیسم‌هایی که منجر به آسیب رباط صلیبی قدامی می‌شود برای طراحی برنامه‌های تمرینی به‌منظور کاهش بروز این آسیب ضروری است (۱). تئوری‌های متعددی در رابطه با آسیب رباط صلیبی قدامی در ادبیات پیشینه ارائه شده است که نشان داده‌اند که ولگوس زانو و چرخش تیبیا می‌توانند دلایل اصلی آسیب رباط صلیبی قدامی باشند. "ولگوس" به زاویه بیرونی بخش دیستال یک استخوان یا مفصل اشاره دارد. وقوع ولگوس زانو ممکن است تحت حرکات ابداکشن بخش دیستال تیبیا نسبت به استخوان ران یا چرخش سطح عرضی زانو رخ دهد که عمدتاً در فرودها و یا تغییر جهت ناگهانی ایجاد میشوند که در آنها نیروهای واکنش با زمین ممکن است ۵ تا ۷ برابر وزن بدن باشد (۱۲). ولگوس داینامیک زانو یک الگو تغییر یافته حرکت یا تغییر در تراز اندام تحتانی است که عمدتاً در صفحه فرونتال مشاهده می‌شود (۱۳). لازم به ذکر است که وقوع ولگوس داینامیک زانو در جنس مؤنث بارزتر است (۱۴)، اگرچه این بدان معنا نیست که در جمعیت مرد خطری وجود ندارد (۱۵). چندین

آسیب رباط صلیبی قدامی یک مسئله مهم و البته نگران‌کننده در میان بازیکنان فوتبال است که باعث دوری طولانی مدت از فعالیتهای ورزشی نیز می‌شود. با وجود بهبود دانش در مورد صدمات رباط صلیبی قدامی و پیشگیری از آن، میزان صدمات در فوتبال حرفه‌ای رو به کاهش نیست (۱). پرش یکی از رایج‌ترین اعمال در ورزش است که اکثریت قریب به اتفاق تمرینات ورزشی در اجرای حرکات اصلی خود به پرش و حرکات انفجاری نیاز دارند. با این حال به نظر می‌رسد الگوی فرود تا حد زیادی بر نیروهای دریافتی توسط مفاصل درگیر به‌ویژه نیروهای عمودی تأثیر می‌گذارد (۲). نوع آسیب در هر رشته ورزشی متفاوت است. مشخصاً در فوتبال اندام تحتانی در همه رده‌های سنی و سطوح عملکردی بیشترین آسیب را دارد (۳). زانو و مچ پا مناطقی با بیشترین آسیب در این ورزش هستند و نزدیک به یک سوم این آسیب‌ها به دلیل عملکرد ضعیف زانو گزارش شده است (۴). از طرفی بین یک سوم تا یک چهارم آسیب‌های فوتبال بدون تماس هستند که کاملاً نگران‌کننده است (۵). پارگی رباط صلیبی قدامی یکی از شدیدترین و شایع‌ترین آسیبها در ورزش‌های توپی خصوصاً فوتبال است که بیشتر در موقعیت‌های غیر تماسی رخ می‌دهد (۶). اهمیت این آسیب در پیچیدگی فرایند درمان و طولانی بودن زمان بازتوانی و بازگشت به فعالیت است (۷). از طرفی حتی پس از توانبخشی مناسب رباط صلیبی قدامی، افراد اغلب دارای اختلال در قدرت، حس عمقی، ثبات، تعادل، کنترل عصبی عضلانی بوده و همچنین مستعد آسیب دیدگی مجدد رباط صلیبی قدامی هستند (۸). علاوه بر خطر آسیب دیدگی مجدد، به نظر می‌رسد ۵۹ تا ۷۰ درصد بازیکنان آسیب دیده فوتبال در سال‌های بعدی دچار استئوآرتریت زانو می‌شوند که ۱۵ درصد از این افراد نیاز به آرتروپلاستی کامل زانو دارند (۹). در واقع

شامل رویدادهایی می‌شود که مستقل از CNS روی می‌دهند و عبارتند از اختلال در انتقال میانجی عصبی عضلانی، اختلال در تحریک پذیری سارکوما و اختلال در جفت شدن تحریک-انقباض. برای ایجاد خستگی روش‌ها و پروتکل‌های مختلفی وجود دارد که شامل انقباضات ایزوکینتیک، حرکات تکراری، انقباضات ایزومتریک و فعالیت‌های عملکردی می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر این بود که ببینیم آیا خستگی عملکردی باعث می‌شود بازیکنان فوتبالی که ولگوس داینامیک زانو ندارند (زاویه کمتر از ۱۲ درجه)، پس از ۹۰ دقیقه فعالیت ورزشی بدون کاهش بار، تغییر معناداری در زاویه ولگوس زانو که از ریسک فاکتورهای اصلی آسیب رباط صلیبی قدامی است اتفاق رخ دهد یا خیر.

روش‌شناسی پژوهش

در مطالعه حاضر ۲۲ بازیکن فوتبال بزرگسال که به‌طور متوسط ۵ ساعت فعالیت ورزشی در هفته و BMI نرمال (۱۸ تا ۲۵) داشتند شرکت کردند. تعیین تعداد آزمودنی‌ها بر این اساس بوده است که تمام نفرات در یک مسابقه فوتبال ۹۰ دقیقه‌ای در کل دقایق فعالیت داشته باشند. افراد پیش و پس از یک مسابقه درون تیمی ۹۰ دقیقه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابتدا آزمودنی‌ها بر روی یک سکو با ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر قرار گرفتند و بدون پرش در ناحیه مشخص شده بر روی سطح زمین فرود آمدند (۲۳). ثبت کینماتیک حرکت فرود توسط دوربین دیجیتال تلفن همراه (۱۲ مگاپیکسل و حداکثر رزولوشن فیلمبرداری 4k) با فرکانس ۲۴۰ هرتز) در نمای قدامی در فاصله دو متری از زانوی فرد به‌صورت دو بعدی انجام شد (۲۴). چنانچه زاویه ولگوس داینامیک زانو بازیکنان کمتر از ۱۲ درجه بود، وارد تحقیق می‌شدند (۲۵). بازیکنان پس از حدود ۲۰ دقیقه گرم کردن، به‌صورت دو تیم در مقابل هم قرار گرفتند و به

عامل به‌عنوان محرک‌های این تغییر در حرکت زانو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند اما شواهد اخیر نشان داده‌اند که کاهش دورسی فلک شن مچ پا و کمبود قدرت یا اختلال در فعال‌سازی عضلات اداکتور و اداکتور ران است، به‌ویژه ضعف در اداکتورها و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران (۱۶، ۱۷). تحقیقات پیشین کاهش خطر آسیب رباط صلیبی قدامی با برنامه‌های پیشگیری از آسیب نشان داده‌اند (۱۸). به‌طور خاص برنامه‌هایی با تمرکز بر تقویت عصبی عضلانی و حس عمقی نشان داده‌اند که خطر آسیب رباط صلیبی قدامی را تا ۸۸ درصد کاهش می‌دهد (۱۹). به‌طور گسترده‌ای دیده شده است که بیشتر آسیب‌ها، نه تنها آسیب رباط صلیبی قدامی در مراحل پایانی عملکرد ورزشی اتفاق می‌افتد که همزمان وجود خستگی عضلانی است (۲۰). از آنجایی که ماهیچه‌ها به ثبات مفاصل کمک می‌کنند، خستگی عصبی عضلانی نیز به عنوان عامل خطر دیگری برای آسیب‌های رباط صلیبی قدامی غیر تماسی پیشنهاد شده است (۲۱). یکی از پیامدهای ورزش مداوم فوتبال ۹۰ دقیقه‌ای این است که توانایی عضله برای تولید نیرو کاهش پیدا می‌کند که بیشتر در اواخر زمان ۹۰ دقیقه‌ای گزارش شده است که علت این پدیده خستگی می‌باشد. خستگی پس از فعالیت ورزشی طولانی مدت منجر به کاهش عملکرد عضلانی می‌شود، به خصوص وقتی که کاهش بار وجود نداشته باشد. از طرفی هر گونه کاهش در توانایی عضلانی برای تولید نیرو در حین فعالیت ورزشی که می‌تواند به دلایل محیطی (تغییرات عضلانی مخرب و...) یا مرکزی (تغییرات در سیستم عصبی و...) شود را خستگی تصور می‌کنند (۲۲). خستگی مرکزی از CNS و انتقال سیگنال از مغز به عضله ناشی می‌شود و می‌تواند در فعالیت‌های بلند مدت توسعه یابد. خستگی محیطی را ناتوانی در تولید و حفظ نیرو یا توان مورد انتظار، ناتوانی در حفظ ظرفیت کاری و توان ورزشی معین تعریف می‌شود و

کند و به افراد هیچ‌گونه بازخوردی داده نمی‌شد. هر فرد باید سه فرود موفق را ثبت می‌کرد و بین هر فرود حدود ۳۰ ثانیه استراحت داده شد (۲۹). معیارهای خروج شامل کسب امتیاز زیر ۱۵ در مقیاس درجه بندی بورگ، عدم حضور در تمام دقایق مسابقه ۹۰ دقیقه‌ای و عدم تمایل آزمودنی به شرکت در پس آزمون بودند که در انتها از مجموع ۲۲ آزمودنی حاضر در پیش آزمون، ۱۶ آزمودنی مجاز به حضور در پس آزمون شدند.

به‌منظور محاسبه زاویه ولگوس بررسی فریم به فریم ویدئو توسط نرم‌افزار کی نوا ماکزیمم ولگوس زانو انجام شد. منظور از زاویه ولگوس، زاویه حاده بین خط کشیده شده از ASIS به مرکز کشکک و خط کشیده شده از مرکز کشکک به نقطه وسط دو قوزک میج پا است که با مارکر مشخص شده است (شکل ۱). به‌منظور درک بهتر، ولگوس با اعداد منفی و واروس با اعداد مثبت نشان داده می‌شود. اگر زاویه به‌دست آمده از ۱۸۰ بزرگ‌تر باشد، به آن زاویه واروس و اگر کمتر باشد به آن زاویه ولگوس می‌گویند که برای محاسبه مقدار زاویه ولگوس، عدد به‌دست آمده توسط نرم افزار کینوا از عدد ۱۸۰ تفریق شد (۲۹). به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری تی زوجی در نرم‌افزار spss نسخه ۲۶ با سطح معنی داری ۰,۰۵ استفاده شد.

۹۰ دقیقه مسابقه فوتبال پرداختند. پس از اتمام مسابقه ارزیابی میزان تلاش ادراک شده با استفاده از مقیاس درجه بندی بورگ (مقیاس ۶ تا ۲۰ امتیاز) انجام شد (۲۶). اگر آزمودنی‌ها امتیاز ۱۵ یا بالاتر را گزارش می‌کردند، خسته در نظر گرفته می‌شدند و چنانچه نمره کمتر از ۱۵ گزارش می‌شد، طبق معیار خروج از تحقیق خارج می‌شدند (۲۷). امتیاز ۱۵ در این آزمون به‌عنوان ارتباط قوی با پاسخ‌های متابولیکی خستگی گزارش شده است (۲۸). سپس افرادی که امتیاز ۱۵ به بالاتر را گزارش کردند، مجدداً روی سکو قرار گرفتند و مجدداً تکلیف فرود را انجام دادند و کینماتیک فرود ثبت شد. جهت تجزیه و تحلیل کینماتیک فرود از نرم‌افزار کینوا استفاده شد که دارای پایایی ۰/۹۸ بوده و مقرون به صرفه نیز می‌باشد (۲۹). شرکت افراد در این پژوهش به‌صورت آگاهانه و داوطلبانه بود. برای انجام تست توسط آزمودنی‌ها، سکوهایی چوبی به ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر اختصاص داده شد و از آزمودنی‌ها خواسته شد که سه مرتبه به‌صورت تک‌پا (پا غالب) از روی سکو فرود بیایند تا تکلیف را بهتر انجام دهند. سپس در تست اصلی هر فرد می‌بایست سه مرتبه از روی سکو (به این صورت که فرد باید لبه سکو قرار گرفته، پای برتر خود را از لبه سکو آزاد نگه دارد) فرود آید. فرودی قابل قبول بود که فرد بتواند تا دو ثانیه تعادل خود را در بیشترین فلک شن زانو حفظ



شکل ۱. مارکرگذاری و ثبت اطلاعات کینماتیک فرود

شد که بین پیش و پس آزمون تفاوت آماری معناداری وجود دارد ($P=0/021$)، به این معنا که خستگی عملکردی موجب افزایش ولگوس زانو شده است به این صورت که میانگین پیش آزمون از $2/678-$ به $6/717-$ درجه رسیده است و خستگی عملکردی میانگین درجه ولگوس را $4/039$ درجه افزایش داده است.

اطلاعات دموگرافیک نمونه‌های شرکت کننده در تحقیق در جدول ۱ ارائه شده‌اند. پس از تأیید نرمال بودن داده‌های پیش آزمون و پس آزمون توسط آزمون آماری شاپیروویلک، برای مقایسه بین پیش آزمون و پس آزمون با توجه به نرمال بودن داده‌ها از تست تی زوج استفاده شد. در مقایسه بین پیش آزمون و پس آزمون (جدول ۲) مشخص

جدول ۱. ویژگی‌های دموگرافیک نمونه‌ها

میانگین (\bar{X})	انحراف استاندارد (Sd)	خطای استاندارد میانگین (SEM)	
۱۷۹/۱۸	۵/۸۳	۱/۴۵	قد
۷۹/۰۰	۵/۷۱	۱/۴۲	وزن
۲۴/۵۵	۱/۰۸	۰/۲۷	شاخص توده بدنی
۲۵/۵۶	۴/۰۴	۱/۰۱	سن

جدول ۲. نتایج تست تی زوج

تعداد نمونه (n)	میانگین (\bar{X})	انحراف استاندارد (Sd)	خطای استاندارد میانگین (SEM)	
۱۶	- ۲/۶۷۸	۵/۵۲۶	۱/۳۸۱	پیش آزمون
۱۶	- ۶/۷۱۷	۷/۷۶۲	۱/۹۴۰	پس آزمون

* زاویه مثبت نشان دهنده واروس و زاویه منفی نشان دهنده ولگوس است.

بحث و نتیجه‌گیری

ورزشی را به خود اختصاص می‌دهد. در میان تمام آسیب‌های زانو پارگی رباط صلیبی قدامی شایع‌تر است. این آسیب معمولاً در حین تغییر جهت و فرود رخ می‌دهد. این الگوها فرود و تغییر جهات برای عملکرد بهینه ورزشی ضروری است (۳۰)، بنابراین توانایی انجام ایمن آنها برای ورزشکاران مهم است، به‌خصوص در ورزش‌هایی مانند فوتبال، بسکتبال، هندبال و ورزش‌های را کتی (۳۱). آسیب‌های رباط صلیبی قدامی در فوتبال رایج است و منجر به غیبت طولانی مدت از تمرین و مسابقه می‌شود (۳۳)، ۳۲، ۱۰، ۹). عوامل خطر و عوامل مؤثر در آسیب رباط

نتایج به‌دست آمده بیانگر این بود که میانگین پیش آزمون افراد از $2/678$ درجه ولگوس به $6/717$ درجه ولگوس در پس آزمون افزایش پیدا کرد که میزان $4/039$ درجه افزایش در ولگوس زانو نشان می‌دهد خستگی عملکردی طور معناداری باعث افزایش ولگوس داینامیک زانو در بازیکنان فوتبال پس از انجام ۹۰ دقیقه مسابقه فوتبال شد.

آسیب مفصل زانو یکی از شایع‌ترین آسیب‌های ورزشی است که از نظر بالینی حدود ۵۰ درصد از آسیب‌های

صلیبی قدامی هدف اصلی استراتژی‌های پیشگیری را نشان می‌دهند، لذا درک موقعیت‌ها و مکانیسم‌هایی که منجر به آسیب رباط صلیبی قدامی می‌شود برای طراحی برنامه‌های تمرینی به‌منظور کاهش بروز این آسیب ضروری است (۳۲). با توجه به ادبیات، بیش از ۷۰ درصد آسیب‌های رباط صلیبی قدامی با مکانیسم‌های غیر تماسی و حدود یک سوم این آسیب‌های غیر تماسی مربوط به مکانیسم‌های فرود و تغییر جهت است. بنابراین خطر آسیب رباط صلیبی قدامی تا حد زیادی قابل تغییر است (۳۴). برای درک مکانیسم آسیب غیر تماسی محققان مطالعات گسترده‌ای را بر روی عوامل بیومکانیکی انجام داده‌اند که خطر آسیب را در طول یک تغییر جهت افزایش می‌دهد (۳۵). ولگوس به زاویه بیرونی بخش دیستال یک استخوان یا مفصل اشاره دارد. وقوع ولگوس زانو تحت حرکات ابداکشن بخش دیستال تیبیا نسبت به استخوان ران یا چرخش سطح عرضی زانو رخ دهد که از ریسک فاکتورهای اصلی بروز آسیب رباط صلیبی قدامی عنوان شده است (۱۲). چندین عامل به عنوان محرک‌های این تغییر در حرکت زانو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند اما شواهد اخیر نشان داده‌اند که کاهش دورسی فلک شن مچ پا و کمبود قدرت یا اختلال در فعال‌سازی عضلات اداکتور و اداکتور ران است، به‌ویژه ضعف در اداکتورها و چرخاننده‌های خارجی مفصل ران (۱۶، ۱۷). به‌طور گسترده‌ای دیده شده است که بیشتر آسیب‌ها، نه‌تنها آسیب رباط صلیبی قدامی در مراحل پایانی عملکرد ورزشی اتفاق می‌افتد که همزمان وجود خستگی عضلانی است. از آنجایی که ماهیچه‌ها به ثبات مفاصل کمک می‌کنند، خستگی عصبی عضلانی نیز به عنوان عامل خطر دیگری برای آسیب‌های رباط صلیبی قدامی غیر تماسی عنوان شده است (۲۰، ۲۱). در مطالعه‌ای که توسط گارسیا و همکاران انجام شد، گزارش شده است که پروتکل خستگی به شدت ولگوس داینامیک زانو را در آن دسته از

بازیکنانی که ولگوس داینامیک زانو کم یا بدون ولگوس داینامیک زانو را در شرایط عدم خستگی نشان دادند، افزایش می‌دهد (۳۶) که با مطالعه حاضر همسو می‌باشد. در پژوهش دیگری که توسط زاگو و همکاران انجام شد، مشاهده شد که در بانوان فوتبالیست پس از اجرای پروتکل خستگی ولگوس داینامیک زانو در افزایش یافت که با بروز آسیب رباط صلیبی قدامی مرتبط است (۳۷) که همسو با تحقیق حاضر می‌باشد.

یکی از تفاوت‌های عمده پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها این است که القای خستگی با پروتکل‌های آزمایشگاهی انجام نشد بلکه با شرکت آزمودنی‌ها در یک مسابقه فوتبال رقابتی واقعی انجام شد. از این نظر نتایج تحقیق حاضر می‌تواند به‌نحو مطلوبی به محیط ورزشی منتقل شود. با بررسی نتایج مشاهده شد که خستگی عملکردی ناشی از انجام یک مسابقه فوتبال ۹۰ دقیقه‌ای به طور معناداری باعث افزایش زاویه ولگوس پای غالب در بازیکنان بزرگسال فوتبال می‌شود که با توجه به ادبیات پیشینه می‌توان نتیجه گرفت خستگی عملکردی ریسک بروز آسیب رباط صلیبی قدامی را در بازیکنان فوتبال افزایش می‌دهد. توصیه می‌شود بازیکنان فوتبال در تمرینات پیش فصل و طول فصل تمرکز بیشتری بر تمرینات قدرتی و استقامتی عضلات حمایت کننده زانو از قبیل چهار سر ران، گروه عضلات همسترینگ، عضلات دوقلو و نعلی در شرایط خستگی داشته باشند. همچنین تقویت و فعال کردن عضلات گلوئتال، بهبود قدرت خم شدن جانبی تنه، افزایش دامنه حرکت دورسی فلک شن مچ پا باید در برنامه ریزی برنامه‌های تمرینی با هدف کاهش ولگوس داینامیک زانو در نظر گرفته شود.

در تحقیق حاضر فرض بر این بود که بازیکنان بیشترین تلاش را برای بازی بهتر در مسابقه ارائه داده و مواردی نظیر استراتژی مختلف مربی در دو تیم یکسان بوده است.

همچنین با توجه به اینکه تحقیق میدانی بوده و هدف از تحقیق قرارگیری در شرایط مشابه مسابقه واقعی بود لذا پست مختلف بازیکنان و تفاوت‌های حاصل از آن از جمله محدودیت‌های موجود بوده است.

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شماره ۳۰۷۳۴/۱/۱ با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

References

1. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *British Journal of Sports Medicine*. 2020;54(23):1423.
2. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*. 2000;18(9):669-83.
3. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine*. 2011;39(6):1226-32.
4. Peterson L, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Dvorak J. Incidence of Football Injuries and Complaints in Different Age Groups and Skill-Level Groups. *The American Journal of Sports Medicine*. 2000;28(5_suppl):51-7.
5. Bjordal JM, Arnøy F, Hannestad B, Strand T. Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*. 1997;25(3):341-5.
6. Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009;12(6):622-7.
7. Bahr R, Clarsen B, Ekstrand J. Why we should focus on the burden of injuries and illnesses, not just their incidence. *British Journal of Sports Medicine*. 2018;52(16):1018.
8. Ingersoll CD, Grindstaff TL, Pietrosimone BG, Hart JM. Neuromuscular Consequences of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Clinics in Sports Medicine*. 2008;27(3):383-404.
9. Friel NA, Chu CR. The Role of ACL Injury in the Development of Posttraumatic Knee Osteoarthritis. *Clinics in Sports Medicine*. 2013;32(1):1-12.
10. Mather RC, III, Koenig L, Kocher MS, Dall TM, Gallo P, Scott DJ, et al. Societal and Economic Impact of Anterior Cruciate Ligament Tears. *JBJS*. 2013;95(19).
11. Beck NA, Lawrence JTR, Nordin JD, DeFor TA, Tompkins M. ACL Tears in School-Aged Children and Adolescents Over 20 Years. *Pediatrics*. 2017;139(3):e20161877.
12. Quatman CE, Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Wordeman SC, Levine JW, et al. Preferential Loading of the ACL Compared With the MCL During Landing: A Novel In

-
- Sim Approach Yields the Multiplanar Mechanism of Dynamic Valgus During ACL Injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013;42(1):177-86.
13. Quatman CE, Quatman-Yates CC, Hewett TE. A 'Plane' Explanation of Anterior Cruciate Ligament Injury Mechanisms. *Sports Medicine*. 2010;40(9):729-46.
 14. Russell KA, Palmieri RM, Zinder SM, Ingersoll CD. Sex differences in valgus knee angle during a single-leg drop jump. *Journal of athletic training*. 2006;41(2):166-71.
 15. Donnell-Fink LA, Klara K, Collins JE, Yang HY, Goczalk MG, Katz JN, et al. Effectiveness of Knee Injury and Anterior Cruciate Ligament Tear Prevention Programs: A Meta-Analysis. *PLOS ONE*. 2015;10(12):e0144063.
 16. Lima YL, Ferreira VMLM, de Paula Lima PO, Bezerra MA, de Oliveira RR, Almeida GPL. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*. 2018;29:61-9.
 17. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between Hip and Knee Strength and Knee Valgus during a Single Leg Squat. *Journal of Applied Biomechanics*. 2006;22(1):41-50.
 18. Bodendorfer BM, Arnold NR, Shu HT, Leary EV, Cook JL, Gray AD, et al. Do neoprene sleeves and prophylactic knee braces affect neuromuscular control and cutting agility? *Physical Therapy in Sport*. 2019;39:23-31.
 19. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 2, A Meta-analysis of Neuromuscular Interventions Aimed at Injury Prevention. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006;34(3):490-8.
 20. Small K, McNaughton L, Greig M, Lovell R. The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2010;13(1):120-5.
 21. Behrens M, Mau-Moeller A, Wassermann F, Plewka A, Bader R, Bruhn S. Repetitive jumping and sprinting until exhaustion alters hamstring reflex responses and tibial translation in males and females. *Journal of Orthopaedic Research*. 2015;33(11):1687-92.
 22. Raouf Nader Rekik, Montassar Tabben, Cristiano Eirale, Philippe Landreau, Rachid Bouras, Mathew G Wilson, et al. ACL injury incidence, severity and patterns in professional male soccer players in a Middle Eastern league. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*. 2018;4(1):e000461.
 23. Munro A, Herrington L, Carolan M. Reliability of 2-Dimensional Video Assessment of Frontal-Plane Dynamic Knee Valgus During Common Athletic Screening Tasks. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2012;21(1):7-11.

24. Ramezani F, Saki F. Electromyographic Activity of the Knee Muscles during Single-Leg Landing in Female Athletes with and without Dynamic Knee Valgus. *The Scientific Journal of Rehabilitation Medicine*. 2020;9(4):268-77.
25. Herrington L, Munro A. Drop jump landing knee valgus angle; normative data in a physically active population. *Physical Therapy in Sport*. 2010;11(2):56-9.
26. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL, US: Human Kinetics; 1998. viii, 104-viii, p.
27. Tripp BL, Boswell L, Gansneder BM, Shultz SJ. Functional Fatigue Decreases 3-Dimensional Multijoint Position Reproduction Acuity in the Overhead-Throwing Athlete. *Journal of athletic training*. 2004;39(4):316-20.
28. Edwards RHT, Melcher A, Hesser CM, Wigertz O, Ekelund LG. Physiological Correlates of Perceived Exertion in Continuous and Intermittent Exercise with the Same Average Power Output. *European Journal of Clinical Investigation*. 1972;2(2):108-14.
29. Nadia A. Fyaz PDRSYMS, Hassan PDKA. Frontal Plane Projection Angle during Step Down Test in Subjects With and Without Patellofemoral Pain Syndrome. *The Medical Journal of Cairo University*. 2019;87(March):1233-9.
30. Cochrane JL, Lloyd DG, Besier TF, Elliott BC, Doyle TLA, Ackland TR. Training Affects Knee Kinematics and Kinetics in Cutting Maneuvers in Sport. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42(8).
31. Valdecabres R, de Benito AM, Littler G, Richards J. An exploration of the effect of proprioceptive knee bracing on biomechanics during a badminton lunge to the net, and the implications to injury mechanisms. *PeerJ*. 2018;6:e6033.
32. Krutsch W, Memmel C, Krutsch V, Angele P, Tröß T, Aus Der FÜnten K, et al. High return to competition rate following ACL injury – A 10-year media-based epidemiological injury study in men's professional football. *European Journal of Sport Science*. 2020;20(5):682-90.
33. Kvist J, Ek A, Sporrstedt K, Good L. Fear of re-injury: a hindrance for returning to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2005;13(5):393-7.
34. Pollard CD, Norcross MF, Johnson ST, Stone AE, Chang E, Hoffman MA. A biomechanical comparison of dominant and non-dominant limbs during a side-step cutting task. *Sports Biomechanics*. 2020;19(2):271-9.
35. Norte GE, Frendt TR, Murray AM, Armstrong CW, McLoughlin TJ, Donovan LT. Influence of Anticipation and Motor-Motor Task Performance on Cutting Biomechanics in Healthy Men. *Journal of athletic training*. 2020;55(8):834-42.

-
36. García-Luna MA, Cortell-Tormo JM, García-Jaén M, Ortega-Navarro M, Tortosa-Martínez J. Acute Effects of ACL Injury-Prevention Warm-Up and Soccer-Specific Fatigue Protocol on Dynamic Knee Valgus in Youth Male Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(15):5608.
37. Zago M, David S, Bertozzi F, Brunetti C, Gatti A, Salaorni F, et al. Fatigue Induced by Repeated Changes of Direction in Élite Female Football (Soccer) Players: Impact on Lower Limb Biomechanics and Implications for ACL Injury Prevention. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021;9.