

مقایسه الگوی حرکتی اندام تحتانی بازیکنان فوتبال نخبه سالم و آسیب دیده پس از عمل جراحی بازسازی ACL هنگام اجرای ضربه کاشته شوت فوتبال

محمد مهدی امینی^۱، الهه عرب عامری^۲، محمد حسین عزیزاده^۳، سید فرهاد طباطبایی

قمشه^۴

۱. دانشجوی دکتری رشد و تکامل و یادگیری حرکتی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)

۲. دانشیار رشد و تکامل و یادگیری حرکتی، دانشگاه تهران

۳. دانشیار آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشگاه تهران

۴. استادیار مهندسی پزشکی _ بیومکانیک، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷

چکیده

هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی الگوی حرکتی اندام تحتانی در ضربه شوت کاشته فوتبال بود. شرکت کنندگان در این پژوهش ۲۴ بازیکن نخبه فوتبال بودند که همگی آن‌ها برتری پای راست داشتند و در شش ماه گذشته هیچ گونه آسیب و جراحت جدی نداشتند. ۱۲ نفر از آن‌ها سالم بودند (سن: $1/2 \pm$ ۲۵/۸۷ سال و قد: $4/6 \pm$ ۱۸۰/۷ سانتی‌متر) و ۱۲ نفر دیگر (سن: $1/39 \pm$ ۲۵/۲۵ سال و قد: $5/0 \pm$ ۱۸۱/۳۷ سانتی‌متر) بازیکنانی بودند که حداقل دو سال از عمل جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی (ACL) آن‌ها می‌گذشت. پس از ۱۰ دقیقه گرم کردن و اجرای پنج ضربه شوت کاشته، ۱۵ نشانگر منعکس کننده نور کروی شکل به قطر ۱۴ میلی‌متر روی نقاط مشخص شده آناتومیکی در اندام تحتانی نصب شدند. آزمودنی‌ها ضربه کاشته شوت فوتبال را سه دفعه انجام دادند. برای اجرای هر ضربه آزمودنی سه قدم از توپ فاصله می‌گرفت و آن‌گاه با زاویه ۳۰ درجه به توپ نزدیک می‌شد و به منطقه مشخص شده به ابعاد $1/5 \times 1/5$ متر که به فاصله پنج متری از توپ و فاصله نیم متری از سطح زمین قرار داشت، ضربه خود را روانه می‌کرد. ضربه‌ها با استفاده از سیستم آنالیز حرکتی با پنج دوربین دیجیتال (viconcam460) با فرکانس ۲۰۰ هرتز ثبت شدند. و زوایا و دامنه حرکتی مفاصل ران، زانو و مچ پا و همچنین سرعت زاویه‌ای ساق پا و ران با استفاده از نرم افزارهای تحلیل حرکت وایکون و اکسل ۲۰۰۷ و با استفاده از روش دینامیک معکوس در محیط نرم افزار متلب محاسبه شدند. تحلیل داده‌ها در نرم افزار اس.پی.اس.اس. نسخه ۱۸ با استفاده از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیره و بین گروهی (مانوا) در سطح معناداری ۰/۰۵ انجام شد. نتایج پژوهش تفاوت معناداری را در زاویه هایپراکستنشن ران و نیز زوایای زانو و مچ پا نشان داد ($P < 0.05$)، اما در دامنه حرکتی ران و زاویه ران هنگام تماس پای ضربه زننده با توپ تفاوت معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$). همچنین، تفاوت معناداری در سرعت زاویه‌ای ران بین دو گروه مشاهده نشد ($P = 0.63$)؛ این در حالی است که برای سرعت زاویه‌ای ساق پا در دو گروه تفاوت معناداری به دست آمد ($P = 0.000$). با توجه به تغییر پارامترهای حرکتی که موجب

تغییر معنادار اندازه زوایای دو گروه شده است، می توان نتیجه گرفت بازسازی آسیب ACL مکانیسم کنترلی و برنامه حرکتی ضربه شوت کاشته را تغییر می دهد و بیشترین تأثیر را بر حرکت مچ و زانو و کمترین تأثیر را بر حرکت ران دارد؛ بنابراین، توصیه می شود مربیان و دست اندرکاران تیم های ورزشی به این موارد توجه کنند.

واژگان کلیدی: ضربه کاشته شوت فوتبال، آنالیز حرکت، الگوی حرکتی، جراحی بازسازی ACL.

مقدمه

فوتبال یکی از پرطرفدارترین ورزش ها در سطح جهان است (۱). براساس گزارشی که فدراسیون بین المللی فوتبال (فیفا) در سال ۲۰۰۱ منتشر کرد، تقریباً ۲۴۰ میلیون نفر در سراسر جهان فوتبال بازی می کنند که نشان می دهد فوتبال محبوب ترین ورزش دنیاست (۲). تقریباً به جرئت می توان گفت کشوری در دنیا وجود ندارد که در آن فوتبال و فرم های متفاوت آن بازی نشود. فوتبال ورزشی است که عموماً در دنیا به خاطر استفاده بیشتر از پاها نسبت به هر قسمت دیگری از بدن شناخته شده است. برنارد شاو نیز درستی این موضوع را در جمله انتقادی اش این گونه بیان می کند: «بازیکنان فوتبال با پاهایشان فکر می کنند». در واقع، پاها به عنوان پایین ترین اندام حرکتی برای انجام بیشتر مهارت های فوتبال استفاده می شوند (۳).

تکنیک های بسیار زیادی با پا در این ورزش انجام می شود که از جمله آن ها ضربه کاشته است و یکی از تکنیک های مورد توجه و بسیار قوی است (۴). ضربه کاشته از چالش برانگیزترین و مهم ترین مهارت های فوتبال است که بازیکن برای رسیدن به گل و اجرای یک شوت سرعتی از آن بهره می برد (۶)، (۵). ضربه کاشته بیشتر در ضربات آزاد مستقیم روی دروازه، ضربات کرنر و ضربات پنالتی استفاده می شود که می توان آن را به شش مرحله تقسیم کرد: زاویه نزدیک شدن پا به توپ^۱، نیروهای پای کاشته، نیروهای پای ضربه زننده، فلکشن در مفصل ران و اکستنشن زانو، تماس پا با توپ، ادامه حرکت و به پایان رساندن آن (۸، ۷). در هنگام زدن ضربه، سه مفصل ران، زانو و مچ پا نقش اساسی را در اندام تحتانی ایفا می کنند. در این بین مفصل زانو به دلیل اینکه ارتباط دهنده ساق و ران به یکدیگر است، ثبات آن نقش مهمی در صحیح انجام دادن تکلیف مورد نظر دارد. با توجه به اینکه در شوت فوتبال انقباض قدرتمند عضله چهارسرانی^۲ عامل اصلی حرکت در ضربه به توپ است و این انقباض باعث ایجاد نیروی برشی قدامی و جابه جایی درشت نی به سمت جلو می شود، ساختار لیگامانی زانو باید

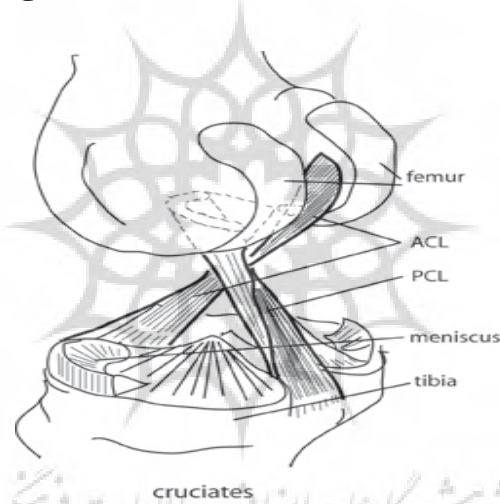
1. Fédération Internationale de Football Association
2. Shaw Bernard
3. Approach Angle
4. Quadriceps

اثرهای ذکرشده را خنثی کند که از این میان لیگامان صلیبی قدامی^۱ (ACL) نقش اصلی را در خنثی کردن این حرکت برعهده می‌گیرد؛ بنابراین، در هنگام ضربه فشار زیادی به این لیگامان وارد می‌شود و در صورتی که لیگامان صلیبی قدامی وظیفه خود را به خوبی انجام ندهد، عملکرد فرد در هماهنگی برای اجرای ضربه دچار اختلال می‌شود (۹). نردین و فرانکل^۲ (به نقل از ۸) در مطالعات خود نشان داده‌اند که بیشترین تغییر شکل در لیگامان صلیبی قدامی زمانی روی می‌دهد که زانو در حالت نزدیک به اکستنشن کامل به همراه انقباض عضله چهارسرانی است. شولتز^۳ و همکاران (به نقل از ۱۰) برای نخستین بار ارتباطات حسی- مکانیکی^۴ در رباط‌های صلیبی را نشان دادند؛ بدین ترتیب که گیرنده‌های حس عمقی در این رباط‌ها ارتباط نزدیکی با سیستم گامای دوک عضلانی دارد که اعصاب آوران دوک عضلانی نیز در کنترل هماهنگی حرکتی عضلات درگیر در حرکت شرکت می‌کنند. این هماهنگی به صورت پیش‌تنظیمی، سختی عضلانی در عضلات درگیر در مفاصل زانو و همچنین در ثبات مفصلی مشارکت می‌کند و بدین ترتیب، در مهارت‌های حرکتی مانند ضربه‌ها با حمایت عضلات آگونیست^۵ و آنتاگونیست^۶ به کنترل حرکتی مفصل شرکت‌کننده در حرکت می‌پردازد. از طرفی، بازسازی آسیب لیگامان صلیبی قدامی اطلاعات بازخوردی تضعیف‌شده‌ای در مورد وضعیت مفصل و شتاب آن به سیستم عصبی مرکزی گزارش می‌دهد که این امر تغییراتی را در الگوی هماهنگی فرد ایجاد می‌کند. این تغییرات می‌تواند شامل ثبات کمتر و تغییرپذیری بیشتر در اجرای مهارت‌ها نسبت به افراد سالم باشد (۱۱). با توجه به این مطالب و از آنجاکه ضربه شوت کاشته از جمله تکالیف سرعتی می‌باشد، سیستم کنترل حلقه باز با فراخوان برنامه حرکتی تغییر یافته مواجه خواهد شد؛ زیرا، اطلاعات آورانی ناشی از لیگامان صلیبی قدامی بازسازی شده می‌تواند پارامترهای تغییرپذیر در برنامه حرکتی تعمیم‌یافته را تغییر دهد. از جمله این پارامترها می‌توان به زمان یا نیروی کل حرکت اشاره کرد. از منظر سیستم‌های پویا، برای درک تغییرات در الگوهای حرکت می‌توان به پارامترهای ترتیب و پارامترهای کنترل اشاره کرد. این دیدگاه به ثبات به حالت پایای رفتاری در یک سیستم اشاره دارد. موضوع ثبات، عقیده به تغییرپذیری را در برمی‌گیرد؛ البته با در نظر گرفتن این نکته که وقتی در یک سیستم اختلال ایجاد می‌شود، سیستم خودبه‌خود با یک حالت خودسازمانی به وضعیت باثبات بازمی‌گردد. این وضعیت‌های باثبات نشان‌دهنده‌های الگوهای حرکتی هماهنگ هستند که به صورت خودبه‌خود شکل می‌گیرند و وضعیت پایدار جدید را به وجود می‌آورند. این حالت‌های پایا در سیستم‌ها،

-
1. Anterior Cruciate Ligament
 2. Nordin & Frankel
 3. Schults
 4. Mechanoreceptor
 5. Agonist
 6. Antagonist

با عنوان جاذب‌ها شناخته شده‌اند که امکان وضعیت‌های بهینه با انرژی کارآمد را به سیستم می‌دهند. همچنین، یک راهبرد آجبرانی عضلانی هنگام آسیب ایجاد می‌کند که اثر تطابقی در جهت حفظ عضو آسیب‌دیده خواهد داشت (۱۲).

از دیدگاه کنترل حرکتی، سیستم عصبی مرکزی حرکات هر عضو را هنگام تسلط یافتن بر مهارت با آزاد کردن درجات آزادی کنترل می‌کند. با توجه به نظر برنشتاین^۱، هرگونه کاهشی در درجات آزادی زنجیره کینماتیکی در کنترل حرکت را کوتاه‌تر می‌کند و بنابراین، کنترل حرکت با سهولت بیشتری انجام می‌گیرد. کانزاک^۲ و همکاران (به نقل از ۱۳) نشان دادند که محدود کردن درجات آزادی موجب فعال شدن عضلات مخالف در کنترل حرکت می‌شود و مفهوم محدود شدن درجات آزادی به معنی افزایش تنش عضلات مؤثر در حرکت خواهد بود، نه کاهش در دامنه حرکتی مفصل.



شکل ۱- لیگامان‌های زانو

در پژوهش‌های انجام شده در زمینه افرادی که دچار پارگی لیگامان صلیبی قدامی شده‌اند، نشان داده شد که آن‌ها الگوهای حرکتی تطابقی خود را با افزایش فعال‌سازی عضلات همسترینگ^۳ و خم کردن بیشتر مفصل زانو در حالتی که زانو تحت فشار است، تغییر می‌دهند. این مطلب نشان می‌دهد که در چنین مواردی برنامه حرکتی برای فعالیت‌ها تغییر می‌کند و به‌طور غیرمستقیم از انعطاف‌پذیری کنترل حرکتی حمایت می‌کند (۱۴).

1. Attractors
2. Strategy
3. Bernstein
4. Konczak
5. Hamstring Muscles

پژوهشگران نشان داده‌اند که افراد با نقص لیگامان صلیبی قدامی برای افزایش پایداری عملکردی زانو از راهبردهای جبرانی عصبی-عضلانی کمک می‌گیرند. گروهی از آن‌ها نیز پیشنهاد کرده‌اند که بازسازی لیگامان صلیبی قدامی عملکرد اغلب افراد را به‌طور کوتاه‌مدت بهبود می‌بخشد و ناپایداری بلندمدت را که می‌تواند به آسیب ساختارهای داخلی زانو منجر شود، کاهش دهد (۱۵). این مطلب پذیرفته شده است که جراحات‌های اصلی زانو موجب وارد شدن آسیب به گیرنده‌های عمقی و اعصاب حسی می‌شود که این امر ممکن است عملکرد کنترل حرکتی مفصل زانو را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به اطلاعات ما در این زمینه و با وجود اهمیت لیگامان صلیبی قدامی در کنترل حرکت و تنظیم حرکت مفاصل، پژوهش‌های اندکی در مورد عملکرد کنترل حرکت اندام تحتانی پس از عمل جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی انجام شده است (۱۶) و بیشتر پژوهش‌ها در زمینه مهارت‌های فوتبال روی افراد سالم صورت گرفته است که از جمله این مهارت‌ها ضربه شوت کاشته است. مکین و تامیلتی (۱۷) به جست‌وجوی تفاوت‌های احتمالی در برخی مشخصات کینماتیکی ضربه شوت کاشته و ضربه شوت چپ با پای برتر و غیربرتر پرداختند. آن‌ها تفاوت‌های معناداری را در برتری جانبی برای هر دو نوع ضربه گزارش دادند. بارفیلد و بینگ^۴ (۱۸) تفاوت‌های جنسیتی را در مشخصه‌های کینماتیکی ضربه شوت کاشته بین زنان و مردان جست‌وجو کردند. همچنین، نانومی^۳ و همکاران (۱۹) به تفاوت‌های کینماتیکی ضربه شوت کاشته و شوت بغل پا پرداختند و در سال‌های بعد، کلی^۴ و همکاران (۲۰) به بررسی بیومکانیکی پای اتکا با سه زاویه نزدیک شدن متفاوت پرداختند. در پژوهش‌های دیگر، مانند مطالعه گوکتپ^۵ و همکاران (۲۱) به آنالیزهای کینماتیک در مورد ضربه‌های متفاوت مانند ضربه شوت پنالتی به هدف‌های مشخص شده و با موقعیت فضایی متفاوت پرداخته شده است. همچنین، قیدی و صادقی (۲۲) و ایشی^۶ و همکاران (۲۳) به مقایسه شاخص‌های کینماتیکی ضربه‌های کاشته موفق و ناموفق و نیز به عوامل کنترلی تأثیرگذار بر سرعت توپ در ضربه کاشته پرداخته‌اند. در سال‌های اخیر نیز بارنس^۷ و همکاران (۲۴) به مقایسه برخی شاخص‌های کینماتیکی در ضربه شوت به توپ ساکن و توپی که از زوایای گوناگون در حال غلتیدن است پرداخته‌اند. آن‌ها در پژوهش خود تفاوت معناداری را در زوایای زانو و ران و سرعت زاویه‌ای ران و زانو برای پای ضربه‌زننده برای حالت‌های ذکر شده گزارش نکردند. با مطالعه پژوهش‌های گوناگون در زمینه کنترل مهارت‌های

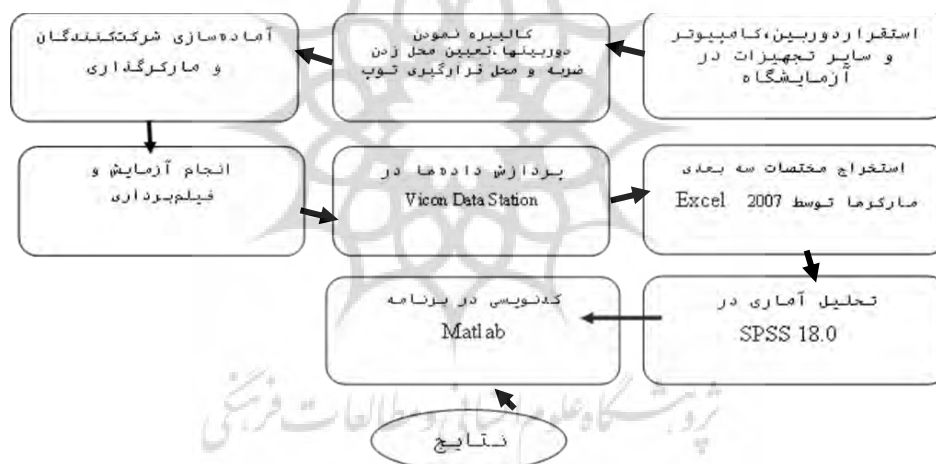
-
1. McLean & Tumilty
 2. Barfield & Bing
 3. Nunome
 4. Killy
 5. Goktepe
 6. Ishii
 7. Barnes

متفاوت در رشته ورزشی فوتبال کمبود تجزیه و تحلیل‌های مهارت‌های متفاوت در بازیکنانی مشاهده می‌شود که پس از آسیب به میدان‌های ورزشی بازگشتند. در کشور ما نیز فوتبال پرطرفدارترین ورزش است و آمار افراد آسیب‌دیده از ناحیه لیگامان صلیبی قدامی از آمار جهانی گزارش شده کمتر نیست. همچنین، میزان پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تکنیک‌های بازی فوتبال به‌منظور بالا بردن دانش مربیان و توان‌بخشان ورزشی بسیار کم است و از نظرها دور مانده است و موفقیت در ورزش در گرو موارد بسیار زیادی از جمله اجرای تکنیک‌های مهم در آن ورزش است؛ بنابراین، رسیدن به درک عمیق از عوامل تعیین‌کننده کنترل حرکت و همچنین موفقیت، برای مربیان، متصدیان و فیزیوتراپ‌های ورزشی از اهمیت زیادی برخوردار است (۲۵).

در پژوهش کاربردی حاضر سعی شده است به تبیین و مقایسه کنترل حرکتی ضربه کاشته شوت فوتبال در بازیکنان سالم و آسیب‌دیده‌ای که عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی را انجام داده‌اند، پرداخته شود و به این سؤال پاسخ داده می‌شود که آیا پس از عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی الگوهای کنترل حرکتی مشابه با افراد سالم است؟ درمانگران ورزشی می‌توانند با استفاده از نمودارهای هماهنگی حرکت برای تعیین اثربخشی یک دوره برنامه تمرینی ویژه توسط مربی، برای کمک به ورزشکار در کسب الگوی حرکتی مؤثر استفاده کنند. همچنین، مربیان ورزشی هنگام کار با ورزشکاران خود به‌منظور پیشرفت کیفیت اجرای آن‌ها یا اصلاح اشکالات کوچک موجود در الگوی کنترل حرکتی، این نمودارها را مفید خواهند یافت. در این مطالعه آسیب لیگامان صلیبی قدامی و بازسازی آن به‌عنوان یک محدودکننده حرکت که ممکن است باعث ایجاد تغییر در راهبردهای الگوی هماهنگی شود، بررسی می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند اطلاعات مفیدی را درباره مکانیسم‌های کنترل و پارامترهای الگوی هماهنگی در این تکنیک مهم در رشته ورزشی فوتبال فراهم آورد. شاخص‌های فرایندمدار به تسهیل توصیف‌های دقیق‌تری از حرکت منجر می‌شوند که در واقع برای سنجش تغییر در هماهنگی حرکت به‌کار می‌روند که از آن جمله شاخص‌های کینماتیکی هستند که به پژوهشگران امکان کمی کردن شاخص‌های عینی را می‌دهند و مربیان با دادن بازخوردهای مناسب به بازیکنان می‌توانند به اجرای بهتر و جلوگیری از آسیب مجدد کمک کنند؛ زیرا، تغییرات در الگوی هماهنگی به مرور زمان روی می‌دهد و امکان آسیب مجدد در این بازه زمانی وجود دارد که مربی می‌تواند این بازه زمانی را کاهش دهد و در نتیجه از آسیب مجدد جلوگیری کند (۲۶). همچنین، یافته‌های این پژوهش می‌تواند برای گسترش کارایی روش آموزشی بسیار مفید باشد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر مطالعه‌ای کاربردی از نوع پژوهش‌های نیمه تجربی و آزمایشگاهی با دو گروه آزمایشی و گروه کنترل است. شرکت‌کنندگان در این مطالعه ۲۴ فوتبالیست نخبه و شاغل در باشگاه‌های لیگ کشور در سال ۹۱-۱۳۹۰ بودند که در گروه سالم و گروه افرادی که عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی داشته‌اند، قرار گرفتند. گروه سالم ۱۲ فوتبالیست سالم (سن: $1/2 \pm 25/87$ سال، قد: $4/6 \pm 180/7$ سانتی‌متر و وزن: $5/1 \pm 77/25$ کیلوگرم) بودند و گروه دیگر ۱۲ فوتبالیست بودند که عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی داشتند و حداقل دو سال از عمل بازسازی آن‌ها گذشته بود (سن: $1/39 \pm 25/25$ سال، قد: $5/0 \pm 181/37$ سانتی‌متر و وزن: $8/02 \pm 76/12$ کیلوگرم). تمام فوتبالیست‌ها برتری پای راست داشتند و مصدومیت و جراحی جدی در شش ماه گذشته نداشتند. روند کلی انجام پژوهش در شکل شماره یک نشان داده شده است:

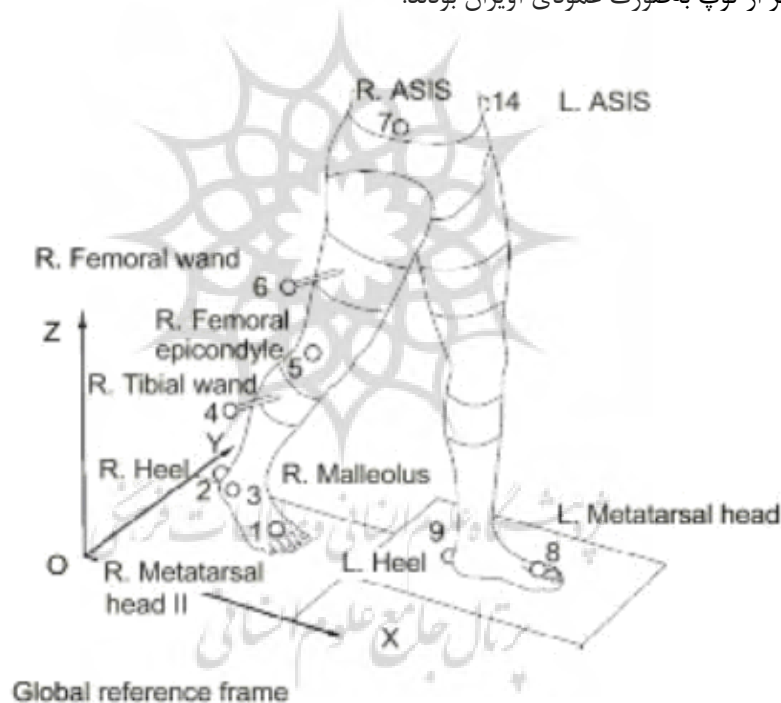


شکل ۱- روند کلی انجام پژوهش

برای ثبت اطلاعات ناشی از حرکات اندام تحتانی هنگام ضربه شوت کاشته از سیستم آنالیز حرکتی^۱ با پنج دوربین دیجیتال استفاده شد. دوربین‌های به کاررفته وایکون ویکم^۲ ۴۶۰۲ با فرکانس ۲۰۰ هرتز و ساخت شرکت وایکون^۳ انگلیس بودند. برای اینکه حرکت اندام هنگام ضربه شوت کاشته برای

1. Mmotion Analysis System
2. Vicon Vcam
3. VICON

دوربین‌ها قابل‌شناسایی باشد، از نشانگرهایی از نوع غیرفعال و بازتابنده به قطر ۱۴ میلی‌متر استفاده کردیم (شکل شماره دو). بدین‌منظور نشانگرها را به‌وسیله چسب دوطرفه در نقاط مشخص آناتومیکی مطابق روش هلن-هایس^۱ روی اندام و مفاصل مدنظر نصب کردیم (شکل شماره سه). برای ثبت اطلاعات قبل از انجام هرگونه حرکتی، آزمون کالیبراسیون استاتیکی و دینامیکی دقیق اجرا شد. سیکل موردبررسی در این پژوهش از لحظه برخورد پاشنه پای اتکا با زمین تا لحظه برخورد پای ضربه‌زننده با توپ است. تمامی ضربه‌ها در محیط آزمایشگاه روی کفپوش با کفش آدیداس سالنی و با توپ استاندارد سایز پنج موردتأیید فیفا (FIFA approved size 5, mass=0.435kg, 900hPa) انجام شد. برای کنترل توپ از دو رشته تور دروازه فوتبال استفاده شد که به فاصله نیم‌متر از هم و به فاصله پنج متر از توپ به‌صورت عمودی آویزان بودند.



شکل ۲- مارکرهای غیرفعال بازتابنده

1. Helen-Hayes
2. Ground Contact (G C)
3. Ball Impact (B I)



شکل ۳- مارکرگذاری براساس روش هلن-هایس

به منظور جمع آوری اطلاعات، بازیکنان به مدت ۱۰ دقیقه حرکات کششی و گرم کردن عمومی را انجام دادند. برای آمادگی بیشتر شرکت کنندگان از هر شرکت کننده خواسته شد پنج ضربه کاشته برای گرم شدن بزنند. توپ روی زمین و به فاصله پنج متر از هدف (1.5 m × 1.5 m) قرار داشت. هر شرکت کننده پس از سه قدم دورخیز و از آنجا که زاویه نزدیک شدن به توپ می تواند بر اندازه های کینماتیکی تأثیر بگذارد، با زاویه ۳۰ درجه نسبت به امتداد خطی که مرکز هدف را به توپ متصل می کرد، با حداکثر قدرت به توپ ضربه می زد. منطقه هدف که از سطح زمین نیم متر فاصله داشت، به شکل یک مربع روی توری که برای مهار توپ در نظر گرفته شده بود، به صورت رنگی نمایان بود. هر شرکت کننده سه ضربه شوت کاشته انجام داد؛ بنابراین، پس از هر ضربه، فیلم توسط پژوهشگران بازنگری و در صورت تأیید، ضربه های بعدی زده می شدند. ضربه های خارج از منطقه هدف ثبت نمی شدند.

پس از ثبت حرکات توسط دوربین های دیجیتال، با استفاده از نرم افزار تحلیل حرکت وایکون^۲ مختصات سه بعدی نشانگرها در هر لحظه از حرکت ثبت شد، اطلاعات سینماتیک حرکت استخراج شد و در فایل اکسل^۳ ۲۰۰۷ ذخیره گردید.

برای مقایسه مقادیر زوایای مفاصل در دو نقطه از حرکت بین گروه های تجربی و کنترل و همچنین، برای مقایسه دامنه حرکتی مفاصل ران، زانو و مچ پا از نرم افزار اس.پی.اس.اس. نسخه ۱۸ و آزمون آماری تحلیل واریانس چندمتغیره (مانوا) در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

-
1. Warm up
 2. ViconWork Station
 3. EXCEL
 4. SPSS

نتایج

در جدول شماره ۱ یک مشخصات فردی و برخی اندازه‌های آنتروپومتری آزمودنی‌های گروه سالم و گروهی که عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی انجام دادند (گروه ACLR)، آورده شده است. با توجه به نتایج آزمون آماری مانوا مربوط به مشخصات فردی دو گروه، در هیچ‌یک از متغیرها تفاوت معناداری بین دو گروه مشاهده نشد ($P > 0.05$). همچنین، با توجه به مقادیر میانگین و انحراف معیار برای قد، طول اندام و ... تفاوت بسیار کم و همگنی زیادی با توجه به آزمون لون مشاهده شد ($P > 0.05$).

جدول ۱- مشخصات فردی آزمودنی‌های گروه‌های سالم و ACLR

| گروه | تعداد | سن (سال) | وزن (کیلوگرم) | قد (سانتی‌متر) | طول پا (سانتی‌متر) | قطر زانو (سانتی‌متر) | قطر مچ پا (سانتی‌متر) |
|------|-------|------------|---------------|----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| ACLR | ۱۲ | ۲۵/۲۵±۱/۳۹ | ۷۶/۱۲±۸/۰۲ | ۱۸۱/۳±۵/۰ | ۹۴/۰۰±۳/۷ | ۱۰/۰±۷/۶۷ | ۷/۰±۵/۳۵ |
| سالم | ۱۲ | ۲۵/۸۷±۱/۲ | ۷۷/۲۵±۵/۱ | ۱۸۰/۷±۴/۶ | ۹۳/۴±۳۷/۱ | ۱۰/۰±۶/۴۹ | ۷/۰±۵/۲۳ |

سیکل بررسی شده برای آنالیز حرکت در این پژوهش از لحظه تماس پاشنه پای اتکا (GC) تا لحظه تماس پای ضربه‌زننده به توپ (BC) است. میانگین زمان این سیکل برای آزمودنی‌های گروه ACLR $۱۳۵ \pm ۴/۱$ میلی‌ثانیه و برای گروه سالم $۱۲۵ \pm ۵/۲$ میلی‌ثانیه به دست آمد. آزمون لون همگنی واریانس را در دو گروه تأیید کرد ($P > 0.05$). نتایج آماری تحلیل واریانس نشان داد که گروه ACLR به‌طور معناداری حرکت را آهسته‌تر انجام می‌دادند ($P = 0.000$).

میزان انحراف دو قطعه اندام متصل به هم نسبت به یکدیگر، مشخص‌کننده زاویه مفصل بین دو عضو است. این تعریف برای مفاصلی مانند زانو و مچ پا کاملاً مشخص است، ولی برای ران میزان انحراف آن نسبت به امتداد تنه در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، مقادیر مثبت نشان‌دهنده‌های پیراکستنشن ران و مقادیر منفی نشان‌دهنده‌های فلکشن ران است. آزمون مانوا تفاوت معناداری را برای زوایای ران، زانو و مچ پا در دو لحظه GC و BI نشان داد ($P_{\text{wilks}}(6,17) = 0.000$). همان‌طور که در جدول شماره ۲ دو مشاهده می‌شود، تفاوت معناداری در میزان زوایای ران، زانو و مچ پای ضربه‌زننده هنگام تماس پای اتکا، بین گروه‌های سالم و ACLR وجود دارد، اما هنگام تماس پای ضربه‌زننده با توپ تفاوت معناداری برای زاویه ران مشاهده نشد ($P = 0.26$)؛ هرچند تفاوت معناداری برای زاویه زانو و مچ پا در لحظه BI به دست آمد ($P < 0.05$).

1. Anterior Cruciate Ligament
2. Levene

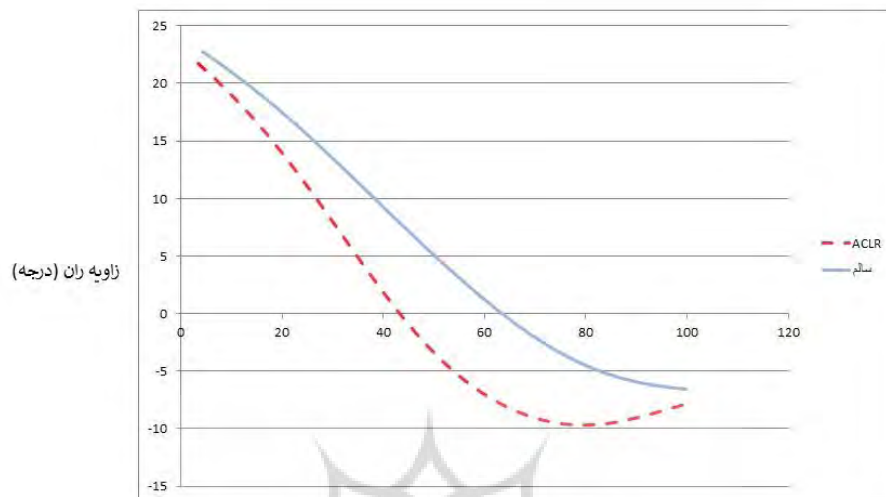
جدول ۲- نتایج آزمون تحلیل واریانس بین گروهی برای مقادیر زوایای ران، زانو و مچ پا در لحظه GC و BI

| متغیر | گروه | تعداد | ± میانگین انحراف معیار (درجه) | ضریب اتا | F | درجه آزادی | معناداری | توان آزمون |
|-------------------------------|------|-------|-------------------------------------|-------------|--------|---------------|----------|---------------|
| زاویه ران هنگام GC | ACLR | ۱۲ | ۲۱/۰±۲۵/۶۶ | ۰/۴۱ | ۱۵/۳۹ | ۱ | * / ۰/۰۱ | ۰/۹۶ |
| | سالم | ۱۲ | ۲۲/۰±۲۵/۵۷ | | | | | |
| زاویه ران هنگام BI | ACLR | ۱۲ | -۸/۰±۱۳/۷۷ | ۰/۰۵ | ۱/۲۸ | ۱ | ۰/۲۶ | ۰/۱۹ |
| | سالم | ۱۲ | -۷/۰±۷۲/۹۸ | | | | | |
| زاویه زانو هنگام GC | ACLR | ۱۲ | ۹۹/۱±۷۰/۴۴ | ۰/۲۹ | ۸/۷۷ | ۱ | * / ۰/۰۷ | ۰/۸۰ |
| | سالم | ۱۲ | ۱۰/۱±۴۴/۴۳ | | | | | |
| زاویه زانو هنگام BI | ACLR | ۱۲ | ۱۴۵/۴±۱۳/۶۶ | ۰/۸۰ | ۹۰/۲۰ | ۱ | * / ۰/۰۰ | ۱ |
| | سالم | ۱۲ | ۱۶۵/۵±۴۹/۸۵ | | | | | |
| زاویه مچ پا هنگام GC | ACLR | ۱۲ | ۱۱۹/۱±۵۵/۲۴ | ۰/۸۱ | ۹۴/۷۲ | ۱ | * / ۰/۰۰ | ۱ |
| | سالم | ۱۲ | ۱۲۳/۰±۴۷/۶۳ | | | | | |
| زاویه مچ پا هنگام BI | ACLR | ۱۲ | ۱۲۵/۱±۱۶/۰۰ | ۰/۹۳ | ۳۲۵/۵۳ | ۱ | * / ۰/۰۰ | ۱ |
| | سالم | ۱۲ | ۱۱۸/۰±۵۸/۷۶ | | | | | |

*: معناداری در سطح $P < 0.05$

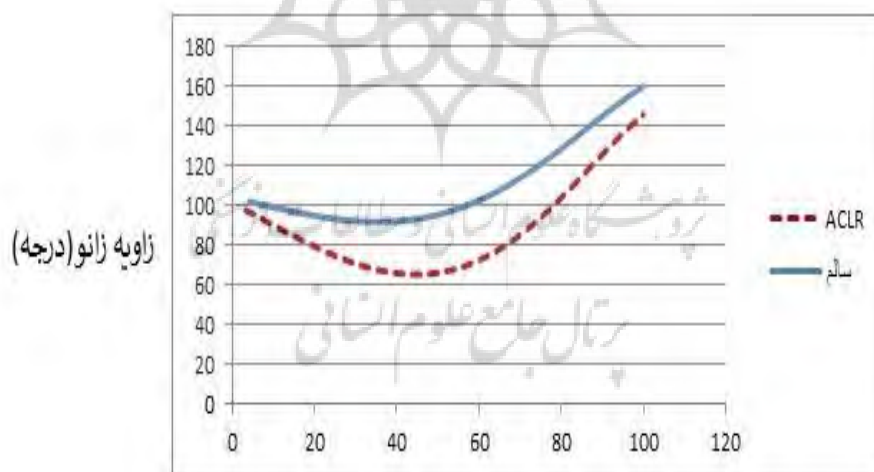
چگونگی تغییرات اندازه زاویه مفاصل ران، زانو و مچ پا در شکل‌های زیر در سیکل موردبررسی در هر لحظه از حرکت، در هر دو گروه آزمودنی به‌خوبی مشاهده می‌شود. محور عمودی مقادیر زوایا را برحسب درجه و محور افقی درصدی از حرکت را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی



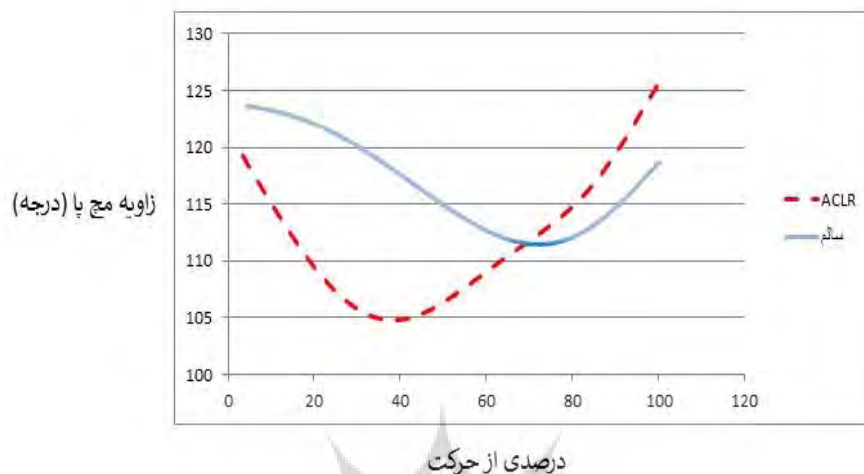
درصدی از حرکت

شکل ۴- تغییر زوایای ران در گروه‌های سالم و ACLR



درصدی از حرکت

شکل ۵- تغییر زوایای زانو در گروه‌های سالم و ACLR



شکل ۶- تغییر زوایای مچ پا در گروه‌های سالم و ACLR

با توجه به اختلاف‌های مشاهده شده در نمودارهای ترسیم شده هنگام ضربه شوت کاشته و با استفاده از آزمون تحلیل واریانس چندگانه، دامنه حرکتی مفاصل ران، زانو و مچ پای آزمودنی‌های دو گروه مقایسه شد. نتایج آزمون مانوا تفاوت معناداری را برای دامنه حرکتی مفاصل نشان داد (P=0.000). براساس جدول شماره سه، برای دامنه حرکتی مفاصل ران در دو گروه سالم و ACLR تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود (P=0.32)، ولی برای دامنه حرکتی زانو و مچ پا در دو گروه اختلاف‌ها معنادار شد (P=0.000).

جدول ۳- نتایج آزمون تحلیل واریانس بین گروهی برای دامنه حرکتی مفاصل در دو گروه

| متغیر | گروه | تعداد | میانگین ± انحراف معیار | ضریب اتا | F | درجه آزادی | معناداری | توان آزمون |
|-------------------|------|-------|---------------------------|-------------|--------|---------------|----------|---------------|
| دامنه حرکتی ران | ACLR | ۱۲ | ۲۹/۰ ± ۷۲/۶۳ | ۰/۰۴ | ۱/۰۰ | ۱ | ۰/۳۲ | ۰/۱۶ |
| | سالم | ۱۲ | ۳۰/۱ ± ۲۷/۰۱ | | | | | |
| دامنه حرکتی زانو | ACLR | ۱۲ | ۸۰/۲ ± ۷۷/۸۷ | ۰/۷۵ | ۶۹/۰۶ | ۱ | *۰/۰۰ | ۱ |
| | سالم | ۱۲ | ۷۱/۲ ± ۲۵/۷۳ | | | | | |
| دامنه حرکتی مچ پا | ACLR | ۱۲ | ۲۰/۰ ± ۳۹/۷۵ | ۰/۹۶۸ | ۶۶۵/۸۶ | ۱ | *۰/۰۰ | ۱ |
| | سالم | ۱۲ | ۱۲/۰ ± ۴۰/۹۲ | | | | | |

*: معناداری در سطح $P < 0.05$

همچنین، یکی دیگر از اندازه‌گیری‌ها در این پژوهش سرعت زاویه‌ای (مشتق معادله حرکت در سیستم قطبی در هر لحظه) ران و ساق پا در لحظه تماس پای ضربه‌زننده با توپ است که نتایج آن در جدول شماره چهار آورده شده است. آزمون تحلیل واریانس مانوا برای مقادیر سرعت زاویه‌ای (برحسب رادیان بر ثانیه) برای زانو و مچ پا نتایج متفاوتی را نشان داد ($P_{\text{wilks}}(2,13) = 0.000$). همان‌طور که در جدول شماره چهار مشاهده می‌شود، برای سرعت زاویه‌ای ران در گروه‌های سالم و ACLR تفاوت معنادار مشاهده نشد ($P = 0.069$)؛ در حالی که سرعت زاویه‌ای قطعه ساق پا در گروه سالم با گروه ACLR تفاوت معنادار داشت ($P = 0.000$).

جدول ۴- نتایج آزمون تحلیل واریانس بین‌گروهی سرعت زاویه‌ای ران و ساق پا

| متغیر | گروه | تعداد | میانگین \pm انحراف معیار | F | درجه آزادی | توان آزمون | معناداری |
|----------------------|------|-------|----------------------------|-------|------------|------------|----------|
| سرعت زاویه‌ای ران | ACLR | ۱۲ | ۲/۰ \pm ۶۶/۴۴ | ۳/۸۸ | ۱ | ۰/۴۵ | ۰/۰۶۹ |
| | سالم | ۱۲ | ۳/۰ \pm ۰۷/۳۹ | | | | |
| سرعت زاویه‌ای ساق پا | ACLR | ۱۲ | ۱۹/۱ \pm ۸۸/۰۲ | ۳۰/۷۰ | ۱ | ۰/۹۹ | ۰/۰۰۰* |
| | سالم | ۱۲ | ۲۳/۱ \pm ۴/۴۷ | | | | |

*: معناداری در سطح $P < 0.05$

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی الگوی حرکتی اندام تحتانی در ضربه شوت کاشته فوتبال در بازیکنان نخبه سالم و بازیکنانی بود که عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که شاخص‌های کینماتیکی ضربه شوت کاشته در دو گروه تفاوت معنادار داشت. با توجه به پیشینه پژوهش در زمینه متغیرهای کینماتیکی ضربه کاشته شوت فوتبال، در اغلب مطالعات مکانیسم‌های موردبررسی در افراد سالم بوده است که بیشتر به مقایسه تفاوت‌های جنسیتی، تفاوت‌ها در انواع شوت، تفاوت در سطوح متفاوت مهارت و ... پرداخته شده است و در هیچ‌یک از آن‌ها متغیر آسیب مشاهده نمی‌شود. در اغلب پژوهش‌ها که به بررسی هماهنگی حرکت پس از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی پرداخته شده است، از تکالیف ساده و عمومی مانند پرش با دو پا، پرش با یک پا، پرش از ارتفاع معین روی زمین، راه رفتن و سسکه‌دویدن استفاده شده است و به بررسی تفاوت‌ها در مکانیسم انجام این تکالیف با گروه‌های سالم پرداخته شده است، ولی در این پژوهش از یک تکلیف کاملاً تخصصی استفاده شده است و برای اولین بار به تجزیه و تحلیل مهارت ضربه شوت کاشته در بازیکنان ACLR پرداخته شده است. با توجه به میانگین مقادیر زمان انجام تکلیف در دو گروه یعنی

۴/۱ ± ۱۳۵ میلی ثانیه برای گروه ACLR و ۵/۲ ± ۱۲۵ میلی ثانیه برای گروه سالم و با توجه به سرعت بالای تکلیف و بررسی نظریه‌های برنامه حرکتی، می‌توان نتیجه گرفت که این حرکات به روش زنجیره و حلقه باز کنترل می‌شوند و به بازخورد متکی نیستند؛ بنابراین، می‌توان اجرای این مهارت را به‌طور مرکزی و در برنامه حرکتی سازمان داد. همچنین، با توجه به اینکه افراد سالم نسبت به گروه آسیب‌دیده مهارت را با سرعت بیشتری انجام دادند، می‌توان نتیجه گرفت که گروه آسیب‌دیده از نیرو به‌عنوان یک پارامتر کنترلی برنامه حرکتی تعمیم‌یافته کمتر بهره برده است. براساس دیدگاه سیستم‌های پویا نیز می‌توان نتیجه گرفت که گروه آسیب‌دیده از درجات آزادی محدود شده‌ای در شکل الگوی سازمان‌یافته جدیدی برای اجرای مهارت استفاده می‌کند؛ زیرا، مهارت را به‌طور معناداری از گروه سالم آهسته‌تر انجام می‌دهد. با توجه به نمودار زوایای اندام در شکل‌های شماره چهار، شماره پنج و شماره شش و تشابه آن‌ها می‌توان پی برد که در برنامه حرکتی تعمیم‌یافته، بازسازی آسیب لیگامان صلیبی قدامی می‌تواند به‌عنوان یک پارامتر بر زوایا تأثیر بگذارد؛ زیرا، طبق نظر اشمیت^۱ (۱۲)، اجراکننده ماهر ظاهراً حرکت را از پیش سازمان‌دهی می‌کند تا بتواند از ابتدا آن را به‌درستی انجام دهد و نیاز نداشته باشد حرکت را تغییر دهد یا آن را اصلاح کند؛ بنابراین، تمامی پارامترها را از قبل سازمان‌دهی می‌کند. با توجه به نمودارهای تغییرات زوایا هنگام ضربه و از آنجاکه طبق اصل حرکت اندام برای ضربه شوت کاشته می‌توان گفت حرکت در اندام تحتانی از قطعه‌های اندام نزدیک به تنه شروع می‌شود و به اندام انتهایی ختم می‌شود (۲۷)؛ بنابراین، در ضربه‌های سریع قدرت ایجادشده از طرف ران و ساق به پا منتقل می‌شود و بازیکن با قفل کردن هرچه بیشتر مفصل مچ پا در حرکت دورسی فلکشن نیرو را به توپ منتقل کند. تغییر زوایا در مچ پای گروه سالم و مشاهده مکانیسم قفل شدن هنگام نوسان پای ضربه‌زننده در این گروه نسبت به گروه ACLR به‌خوبی دیده می‌شود؛ زیرا، تغییر زوایا و دامنه حرکتی مچ پا در این گروه به‌طور معناداری از گروه ACLR کمتر است که این مطلب با نظر ناسیا^۲ (به نقل از ۲۶) در افراد سالم همسوست. با توجه به پژوهش بان^۳ و همکاران (۲۸) تنها ۱۵ درصد از انرژی تولیدشده توسط اندام‌ها در انتها توسط پا به توپ منتقل می‌شود. در افرادی که جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی انجام داده‌اند، از آنجاکه ۸۵ درصد از این نیرو را اندام‌ها باید جذب کنند، مکانیسم قفل شدن در مفصل مچ پا دیده نمی‌شود و حرکت مچ در دامنه حرکتی بیشتری مشاهده می‌شود. با توجه به شکل شماره شش، مقادیر زوایای مچ پا در دو

-
1. Schmitt
 2. Nathia
 3. Baune

گروه بیانگر مکانیسمی محدود شده^۱ برای گروه سالم و عکس آن، یعنی مکانیسمی آزاد شده^۲ برای گروه آسیب دیده است. آزاد شدن درجات آزادی که مکانیسمی خودسازمان یافته است، می تواند با کاهش فشار بر لیگامان صلیبی قدامی از آسیب مجدد آن جلوگیری کند و نقشی محافظتی ایفا کند؛ بنابراین، در مفصل مچ پا مکانیسمی پیش بینی نشدنی در موضوع درجات آزادی به وقوع می پیوندد. با توجه به مقادیر ارائه شده برای زوایا و دامنه حرکتی مفصل زانو در جدول های شماره دو و شماره سه، وجود اختلاف معنادار در دامنه حرکت، زاویه زانو هنگام GC و زاویه زانو هنگام BI در دو گروه دیده می شود. در گروه ACLR در ابتدا مقادیر فلکشن بیشتری برای زانو دیده می شود، ولی هنگام تماس با توپ زاویه زانو به طور معناداری کمتر گزارش شده است. بان و همکاران (۲۸) در بررسی خود نشان دادند که فشار وارد شده به لیگامان صلیبی قدامی در زوایای اولیه فلکشن بیشتر است و نتایج پژوهش حاضر با یافته مطالعه آنها همسوست؛ زیرا، مکانیسم حرکت طوری تنظیم می شود که زاویه زانو هنگام تماس توپ با پا فلکشن بیشتری داشته باشد تا فشار کمتری به لیگامان صلیبی قدامی وارد شود. این مکانیسم جبرانی از آسیب دوباره به لیگامان صلیبی قدامی جلوگیری می کند؛ به عبارتی، دامنه حرکتی زانو در بازیکنان ACLR به سمت فلکشن بیشتر شیفت پیدا می کند. با توجه به مقادیر زاویه زانو هنگام ضربه به توپ، افراد آسیب دیده به طور معناداری حرکت را محدود می کنند و از درجات آزادی حرکت کاسته شده است؛ در حالی که گروه سالم از درجات آزادی بیشتری بهره می برند. این مکانیسم در مفصل آسیب دیده به شکل کاملاً معکوس نسبت به مفصل مچ پا روی می دهد که با نظر کانزاک^۳ (۱۳) همسوست. وی بیان می کند در تکالیف حرکتی چندمفصلی ممکن است برای درجات آزادی مکانیسم های معکوس اتفاق بیفتد. بان و همکاران (۲۸) به بررسی زاویه زانو هنگام فرود آمدن در زنان سالم و زنان ACLR پرداختند. آنها گزارش دادند که زاویه فلکشن زانو در گروهی که عمل بازسازی لیگامان صلیبی قدامی انجام دادند، به طور معناداری از گروه کنترل کمتر بود. آنها انقباض کمتر عضلات همسترینگ هنگام فرود در گروه زنان ACLR و انقباض هماهنگ همسترینگ در گروه زنان سالم را علت ایجاد این تفاوت ذکر کردند. این مکانیسم با مکانیسم شرح داده شده برای ضربه شوت کاشته متفاوت است که احتمالاً وجود دو عملکرد انقباضی متفاوت در عضلات چهارسرانی در دو تکلیف، یعنی انقباض اکسنتریک و کانسنتریک موجب این تفاوت شده است. همچنین، آزمودنی های پژوهش بان و همکاران زنان بودند؛ در حالی که در این پژوهش مردان شرکت کرده بودند.

-
1. Freezing
 2. Freeing
 3. Konczak

احتمالاً این تفاوت مکانیسمی ممکن است به تفاوت‌های مردان و زنان در مکانیسم‌های جبرانی مربوط باشد.

از مقادیر جدول‌های شماره دو و شماره سه دریافت می‌شود که اختلاف بسیار کمی در زوایا و دامنه حرکتی ران که اولین قطعه حرکتی برای اجرای ضربه شوت کاشته در اندام تحتانی است، مشاهده می‌شود. تفاوت‌های معناداری فقط هنگام GC در زاویه‌های پیر اکستنشن ران مشاهده می‌شود که گروه سالم نسبت به گروه ACLR از زاویه بیشتر عقب‌رفتن ران برای ایجاد ضربه کمک می‌گیرند. این امر ممکن است به ایجاد تفاوت در سرعت زوایای ران در دو گروه و در نهایت به ایجاد تفاوت معنادار در سرعت زوایای قطعه ساق در دو گروه منجر شده باشد. دانستن این مکانیسم جبرانی می‌تواند به پژوهشگران، بازیکنان و مربیان ورزشی به منظور تمرین، آموزش و انتخاب بازیکن مناسب برای تیم مورد رهبری کمک کند.

به‌طور کلی، با مقایسه متغیرهای ذکر شده می‌توان گفت که گروه ACLR در تمام سه قطعه بررسی شده طوری برنامه حرکتی را پارامتریزه می‌کنند که فشار کمتری به لیگامان صلیبی قدامی وارد شود. این اختلاف‌ها در ران کمترین اثر را دارد. سپس، هرچه به انتهای حرکت و اندام‌های دورتر می‌رسیم، این تغییرات در دو گروه بیشتر می‌شود؛ به‌طوری‌که ضربه‌ها تا بیانگر میزان تأثیر آسیب لیگامان صلیبی قدامی در ایجاد اختلاف برای زوایای مفاصل هنگام BI برای ران، زانو و مچ پا است؛ بنابراین، جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی می‌تواند در برنامه حرکتی یک زنجیره جنبشی باز، بیشترین تأثیر را در اندام‌های دورتر از تنه و کمترین تأثیر را در اندام‌های نزدیک به تنه داشته باشد.

اورتز و همکاران (۲۹) به بررسی زوایای ران و زانو هنگام پرش از سکوی ۳۰ سانتی‌متری پرداختند. آن‌ها از گروه زنان سالم و گروه زنانی که عمل جراحی بازسازی لیگامان صلیبی قدامی انجام دادند، استفاده کردند. آن‌ها در پژوهش خود به هیچ‌گونه تفاوت معنادار در مقدار زوایای ران و زانو اشاره نکردند ($P = 0.05$). آن‌ها نبود تفاوت معنادار را احتمالاً دوباره ذخیره‌شدن برنامه حرکتی این تکلیف ذکر کردند. این تکلیف نسبت به تکلیف ضربه کاشته شوت فشار کمتری به لیگامان صلیبی قدامی وارد می‌کند؛ بنابراین، نوع تکلیف می‌تواند تأثیر بسزایی در تغییر برنامه حرکتی پس از بازسازی لیگامان صلیبی قدامی داشته باشد.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده به بررسی نحوه فعال شدن عضلات درگیر در ضربه شوت کاشته به‌وسیله الکترومیوگرافی پرداخته شود. همچنین، می‌توان پژوهش‌های دیگری در مورد بررسی کینماتیکی و کینتیکی اندام فوقانی و بررسی کینتیکی پای ضربه‌زننده انجام داد.

منابع

1. Dvorak J, Junge A. Football injuries and physical symptoms. The American journal of sports medicine. 2000 Sep;28(5_suppl):3-9.
2. Sunami S, Maruyama T. Motion and EMG analysis of soccer-ball heading for the lateral direction. Football Science. 2008; 5:7-17.
3. Johnson P, Mariayyah P. Effect of selected hathayogic practices in enhancing kicking ability in soccer playing. Journal of Exercise Science and Physiotherapy. 2007 Dec 1;3(2):168-70.
4. Katis A, Giannadakis E, Kannas T, Amiridis I, Kellis E, Lees A. Mechanisms that influence accuracy of the soccer kick. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2013 Feb 1;23(1):125-31.
5. Kellis E, Katis A. Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. Journal of sports science & medicine. 2007 Jun;6(2):154.
6. Arpinar-Avsar P, Soyulu AR. Consistency in acceleration patterns of football players with different skill levels. Journal of sports science & medicine. 2010 Sep;9(3):382.
7. Bandyopadhyay A, Shaharudin S. Anterior cruciate ligament injuries in soccer players: an overview. International Journal of Sports Science and Engineering. 2009;3(1):50-64.
8. Cramer HM. *A kinetic and kinematic analysis of gender differences in the support leg during a place kick* (Master's thesis).2011.
9. Neumann, D. A. Kinesiology of the Musculoskeletal System. 2002; mosby, Elsevier.
10. Yosmaoglu HB, Baltaci G, Kaya D, Ozer H. Tracking ability, motor coordination, and functional determinants after anterior cruciate ligament reconstruction. Journal of sport rehabilitation. 2011 May 1;20(2): 207-18.
11. Leporace G, Metsavaht L, Oliveira LPD, Nadal J, Batista LA. Motor coordination during gait after anterior cruciate ligament injury: A systematic review of the literature. Revista Brasileira de Ortopedia. 2013;48(4):293-9.
12. Schmidt RA. Motor learning and practice from principles to practice. 1st edition. Trans Namazi Zadeh M, Kazem SM, preacher Mousavi. Tehran: Aram Publications; 2000. p. 137-45.
13. Konczak J, vander Velden H, Jaeger L. Learning to play the violin: Motor control by freezing, not freeing degrees of freedom. Journal of Motor Behavior. 2009;41(3):243-52.
14. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. Journal of athletic training. 2002 Jan;37(1):71.
15. Ortiz A, Olson S, Libby C, Etnyre B, Jackson E, Bartlett W, Kwon YH. Landing Mechanics Between Non-Injured Women and Women with ACL Reconstruction During a 40-cm Drop Jump: 1672Board# 162 May 30 2: 00 PM-3: 30 PM. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007 May 1;39(5): 268-9.
16. Denti M, Randelli P, Vetere DL, Moioli M, Bagnoli I, Cawley PW. Motor control performance in the lower extremity: normals vs. anterior cruciate ligament reconstructed knees 5–8 years from the index surgery. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2000 Sep 1;8(5):296-300.
17. McLean BD, Tumilty DM. Left-right asymmetry in two types of soccer kick. British Journal of Sports Medicine. 1993 Dec 1;27(4):260-2.
18. William Roy Barfield, Bing Yu. Kinematic Instep Kicking Difference Between Elite Female and Male Soccer Players. Journal of Sports Science and Medicine. 2002; 1:72-9.

19. Nunome H, Asai T, Ikegami Y, Sakurai S. Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002 Dec 1;34(12):2028-36.
20. Kellis E, Katis AT, Gissis IO. Knee biomechanics of the support leg in soccer kicks from three angles of approach. *Medicine and Science in sports and exercise*. 2004 Jun 1;36(6):1017-28.
21. Göktepe A, Karabörk H, Ak E, Çiçek Ş, Korkusuz F. Kinematic analysis of penalty kick in soccer. 2008;23(2): 262-4.
22. Gheidi N, Sadeghi H. Kinematic comparison of successful and unsuccessful instep kick in indoor soccer. *American Journal of Applied Sciences*. 2010;7(10):1334-40. (In Persian).
23. Hideyuki Ishii, ShizuoKatamoto, Takeo Maruyama. Theoretical study of factors affecting ball velocity in instep soccer kicking. *Journal of Applied Biomechanics*. 2012; 28:258-70.
24. Barnes S, Sterzing T, Ball K. Kinematic Comparison of Kicking A Stationary And Rolling Ball. In: *ISBS-Conference Proceedings Archive* 2013 Aug 29.
25. Rogan S, Hilfiker R, Clarys P, Clijisen R. Position-specific and team-ranking-related morphological characteristics in German amateur soccer players-a descriptive study. *International Journal of Applied Sports Sciences*. 2011;23(1):168-82.
26. Debra J, Rose, Robert W. Christina. Motor control. 1st edition. Trans Namazizadeh M, Jalali Sh. Tehran: Nursi Publications; 2008. p. 60-2
27. Eslami M, Damavandi M. Biomechanics and motion analysis. 1st edition. Tehran: Institute of Physical Education and Sport Sciences; 2015. p. 89-92. (In Persian).
28. Brittni Baune, Jennifer Henderson, Jenna Merchant, Jenna Merchant n. 3D knee kinematics and kinetics with visual disruption in subjects with ACL reconstruction. Available at: website: https://sophia.stkate.edu/dpt_papers/6 [cited 2011].
29. Ortiz A, Olson S, Libby C, Etnyre B, Jackson E, Bartlett W, Kwon YH. Landing Mechanics Between Non-Injured Women and Women with ACL Reconstruction During a 40-cm Drop Jump: 1672Board# 162 May 30 2: 00 PM-3: 30 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007 May 1;39(5): S268-9.

استناد به مقاله

امینی محمدمهدی، عرب‌عامری الهه، علیزاده محمدحسین، طباطبایی قمشه سیدفرهاد. مقایسه الگوی حرکتی اندام تحتانی بازیکنان فوتبال نخبه سالم و آسیب‌دیده پس از عمل جراحی بازسازی ACL هنگام اجرای ضربه کاشته شوت فوتبال. رفتار حرکتی. تابستان ۱۳۹۹؛ ۱۲(۴۰): ۶۴-۱۴۵. شناسه دیجیتال: 10.22089/mbj.2019.7299.1797

Amini M. M, Arabameri E, Alizadeh M. H, Tabatabaee Ghomshe S. F. Motor Coordination of Instep Soccer Kick in Elite Soccer Players after ACL Re-Construction Surgery. Motor Behavior. Summer 2020; 12 (40): 145-64. (In Persian). Doi: 10.22089/mbj.2019.7299.1797

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Motor Coordination of Instep Soccer Kick in Elite Soccer Players After ACL Re-Construction Surgery

M.M. Amini¹, E. Arabameri², M.H. Alizadeh³, S.F. Tabatabaee Ghomshe⁴

1. Ph.D. Student in Development and Motor Learning, Tehran University
(Corresponding Author)

2. Associated Professor of Development and Motor Learning, Tehran University

3. Associated Professor of Sport Pathology and Corrective Exercise, Tehran University

4. Assistant Professor of Biomedical Engineering-Biomechanic, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences

Received: 2018/03/08

Accepted: 2018/08/04

Abstract

The aim of this study was to investigate Motor coordination of lower extremity in instep soccer kick. The participant of this study were 24 elite soccer players of professional Iran league which weren't have any injury in last 6 months. Twelve healthy subject (age 25.87 ± 1.2 years, height 180.7 ± 4.6 cm, and weight 77.25 ± 5.1 kg) and twelve ones (age 25.25 ± 1.39 years, height 181.37 ± 5.0 cm, weight 76.12 ± 8.02 kg) were the players who at least 2 years passed of their ACL reconstruction surgery. After 10 minutes of warm-up and performing five instep kicks, fifteen 14 mm spherical reflective marker were installed on specific anatomical points in the lower extremities; Then subjects performed instep kicks for three times. For performing each kicks subject keep out 3 steps from ball, then approach to the ball with 30° angle and kicks the specific goal are with dimension of $1.5^m \times 1.5^m$, 5^m distance to the ball and 0.5-meter distance from the ground. The kicks were records by motion analysis system with five digital cameras (Viconvcam 460) with a frequency of 200 Hz. Angels and ranges of motion of the hip, knee, ankle, foot& also thigh and shank angular velocity were calculated by using of Vicon work Station and Excel-2007 in the setting of MATLAB software. Data analysis were done in SPSS-18 software and by using of MANOVA test at significance level of 0.05. Significant difference results indicated in hyper extension angle of the hip, knee and ankle angle ($P < 0.05$) but there was no significant difference in range of motion of the hip and thigh angle before ball impact ($P > 0.05$). and also, there was no significant difference between the angular velocity of the hip of two groups ($P = 0.63$). However, significant difference was found in the angular velocity of the shank in both groups ($P = 0.00$). According to these results it can be concluded that reconstructed ACL surgary would change the mechanism of control& motor program of instep soccer kick and would have the most effective in the ankle &

1. Email: mmamini33@yahoo.com

2. Email: eameri@ut.ac.ir

3. Email: alizadehm@ut.ac.ir

4. Email: tabatabai@aut.ac.ir

knee angle and have the lowest impact on the movement of the hip. Therefore, it is recommended that coaches& those who involved in sports teams should pay attention to these results.

Keywords: Instep Soccer Kick, Motion Analysis, Motor Coordination, ACL Reconstruction.

