

Effect of Training Modified FIFA 11+ on Kinematic Factors of Landing in Elite Handball Players

Abedinzadeh S¹, Sahebozamani M², Amirseyfaddini M.R³, Abbasi H⁴

Abstract

Purpose: Warm-up programs are one of the most commonly used prevention programs in various sports. The most famous warmup training program is the FIFA 11+ for soccer which has been well researched in different sports. However, the mechanism of the effect of these exercises is still unclear, and this study examines the kinematic changes in landing after jumping by intervention of the modified FIFA 11+ program.

Methods: In this semi-experimental study, 48 young and adult elite handball players were selected in the national league and randomly assigned into the equal training and control groups. The training group performed routine exercise and modified FIFA 11+, while the control group had only their routines exercises. Using the force plate and the Opti-Track camera, and the passive markers located on the landmarks of the body, by using MATLAB program, the trunk and knee flexion angles on the sagittal plane and the knee valgus angle on the frontal plate during the landing from the vertical jump at initial contact and whole landing time were analyzed.

Results: The modified 11+ training program had a significant effect on landing kinematic factors including increased flexion angle of the trunk and knee flexion and reduction of knee valgus angle in the training group. Comparing the two groups in post-test analysis, the flexion angles of the trunk and knee valgus angle were significantly different between the training group and the control group.

Conclusion: The warm up and prevention program of FIFA 11+ with increase trunk flexion have an effect on lower limb muscle activation, resulting in more energy absorption and less force transmitted to the knee. By increasing the angle of knee flexion, reduces the shear forces and thus reduces pressure on the knee ligaments. Also, with the reduction of the valgus knee angle, the valgus load is reduced and all of these factors can be the cause of reducing the incidence and reduce the severity of injuries to the lower extremities, especially the knee.

Keywords: FIFA 11+, Landing, Handball, Knee valgus angle, Kinematics

Received: 2017.08.04 Accepted: 2018.03.01

تأثیر تمرین پیشگیری از آسیب فیفا ۱۱+ تعدیل شده بر فاکتورهای کینماتیکی فرود از پرش بازیکنان مرد نخبه هندبال

سعید عابدین زاده^۱، منصور صاحب الزمانی^۲، محمدرضا امیرسیف الدینی^۳، حمید عباسی^۴

هدف: برنامه های گرم کردن از متداول ترین برنامه های پیشگیری کننده از آسیب در ورزش های مختلف می باشد. معروف ترین برنامه تمرینی با ساختار گرم کردن فیفا ۱۱+ می باشد که ویژه فوتبال می باشد اما در دیگر رشته های ورزشی باعث کاهش آسیب گردیده است. اما هنوز مکانیسم اثر این تمرینات مشخص نمی باشد و این مطالعه تغییرات کینماتیکی فرود از پرش بعد از اجرای برنامه فیفا ۱۱+ تعدیل شده را بررسی می نماید.

روش بررسی: در این مطالعه نیمه تجربی ۴۸ نفر از بازیکنان جوان و بزرگسال نخبه هندبال حاضر در لیگ کشور انتخاب شده و به طور تصادفی به گروه های مساوی تمرین و شاهد تقسیم شدند. گروه تمرین علاوه بر تمرینات معمولی خود تمرین ۱۱+ تعدیل شده را نیز انجام می دادند و گروه شاهد تنها تمرینات معمولی خود را داشتند. با استفاده از صفحه نیرو Kistler و دوربین Optitrack و مارکرهای پاسیو مستقر شده بروی لندمارک های بدن، و با کمک نرم افزار متلب زوایای خمیدگی تنه و

خمیدگی زانو در صفحه Sagittal و زاویه والگوس زانو در صفحه فرونتال در هنگام فرود از پرش عمودی در لحظه تماس اولیه با صفحه نیرو و در طول فرود محاسبه گردید. برای مقایسه گروه ها و تاثیر مداخله از آزمون آنوای دو راهه با اندازه های تکراری استفاده شد.

یافته ها: برنامه تمرین گرم کردنی⁺ ۱۱ تعدیل شده باعث تاثیر معنی داری بر فاکتورهای کینماتیکی فرود شامل افزایش زاویه خمیدگی تنه و خمیدگی زانو و کاهش زاویه والگوس زانو در گروه تمرین گردید. در مقایسه دو گروه در پس آزمون زوایای خمیدگی تنه و زاویه والگوس زانو گروه تمرین با گروه شاهد اختلاف معنی داری وجود داشت.

نتیجه گیری: تمرینات گرم کردنی و پیشگیری از آسیب فیفا⁺ ۱۱ با خمیدگی تنه در هنگام فرود احتمالا بر فعال سازی عضلات اندام تحتانی تاثیرگذار بوده، موجب جذب بیشتر انرژی شده و نیروی کمتری را به زانو منتقل می کند. با افزایش زاویه خمیدگی زانو در هنگام فرود، باعث کاهش میزان نیروهای برشی و در نتیجه کاهش فشار به رباط های زانو می گردد. همچنین با کاهش زاویه والگوسی زانو بار والگوسی کاهش یافته و تمام این عوامل می تواند از مکانیسم های کاهش میزان شیوع و یا کاهش شدت آسیب های وارده به اندام تحتانی بویژه زانو باشد.

کلمات کلیدی: فیفا⁺ ۱۱، فرود، هندبال، زاویه والگوس زانو، کینماتیک

نویسنده مسئول: حمید عباسی، habbassi@yazd.ac.ir، ORCID: 0000-0002-1037-6453

آدرس: یزد، دانشگاه یزد، دانشکده روانشناسی، گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی

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

۲- استاد گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- دانشیار گروه بیومکانیک، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۴- استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشکده روانشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

مقدمه

کردن استفاده نموده و همه نتایج مثبتی در رابطه با کاهش آسیب گزارش نمودند (۴، ۵، ۶). از آنجایی که مکانیسم- های آسیب در هندبال با فوتبال متفاوت می باشد، این تفاوت می بایست در برنامه گرم کردنی نیز مشهود باشد و تمرینات این برنامه پوشش لازم و متناسب با مکانیسم آسیب های بازی هندبال را دارا باشد. چنانچه مطالعات پیشین نشان داده اند، حدود ۸۰٪ آسیب های ACL (Anterior Cruciate Ligament) غیر برخوردی بوده (۷) و بعضی از تکنیک ها یا اجرای بعضی از آن ها باعث بروز آسیب می گردد. Olsen و همکاران یکی از مهمترین مکانیزم های آسیب در هندبال را فرود دانسته اند (۸). میزان شیوع آسیب هندبال در بزرگسالان، جوانان و نوجوانان متفاوت می باشد (۹). دومین دلیل آسیب دیدگی در هندبال جوانان تکنیک اشتباه فرود گزارش شده است. برای جوانان نیز تمرینات قدرتی و تکنیک فرود برای پیشگیری از آسیب تاکید و توصیه شده است (۱۰). با توجه به این موضوع پروتکل های گرم کردن هندبال باید با نظر

برنامه های گرم کردن از متداول ترین برنامه های پیشگیری کننده از آسیب در ورزش های مختلف مثل فوتبال است (۱). معروفترین آن ها که توسط مرکز تحقیق و ارزیابی های پزشکی فیفا^۱ با همکاری مرکز تحقیقات و آسیب های ورزشی اوسلو^۲ و مرکز طب ورزشی و ارتوپدی سانتامونیکا^۳ با نام فیفا⁺ ۱۱ مخصوص پیشگیری از آسیب های پایین تنه در فوتبالیست ها طراحی شده است. مطالعات مختلفی مانند Brito و همکاران و Sigward و همکاران اثر برنامه تمرینی⁺ ۱۱ در کاهش آسیب پایین تنه را گزارش نموده اند (۱، ۲).

پروتکل تمرینی⁺ ۱۱ در رشته بسکتبال امتحان گردیده و در یک مطالعه (Randomize Control) RCT (Trial) پیشگیری از آسیب بازیکنان مرد حرفه ای بسکتبال ایتالیا نیز موثر بوده است (۳). اما در ورزش هندبال تنها تعداد معدودی مطالعه در رابطه با پیشگیری از آسیب انجام شده است، که این مطالعات از پروتکل های مختلف گرم

³ Santa Monica Orthopedics and Sports Medicine Center

¹ F-MARC

² Oslo Sports Trauma and Research Center

و تمرینات گرم کردنی باعث تغییرات مثبتی در این فاکتورها می‌گردد.

احتمالا قانع کننده ترین عامل افزایش دهنده خطر آسیب، تغییر در کینماتیک بدن طی فرود است. برخی محققان گزارش کرده‌اند که فرود از پرش، یکی از اصلی-ترین مکانیسم های آسیب ACL در بازیکنان بسکتبال و والیبال است (۲۳، ۲۴). Gray و همکاران (۲۳)، ۵۸ درصد تمام آسیب های زنان بسکتبالیست را به دنبال فرود ناشی از پرش بیان کرده‌اند (۲۳). تحقیقات قبلی ارتباط بین نیروهای فرود و آسیب زانو را تایید کرده‌اند (۲۵) و بیان نموده‌اند که بیومکانیک و وضعیت اندام تحتانی بر بارهای مفصل زانو تاثیرگذار است. به عنوان مثال، نشان داده شده است که خمیدگی بین ۵۰ درجه تا باز شدن کامل زانو، استرین وارد بر ACL را افزایش می‌دهد (۲۶). وضعیت باز شدن زانو، ACL را در حالت کشش قرار داده و این لیگامان را مستعد آسیب می‌کند (۲۷). تحقیقات بیان کرده‌اند که زنان، خمیدگی کمتر و والگوس بیشتر زانو را طی فرود نشان می‌دهند. (۲۲، ۱۵)

از آنجایی که فیفا⁺ ۱۱ روی ورزشکاران رشته‌های مختلف مانند فوتبال و بسکتبال آزمایش گردیده و نتایج مثبتی در کاهش آسیب اندام تحتانی داشته است (۳، ۱)، این سوال مطرح می‌باشد که در اثر این تمرینات چه تغییراتی اتفاق افتاده و چگونه و با چه مکانیسمی باعث کاهش آسیب گردیده است ممکن است باعث تغییر تکنیک بویژه در فرود شده باشد و یا از نظر زوایای مفاصل در زمان اولیه فرود یا طی کل زمان فرود تغییراتی حاصل گردیده است. برای پیش بینی اینکه چگونه ممکن است این پروتکل در هندبالیست ها نیز تغییراتی ایجاد نماید و آیا این تغییرات باعث کاهش میزان شیوع یا شدت آسیب می‌گردد، این مطالعه انجام گردید. این مطالعه ابتدا با تغییر فیفا⁺ ۱۱ و متناسب نمودن آن برای هندبال، و سپس با متمرکز شدن بر اندام تحتانی و کینماتیک فرود در صدد بررسی برنامه گرم کردن فیفا⁺ ۱۱ تعدیل یافته به عنوان یک پروتکل برای هندبال می‌باشد. در این مطالعه تغییرات شامل زاویه تنه، زاویه زانو، و والگوس زانو هم در لحظه اولیه فرود و همچنین

به میزان شیوع و مکانیسم آسیب های آن تنظیم شود و در صورت امکان یک پروتکل ویژه جهت پیشگیری از آسیب در رشته هندبال تهیه گردد. Koga و همکاران (۱۱) توصیه کرده‌اند برنامه های پیشگیری از آسیب در هندبال باید روی کسب تکنیک صحیح فرود تمرکز کنند تا با کاهش بار والگوسی زانو و نیروی چرخشی درشت نی از بروز آسیب جلوگیری نمایند (۱۱). Petersen و همکاران (۱۲) تمرینات عصبی عضلانی و حسی عمقی را برای پیشگیری از آسیب در هندبال مناسب دانسته اند (۱۲). خستگی نیز نشان داده که با کاهش فعالیت عضلات همراه است که ممکن است سبب کاهش ثبات مفصل زانو در نتیجه احتمال آسیب دیدگی مفصل زانو شود (۱۳)، علاوه بر آن پیش کشش^۱ و تمرین روی عمل عضلانی برنامه ریزی شده برای فرود باعث کاهش آسیب (۱۴) و همچنین افزایش فعالیت عضلات چهارسر و کاهش فعالیت عضلات همسترینگ در هنگام فرود باعث افزایش بار روی ACL می‌شود و ریسک آسیب را افزایش می‌دهد (۱۵).

آسیب زانو در هندبالیست ها برخوردی نمی‌باشد و بیشتر در مواقعی که حتی بازیکن احساس خطر نمی‌کند مانند زمانی که در حال گول زدن حریف یا اجرای فینت^۲ می‌باشد اتفاق می‌افتد و شایعترین علت حرکت Cutting^۳ می‌باشد (۱۶). حدود ۵۵ درصد آسیب ها در هنگام فینت، و حرکات گول زننده و Plant and Cut^۳ اتفاق افتاده است (۸). در هندبال حرکاتی مانند سه گام، لی لی و پرش و شوت و فرود روی یکپا زیاد اتفاق می‌افتد و از طرفی حرکت لی لی نیز در مطالعات به عنوان یک تمرین جهت پیشگیری از آسیب زانو پیشنهاد شده است (۱۷). بنابراین تمرینات گرم کردن هندبال می‌بایست شامل تمرینات لی لی، فینت و اصلاح تکنیک فرود نیز باشد که در تمرینات +۱۱ این تمرینات وجود ندارند. فاکتورهای بیومکانیکی و عصبی عضلانی به تکنیک، سطح بازیکن و جنسیت مرتبط می‌باشند از جمله افزایش نیروهای عکس العمل زمین (۱۸) نسبت چهارسر به همسترینگ (۱۵) زمان رسیدن به اوج گشتاور (۱۹) کاهش حس عمقی (۲۰)، و همچنین تغییر در الگوهای فراخوانی عصبی-عضلانی (۲۱) و کینماتیک اندام تحتانی (۲۲) است

^۴ برش عرضی

^۵ حرکات گول زننده با محوریت پا ها

^۱ Prestretch

^۲ Pre-programmed muscle action

^۳ حرکات گول زننده با بدن و تغییر جهت

در طول فرود، قبل و بعد از تمرینات برنامه گرم کردن ارزیابی شد و از نظر کینماتیکی تغییرات آن بررسی گردید.

روش بررسی

از بین ۵۵ بازیکن مرد هندبال تیم پیشگامان یزد تمام آن‌ها بصورت کل شمار وارد مطالعه شدند. با توجه به معیار خروج تعداد ۷ بازیکن که دچار آسیب اندام تحتانی بودند یا سابقه عمل جراحی در اندام تحتانی داشتند از مطالعه خارج گردیدند. تعداد ۲۴ نفر از تیم جوانان و ۲۴ نفر از تیم بزرگسالان حاضر در لیگ کشور باقی ماندند که بصورت هدفمند و در دسترس، داوطلبانه در این مطالعه شرکت نمودند، برای همگن سازی از نظر سن و سطح بازی هر تیم بصورت تصادفی ساده با قرعه به دو گروه مساوی ۱۲ نفری تقسیم شده و در گروه شاهد یا تمرین قرار گرفتند.

اطلاعات کینماتیک با استفاده از دوربین Optitrack مدل V120 Duo ساخت کانادا و مارکهای پاسیو مستقر شده بروی لندمارک های بدن، ثبت شده و سپس با برنامه Matlab نسخه ۲۰۱۵a پردازش و آماده گردید. ((Matlab 2015a; Mathworks Inc)) آزمودنی ها یک پرش^۱ CMJ را سه مرتبه بروی صفحه نیروی Kistler مدل AD ۹۲۹۰ ساخت سوئیس اجرا نمودند و بهترین پرش آن ها برای استفاده در محاسبات انتخاب گردید. از هر دو گروه پیش آزمون به عمل آمد سپس تیم-هایی که در گروه مداخله قرار گرفتند، به مدت ۸ هفته تمرینات⁺ ۱۱ تعدیل شده را انجام دادند، درحالی که از گروه کنترل خواسته شد که در طول فصل روش گرم کردن معمول و سنتی خود را حفظ کنند. فیفا⁺ ۱۱ مشتمل بر ۱۵ تمرین در سه بخش می‌باشد که به ترتیب انجام می‌شود. بخش اول این برنامه شامل دویدن آهسته همراه با تمرینات کششی فعال و برخوردهای کنترل شده بازیکنان می‌باشد که ۸ دقیقه طول می‌کشد. بخش دوم شامل شش ست از تمریناتی است که بر تقویت عضلات مرکزی و پاها، افزایش تعادل، افزایش قدرت انفجاری عضلات اندام تحتانی و افزایش چابکی تمرکز دارد. این بخش از تمرینات ۱۰ دقیقه طول می‌کشد. بخش سوم این برنامه نیز به تمرینات

دویدنی با سرعت متوسط و بالا و همراه با تغییر مسیر به مدت ۲ دقیقه اختصاص دارد. پیش از تحقیق مربیان تیم-های گروه مداخله به طور کامل توسط محقق آموزش داده شدند. همچنین یک عدد سی‌دی حاوی فیلم تمرینات به همراه پوستر تمرینات و همچنین راهنمای فارسی این تمرینات در اختیار مربیان قرار داده شد. بعد از ۸ هفته پس آزمون از هر دو گروه انجام گردید.

اطلاعات بدست آمده با آزمون شاپیرو ویلک^۲ جهت طبیعی بودن توزیع داده ها کنترل گردید، برای مقایسه گروه ها و تاثیر مداخله از آزمون آنوای دو راهه با اندازه های تکراری^۳ استفاده شد. از آزمون لوین^۴ برای همگنی واریانس ها، آزمون موچلی^۵ جهت مفروض بودن کرویت و آزمون M باکس^۶ برای همگنی کوواریانس ها استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و در سطح معنی داری ۰/۰۵ انجام گردید.

یافته ها

مقایسه ویژگی های جمعیت شناختی میان دو گروه کنترل و تمرین نشان داد که تفاوت معنی دار در سن، قد، وزن و شاخص توده بدنی (BMI) آزمودنی ها (جدول ۱) در پیش آزمون وجود نداشت ($p > 0/05$). مقایسه نتایج پیش آزمون های دو گروه نشان داد که تفاوت معنی دار در داده های کینماتیکی در بین گروه شاهد و گروه مداخله وجود ندارد ($p > 0/05$). داده های اندازه گیری شده شامل زاویه تنه، زاویه زانو در صفحه Sagittal و زاویه والگوس زانو در هر دو پا در صفحه فرونتال ارزیابی گردید. این زوایا هم در طول زمان فرود و هم در ۴۰ میلی ثانیه تماس اولیه فرود مورد بررسی قرار گرفت.

بعد از ۲ ماه تمرین فیفا⁺ ۱۱ تعدیل شده تمام این متغییر ها تغییر معنی داری نسبت به پیش آزمون در گروه تمرین داشت. فاکتورهای مختلف اندازه گیری شده در هر ۴ گروه ارزیابی گردید که در جدول ۲ و ۳ برای هر گروه و همچنین برای دو گروه کلی تمرین و شاهد ارائه شده است. زاویه تنه در کل زمان فرود در گروه شاهد تغییر چندانی نداشت در حالی که در گروه تمرین این تغییرات معنی دار بود (۱).

⁵ Mochly

⁶ Box M

⁷ Body mass index

¹ Counter-movement Jump

² Shapiro-Wilks

³ ANOVA repeated measure 2 way

⁴ Leven Test

جدول ۱: بررسی شاخص های آزمودنی ها

گروه ها	تعداد	سن (سال) میانگین \pm انحراف معیار	وزن (کیلو گرم) میانگین \pm انحراف معیار	قد (سانتیمتر) میانگین \pm انحراف معیار	شاخص توده بدن ^۱
شاهد جوانان	۱۲	۱۵/۲۵ \pm ۰/۶۲	۷۲/۷۷ \pm ۱۶/۱۵	۱۷۵/۷۸ \pm ۵/۲۳	۲۳/۶۰ \pm ۵/۲۶
تمرین جوانان	۱۲	۱۶/۱۷ \pm ۱/۰۳	۶۷/۰۸ \pm ۱۲/۲۷	۱۷۷/۳۸ \pm ۶/۴۲	۲۱/۲۲ \pm ۲/۹۰
شاهد بزرگسالان	۱۲	۱۹/۶۷ \pm ۳/۰۳	۶۷/۱۷ \pm ۹/۵۰	۱۷۸/۲۱ \pm ۴/۵۹	۲۱/۰۸ \pm ۲/۳۴
تمرین بزرگسالان	۱۲	۲۰/۰۰ \pm ۱/۷۱	۶۹/۳۳ \pm ۴/۰۵	۱۷۸/۸۲ \pm ۵/۳۷	۲۱/۷۱ \pm ۱/۴۵
شاهد	۲۴	۱۷/۵۰ \pm ۳/۱	۶۹/۸ \pm ۱۳/۱	۱۷۷/۰ \pm ۵/۰	۲۲/۳ \pm ۴/۱
تمرین	۲۴	۱۸/۱ \pm ۲/۴	۶۸/۲ \pm ۹/۰	۱۷۸/۱ \pm ۵/۸	۲۱/۵ \pm ۲/۳
مقایسه دو گروه شاهد و تمرین		$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$	$p > 0.05$

^۱ BMI: شاخص توده بدن

جدول ۲: شاخص های کینماتیک فرود در پیش آزمون آزمودنی ها

پیش آزمون	جوانان		بزرگسالان		کل	
	شاهد	تمرین	شاهد	تمرین	شاهد	تمرین
	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار
زاویه خمیدگی تنه تماس اولیه	۱۳/۲۵ \pm ۲/۳۴	۱۳/۰۰ \pm ۱/۸۶	۱۳/۲ \pm ۰/۲۲	۱۳/۲ \pm ۷۵/۳۰	۱۳/۲ \pm ۲۲/۲۴	۱۳/۲ \pm ۳۸/۰۸
زاویه خمیدگی زانو تماس اولیه	۵/۵۸ \pm ۱/۷۵	۵/۵۸ \pm ۱/۵۱	۵/۱ \pm ۰/۸۶۲	۵/۱ \pm ۱۷/۷۰	۵/۱ \pm ۳۰/۶۶	۵/۱ \pm ۳۸/۵۸
زاویه والگوس تماس اولیه	-۱/۰ \pm ۳/۴۴	-۰/۵۰ \pm ۳/۶۱	-۰/۳ \pm ۹۲/۹۴	-۰/۰۵ \pm ۳/۴۶	-۰/۹۶ \pm ۳/۶۲	-۰/۳ \pm ۲۸/۴۶
زاویه خمیدگی تنه	۴۳/۵۵ \pm ۷/۱۲	۴۳/۵۰ \pm ۷/۰۰	۴۴/۶ \pm ۱۷/۳۷	۴۴/۷ \pm ۰/۸۰۵	۴۳/۶ \pm ۸۴/۵۹	۴۳/۶ \pm ۷۹/۸۸
زاویه خمیدگی زانو	۱۰/۱۰ \pm ۰/۹۵	۱۰/۲۵ \pm ۹/۵۳	۹۸/۱۲ \pm ۰/۸۰۶	۹۶/۹ \pm ۹۲/۶۹	۱۰۰/۱۰ \pm ۳۵/۸۹	۹۹/۹ \pm ۵۸/۷۸
زاویه والگوس راست	۱۲/۲۴ \pm ۴/۰۹	۱۲/۸۴ \pm ۴/۲۵	۱۲/۳ \pm ۸۳/۳۶	۱۳/۴ \pm ۱۳/۱۴	۱۲/۳ \pm ۶۸/۶۹	۱۲/۴ \pm ۹۸/۱۱
زاویه والگوس چپ	۱۲/۲ \pm ۰/۹۵	۱۲/۷۳ \pm ۳/۷۶	۱۳/۲ \pm ۰/۲/۹۵	۱۳/۴ \pm ۳۸/۰۳	۱۲/۲ \pm ۶۶/۹۱	۱۳/۳ \pm ۰/۶/۸۳

جدول ۳: شاخص های کینماتیک فرود در پس آزمون آزمودنی ها

پس آزمون	جوانان		بزرگسالان		کل	
	شاهد	تمرین	شاهد	تمرین	شاهد	تمرین
	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار	میانگین ± انحراف معیار
زاویه خمیدگی تنه تماس اولیه	۱۳/۵۰±۲/۳۲	۱۵/۱±۳۳/۷۷	۱۳/۱±۴۲/۸۳	۱۶/۱±۰/۸/۶۸	۱۳/۲±۴۶/۰۴	۱۵/۱±۷۱/۷۵
زاویه خمیدگی زانو تماس اولیه	۶/۱±۱۷/۴۷	۷/۰±۳۳/۸۹	۵/۱±۵۸/۱۶	۷/۱±۰/۰/۲۱	۵/۱±۵۸/۳۳	۷/۱±۱۷/۰۵
زاویه والگوس تماس اولیه	-۰/۳±۶۹/۰۱	۰/۱±۷۳/۸۱	-۰/۴±۶۷/۱۰	۰/۱±۲۲/۷۷	-۰/۳±۶۸/۵۱	۰/۱±۴۷/۷۷
زاویه خمیدگی تنه	۴۴/۵±۷۳/۷۵	۵۳/۶±۶۷/۱۸	۴۵/۶±۵۰/۷۹	۵۱/۴±۸۳/۶۹	۴۵/۶±۱۳/۳۰	۵۲/۵±۷۵/۴۵
زاویه خمیدگی زانو	۹۸/۱۰±۰/۸/۴۰	۹۵/۶±۴۲/۲۲	۹۶/۱۱±۰/۸/۳۱	۹۳/۷±۰/۸/۶۰	۹۷/۱۰±۸۷/۱۸	۹۴/۶±۲۵/۸۹
زاویه والگوس راست	۱۱/۲±۴۵/۷۶	۹/۲±۱۸/۶۷	۱۲/۳±۹۶/۲۸	۹/۲±۵۰/۲۸	۱۲/۳±۳۸/۰۰	۹/۲±۳۴/۴۳
زاویه والگوس چپ	۱۱/۳±۵۶/۴۵	۹/۲±۵۶/۵۸	۱۲/۲±۹۸/۸۹	۹/۲±۹۴/۵۶	۱۲/۳±۴۵/۱۳	۹/۲±۷۵/۵۲

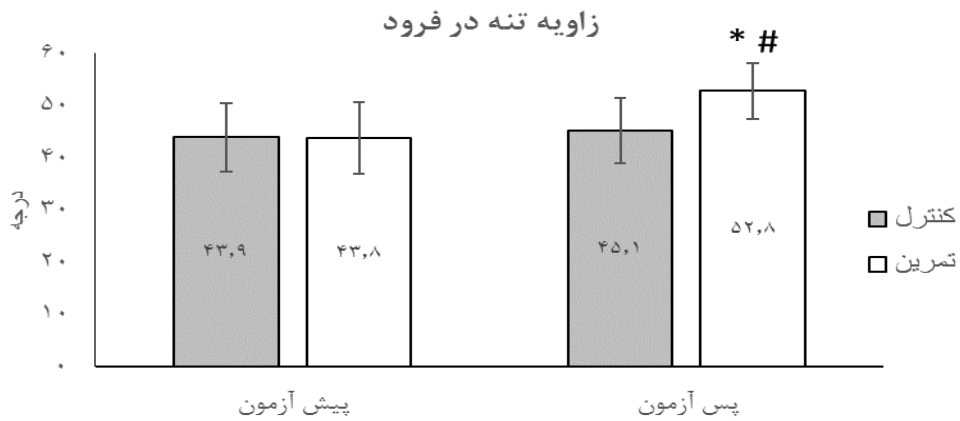
زانو هم در ۴۰ میلی ثانیه تماس اولیه و هم در کل زمان فرود در صفحه فرونتال برای هر دو زانو بصورت مجزا بررسی گردید. تحلیل واریانس با اندازه گیری های تکراری نشان داد که والگوس زانوی گروه تمرین در پس آزمون نسبت به پیش آزمون در هر دو پا کاهش معنی داری پیدا کرده بود ($p < 0/001$, $F_{1,46} = 32/95$). و این کاهش با گروه شاهد نیز اختلاف معنی داری هم در پای راست ($p = 0/001$, $F_{1,46} = 9/19$, $p = 0/004$) و هم در پای چپ ($F_{1,46} = 12/83$) دارد. نمودار ۳ میزان تغییرات زاویه والگوس زانوی پای راست را نشان می دهد. اثر متقابل زمان و گروه در والگوس زانو معنی دار بود ($F_{1,46} = 11/31$, $p = 0/002$). در تماس اولیه، تغییرات بین پیش آزمون و پس آزمون و همچنین بین گروه ها و اثر متقابل زمان و گروه نیز معنی دار نبود. جدول ۲ و ۳ میانگین و انحراف معیار متغیرهای کینماتیک فرود در پیش آزمون و پس آزمون در گروه های شاهد و تمرین و بصورت مجزا در جوانان، بزرگسالان. زوایای خمیدگی تنه و زانو و والگوس زانو در طول فرود و در لحظه تماس اولیه (۴۰ میلی ثانیه) گزارش شده است.

بحث و نتیجه گیری

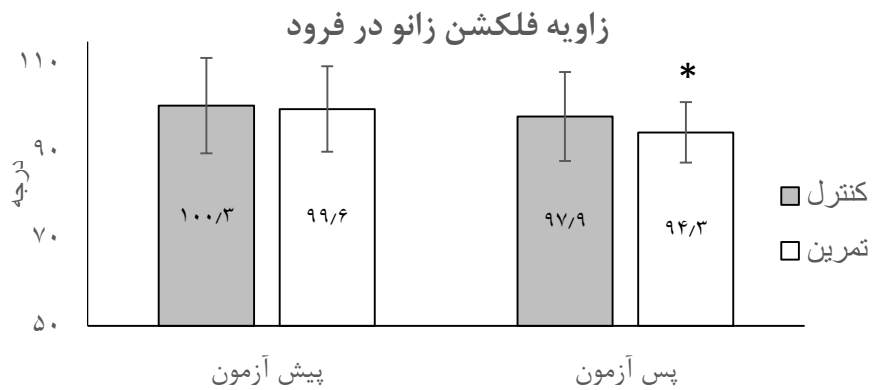
در این مطالعه ۴۸ نفر از بازیکنان نخبه هندبال به طور تصادفی به گروه های تمرین و شاهد تقسیم گردیدند گروه تمرین علاوه بر تمرینات معمولی خود تمرین ۱۱+ تعدیل

($p < 0/001$) و گروه تمرین پس از اجرای پروتکل گرم کردن حدود ۹ درجه خمیدگی بیشتری داشت. تحلیل واریانس نشان داد که در پس آزمون بین گروه ها اختلاف معنی داری ($p = 0/036$, $F_{1,46} = 4/66$) وجود داشت (نمودار اثر متقابل زمان و گروه نیز معنی دار بود ($p < 0/001$, $F_{1,46} = 61/46$). در لحظه تماس اولیه نیز اختلاف گروه ها معنی دار بود ($p = 0/033$, $F_{1,46} = 4/82$) و گروه تمرین فیفا ۱۱+ در لحظه اولیه فرود خم شدگی بیشتری در تنه نسبت به گروه شاهد داشت، همچنین تعامل زمان و گروه نیز معنی دار بود ($p < 0/001$, $F_{1,46} = 47/31$). گروه تمرین فیفا ۱۱+ هم در لحظه اولیه فرود و هم در کل زمان فرود خم شدگی بیشتری در تنه نسبت به پیش آزمون و همچنین در مقایسه با گروه شاهد داشتند (جدول ۳).

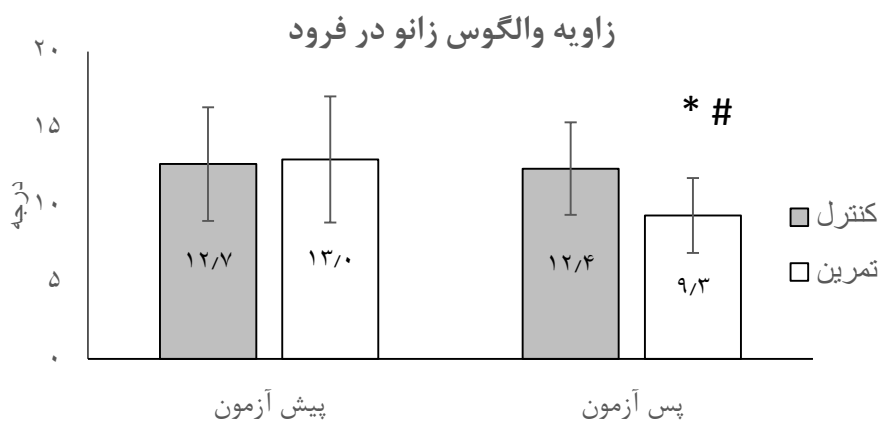
زاویه زانو گروه تمرین خم شدگی بیشتری داشت و از ۹۹/۶ به ۹۴/۳ رسیده بود ($p < 0/001$). تحلیل واریانس نشان داد که در پس آزمون اختلاف گروه تمرین و شاهد معنی دار نبود، اما اثر متقابل زمان و گروه معنی دار بود ($p = 0/002$, $F_{1,46} = 11/31$). در تماس اولیه فرود زاویه زانو در گروه شاهد ۵/۸۸ درجه و در گروه تمرین خم شدگی بیشتر (۷/۱۷ درجه) بود (جدول ۳) که این اختلاف دو گروه نزدیک به معنی داری بود ($p = 0/09$, $F_{1,46} = 2/99$). اثر متقابل زمان و گروه در تماس اولیه فرود زاویه زانو معنی دار بود ($p < 0/001$, $F_{1,46} = 20/58$)، (جدول ۲). والگوس



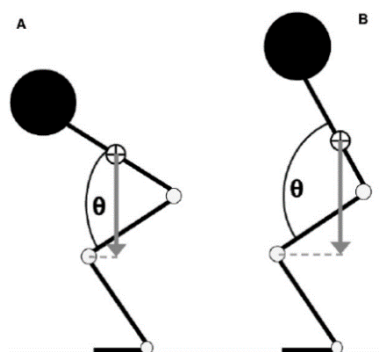
نمودار ۱: زاویه خمیدگی تنه هنگام فرود در گروه شاهد و تمرین در پیش آزمون و پس آزمون
* اختلاف معنی‌دار با پیش آزمون # اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد



نمودار ۲: زاویه خمیدگی زانو هنگام فرود در گروه شاهد و تمرین در پیش آزمون و پس آزمون
* اختلاف معنی‌دار با پیش آزمون



نمودار ۳: زاویه والگوس زانو هنگام فرود در گروه شاهد و تمرین در پیش آزمون و پس آزمون
* اختلاف معنی‌دار با پیش آزمون، # اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد



شکل ۱: تاثیر خم شدن تنه بر کاهش بار زانو (Blackburn و Padua) (۳۰)

ایجاد گشتاور خمیدگی در این مفاصل می شود (۳۲) خم کردن تنه به جلو، بردار نیروی عمودی عکس العمل زمین را از مرکز مفصل ران دور می کند و از این رو نیاز وارد بر بازکننده های ران را افزایش و نیاز وارد بر بازکننده های زانو را کاهش می دهد (۳۲). خمیدگی تنه طی فرود موجب جذب بیشتر انرژی شده و نیروی کمتری را به زانو منتقل می کند (۳۳). نتایج مطالعات نشان داده که تغییر موقعیت بدن در صفحه ساجیتال بر بیومکانیک تنه و اندام تحتانی و فعالسازی عضلات اندام تحتانی تاثیرگذار است (۳۴). فرود با تنه صاف، نیروی عمودی عکس العمل زمین، حداکثر گشتاور اکستنسور زانو و فعالسازی عضله چهارسر را افزایش داده در حالی که زاویه خمیدگی زانو را کاهش و گشتاور کمتر اکستنسور ران را موجب می شود. اما فرود با پوسچر خم، نیروی عمودی عکس العمل زمین، گشتاور اکستنسور زانو و فعالسازی عضله چهارسر را کاهش می دهد در حالیکه زاویه خمیدگی زانو و گشتاور اکستنسور ران را افزایش می دهد (۳۴).

زاویه زانو

گروه تمرین در پس آزمون خمیدگی بیشتری در زانو داشتند. Nagano و همکاران (۳۵) گزارش نمود بعد از آموزش پرش و تعادل، زاویه خمیدگی زانو در تماس اولیه فرود، به طور چشمگیری بزرگتر از قبل از آموزش بود. تغییر قطعی در کل زمان فرود نیز خمیدگی زانو بعد از آموزش به طور قابل ملاحظه ای بزرگتر از خمیدگی در قبل از آموزش بود. چرخش درشت نی و زاویه واروس / والگوس زانو بعد از آموزش تفاوت معنی داری نداشتند (۳۵). افزایش زاویه خم شدن زانو حین فرود در فعالیت های مختلف ورزشی به دنبال برنامه های تمرینات مداخله ای در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است (۳۶-۳۷).. اگر چه در مورد

شده را نیز انجام دادند. با استفاده از صفحه نیرو Kistler و دوربین اوبیتی تراک، زوایای تنه و زانو در صفحه ساجیتال و زاویه والگوس زانو در صفحه فرنتال در هنگام فرود از پرش عمودی بدست آمد که در مجموع زاویه خمیدگی تنه و زانو در گروه تمرین نسبت به پیش آزمون افزایش و زاویه والگوس زانو کاهش داشت. در پس آزمون زوایای خمیدگی تنه و زاویه والگوس زانو با گروه شاهد اختلاف معنی داری مشاهده گردید.

زاویه تنه

در این مطالعه نشان داده شد که تمرینات فیفا +۱۱ باعث کاهش زاویه تنه هم در لحظه اولیه و هم در کل زمان فرود می گردد. مطالعات قبلی نشان داده که موقعیت تنه بر کینماتیک اندام تحتانی تاثیر گذار است (۲۸) مطالعات نشان داده اند که زنان خمیدگی زانو، ران و تنه کمتری در مقایسه با همتایان مرد خود دارند (۲۲، ۱۵) علاوه بر آن ارتباط کینماتیک زانو با کینماتیک مفاصل پروگزیمال مانند سگمنت تنه در بررسی عوامل خطر آسیب ACL گزارش شده است (۲۹). Blackburn و Padua (۳۰) نشان دادند که خمیدگی تنه، نیروی عکس العمل زمین و فعالیت عضله-ی چهارسر را کاهش می دهد (شکل ۱)، در تحقیقی دیگر بیان کردند که خمیدگی تنه طی عمل فرود باعث خمیدگی بیشتر ران و زانو می شود (۲۸). آنها دریافتند که افزایش خمیدگی تنه در مقایسه با یک وضعیت قائم، افزایش بیشتری در خمیدگی زانو در مقایسه با یک وضعیت قائم طی عمل فرود را موجب می شود (۲۸). با خمیدگی کمتر تنه طی فعالیت های تحمل وزن، نیاز وارد بر عضلات چهارسر برای حفظ مرکز ثقل بدن افزایش می یابد (۳۱) در طی فرود، در صفحه ساجیتال بردار نیروی عمودی عکس العمل زمین بین ران و زانو قرار می گیرد که موجب

و در تحقیقی دیگری کاهش معنی دار اندازه حرکت ولگوس زانو و اندازه حرکت آداکشن ران در فعالیت توقف پرش به دنبال ترکیبی از برنامه های قدرتی و بازخوردی گزارش گردید (۴۶)، در مقابل مطالعاتی که تنها تمرینات قدرتی (۴۷) و یا فقط از پرش استفاده کرده بودند (۴۸) تغییر معنی داری مشاهده نکردند.

در پژوهش های اخیر، اظهار شده است تمرینات عصبی - عضلانی هم از نمای سه بعدی و هم از نمای دو بعدی بر کاهش زاویه ولگوس تأثیرگذار بوده است (۴۹) که از این نظر با این مطالعه همسو می باشد. با توجه به مطالعه زمینی مقایسه ارزیابی کینماتیکی دو بعدی و سه بعدی زانو در فرود مشاهده شد که اطلاعات به دست آمده با هم اختلاف دارند (۵۰). این موضوع بیانگر آن است که ارزیابی کینماتیکی از مفصل زانو با نمای دو بعدی که بیشتر مطالعات از این نوع استفاده می کنند، نمی تواند با مشخصه های ارزیابی کینماتیکی سه بعدی قابل مقایسه باشد و ممکن است علت متفاوت بودن برخی نتایج پژوهش های اخیر به این موضوع مربوط باشد؛ بنابراین، لازم است برای اطمینان از تأثیر برنامه های تمرینی عصبی عضلانی در راستای زانو، پژوهش های بیشتری با ارزیابی های قابل اطمینان و دقیقتری انجام گیرد.

بطور کلی، تمرینات گرم کردنی باعث کاهش زاویه تنه (خمیدگی تنه)، زاویه ولگوس و افزایش خمیدگی زانو می گردد، که بر بهبود عملکرد اندام تحتانی و کاهش فشارهای برشی زانو تأثیر می گذارد. در پژوهش میسر و همکارانش شش هفته تمرینات مقاومتی عضلات مرکزی، تعادل، تمرینات استقامتی و تمرینات سرعتی بر بهبود عملکرد هر دو پای بازیکنان رشته های ورزشی فوتبال، بسکتبال و والیبال تأثیرگذار بوده است (۵۱). بعضی از حرکات فیفا⁺ ۱۱ همانند تمرینات حسی عمقی می باشد و روی سیستم های عصبی عضلانی موثر می باشد با توجه به اینکه فرود مناسب، نیازمند عملکرد مطلوب سیستم های عصبی عضلانی و حس عمقی (۵۳) در زانو است، و افزایش توانایی های حس عمقی و عصبی عضلانی از مهم ترین عوامل مؤثر بر حفظ تعادل هنگام فرود بر مفاصل اندام تحتانی از جمله زانو و کاهش آسیب در این اندام است (۵۴).

مقدار تغییرات و اینکه آیا بهبودی در لحظه تماس پا یا در نقطه پایانی فرود حاصل می شود نتایج متفاوت هستند، اما در همه مطالعات حداکثر یا اوج خم شدن زانو بیشتر می شود (۳۶-۳۷). پوسچر خمیده شامل تنه و زانو توانایی اندام تحتانی در جذب نیروهای فرود را افزایش می دهد. بدلیل آنکه سگمنت تنه بیشتر از ۳۵ درصد حجم بدن را تشکیل میدهد (۳۸)، حرکت و یا وضعیت آن طی فرود بر نیروی عکس العمل زمین تأثیرگذار است (۳۹). Devita و Skelly (۴۰) سینتیک و کینماتیک فرود را طی فرود سفت و فرود نرم ارزیابی کردند. فرود نرم که با پوسچر خم طی فرود تعریف شده، موجب ایجاد نیروهای پایینتر عکس-العمل زمین می شود. Walusz (۴۱) دریافت که خمیدگی زانو می تواند نیروی برشی زانو را در زنان ورزشکار طی عمل توقف-پرش پیش بینی کند. محمدی و همکاران، (۴۲)، اثر قابل توجه تمرینات عصبی عضلانی بر عملکرد مفصل زانو را گزارش نمود که تمرینات عصبی عضلانی می تواند بر عملکرد بهتر زانوی پای غالب بازیکنان هندبال در یک فرود تأثیر بسزایی داشته باشد (۴۲). با توجه به مطالب بیان شده می توان اینگونه استنباط کرد که تمرین برنامه گرم کردنی تعدیل شده فیفا⁺ ۱۱ با افزایش خمیدگی تنه و خمیدگی زانو، باعث افزایش فعالیت عضلات همسترینگ و کاهش فعالیت عضلات چهارسر می شود و میزان نیروی برشی قدامی تیپا کاهش می یابد (۲۹) که ممکن است دلیلی بر کاهش میزان آسیب های لیگامانی زانو باشد.

والگوس زانو

تمرینات گرم کردنی باعث کاهش زاویه ولگوس در گروه تمرین گردید. در مطالعات پیشین اثر برنامه های گرم کردنی در زاویه و یا اندازه حرکت والگوس زانو متناقض بوده است، بعضی از مطالعات (۵۳، ۵۲). بهبود زاویه ولگوس زانو را به دنبال برنامه تمرینی گزارش کردند، در حالی که مطالعات دیگر عدم تأثیر برنامه ها را گزارش نمودند (۳۷، ۳۶، ۲).

درباره اندازه حرکت والگوس، Wilderman و همکاران (۴۵) کاهش معنی دار اوج اندازه حرکت ولگوس در طی آزمون گام به پهلوی همراه با برش در ورزشکاران نوجوان که تمرینات PEP را انجام می دادند گزارش نمودند (۴۵)

¹Prevent Injury and Enhance Performance programme

منابع

1. Brito J, Figueiredo P, Fernandes L, Seabra A, et al. Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science* 2010 ; 18(4): 211-5.
2. Sigward SM, Pollard CD, Powers CM. The influence of an ACL injury prevention program on knee valgus moments during cutting: an evaluation of pre-pubertal, pubertal and post-pubertal female athletes. *Journal of Athletic Training* 2008; 43(5): 559-60.
3. Longo UG, Loppini M, Berton A, Marinozzi A, et al. The FIFA 11+ program is effective in preventing injuries in elite male basketball players: a cluster randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine* 2012; 40(5): 996-1005.
4. Wedderkopp N, Kalltoft M, Lundgaard B, Rosendahl M, et al. Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 1999; 9(1): 41-7.
5. Wedderkopp N, Kalltoft M, Holm R, Froberg K. Comparison of two intervention programmes in young female players in European handball—with and without ankle disc. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2003; 13(6): 371-5.
6. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, et al. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *Bmj* 2005; 330(7489): 449.
7. Jacobs CA, Uhl TL, Mattacola CG, Shapiro R, et al. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *Journal of athletic training* 2007; 42(1): 76.
8. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball. *The American journal of sports medicine*. 2004; 32(4): 1002-12.
9. Moller M, Attermann J, Myklebust G, Wedderkopp N. Injury risk in Danish youth and senior elite handball using a new SMS text messages approach. *Br J Sports Med* 2012; 46(7): 531-7.

در مجموع، تمرینات گرم کردنی و پیشگیری از آسیب فیفا 11+ تعدیل شده بر فاکتورهای کینماتیکی فرود از پرش بازیکنان هندبال تاثیر گذار بود و با کاهش زاویه تنه و خمیدگی آن احتمالاً بر فعال سازی عضلات اندام تحتانی تاثیر گذار بوده، موجب جذب بیشتر انرژی شده و نیروی کمتری را به زانو منتقل می کند. با افزایش زاویه خمیدگی زانو، باعث کاهش میزان نیروهای برشی و در نتیجه کاهش فشار به لیگامنت های زانو می گردد. و همچنین با کاهش زاویه والگوسی زانو بار والگوسی کاهش یافته و تمام این عوامل منتج به کاهش میزان شیوع و یا کاهش شدت آسیب های وارده به اندام تحتانی زانو می گردد.

پیشنهاد می گردد مربیان، ورزشکاران رشته ورزشی هندبال از این برنامه گرم کردنی ویژه هندبال استفاده نموده تا از میزان آسیب های ورزشی اندام تحتانی بویژه در زانو کاهش یابد.

محدودیت های پژوهش

در این مطالعه پروتکل گرم کردنی تنها ۲ ماه اجرا گردید که اگر در طول یک فصل یا بیشتر انجام می گردید شاید دیگر متغیر ها و یا متغیرهای نزدیک به معنی داری نیز معنی دار می گردید. مدل صفحه نیروی استفاده شده فقط نیروی عکس العمل سطح (Fz) را در اختیار می گذارد و اگر نیروهای Fx و Fy هم موجود بود امکان محاسبه نیروهای وارد بر مفاصل مانند مفصل زانو نیز قابل محاسبه بود. در این مطالعه فعالیت عضلانی بررسی نگردید، اطلاعات میزان فعالیت عضلانی در لحظات تماس اولیه و یا در طول پرش و همزمانی آن با کینماتیک می توانست بسیار سودمند باشد.

سپاسگزاری

این مقاله از پایان نامه مصوب دکتری دانشگاه شهید باهنر کرمان استخراج گردید. بدین وسیله از کلیه اساتید، همکاران و به خصوص از ورزشکاران، مربیان و سرپرستان تیم هندبال پیشگامان که در تحقیق شرکت نموده با پژوهشگر همکاری کامل داشتند تشکر و قدردانی می گردد.

10. Reckling C, Zantop T, Petersen W. Epidemiology of injuries in juvenile handball players. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft fur Orthopadisch-Traumatologische Sportmedizin* 2003; 17(3): 112-7.
11. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *The American journal of sports medicine* 2010; 38(11): 2218-25.
12. Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K, et al. A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2005; 125(9): 614.
13. Anbarian M, Hajiloo B, Sepehrian M, Sadeghi S, et al. The Effect of Quadriceps Fatigue on Co-Activation of Knee Muscles during Walking. *Jundishapur Sci Med J* 2015; 14(3): 309-321.
14. Mizrahi J, Susak Z. Analysis of parameters affecting impact force attenuation during landing in human vertical free fall. *Engineering in Medicine* 1982; 11(3):141-7.
15. Chappell JD, Creighton RA, Giuliani C, Yu B, et al. Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump. *The American Journal of Sports Medicine* 2007; 35: 235-241.
16. Pappas E, Nightingale EJ, Simic M, Ford KR, et al. Do exercises used in injury prevention programmes modify cutting task biomechanics? A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49(10): 673-80.
17. Cerulli G, Benoit DL, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2001; 31(11): 655-60.
18. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, and Noyes FR. Plyometric training in female athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 1996; 24: 765-773.
19. Huston LJ and Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 1996; 24: 427-436.
20. Rozzi SL, Lephart SM, Gear, W Sand Fu FH. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. *The American Journal of Sports Medicine* 1999; 27: 312-319.
21. Carcia CR, Shultz SJ, Granata KP, Perrin DH, et al. Females recruit quadriceps faster than males at multiple knee flexion angles following a weight-bearing rotary perturbation. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2005; 15: 167-171.
22. McLean S, Walker K, and Van DenBogert A. Effect of gender on lower extremity kinematics during rapid direction changes: an integrated analysis of three sports movements. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2005; 8: 411-422.
23. Gray J, Taunton J, McKenzie D, Clement D, et al. A survey of injuries to the anterior cruciate ligament of the knee in female basketball players. *Int J Sports Med* 1985; 6: 314-316.
24. Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F, and Mariani PP. Knee ligament injuries in volleyball players. *The American Journal of Sports Medicine* 1992; 20: 203-207.
25. Dufek J and Bates B. Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. *Sports Medicine* 1991; 12: 326-337.
26. Beynnone BD and Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: a review of previous work. *Journal Biomechanic* 1998; 31: 519-25.
27. Arendt E and Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. *The American Journal of Sports Medicine* 1995; 23: 694-701.
28. Blackburn JT and Padua DA. Influence of trunk flexion on hip and knee joint kinematics during a controlled drop landing. *Clinical Biomechanics* 2008; 23: 313-319.

29. Rajabi R, Mohammadpour S. The relationship between sagittal plane kinematics of trunk, knee and anterior tibial shear force during single-leg landing. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences* 2014; 19(2): 47-56. [Persian]
30. Blackburn JT and Padua DA. Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. *Journal of Athletic Training* 2009; 44: 174-179.
31. Griffin LY, Age IJ, Albohm MJ, Arendt EA, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2000; 8: 141-150.
32. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010; 40: 42-51.
33. Alentorn-Geli E, Myer G, Silvers H, Samitier G, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2009; 17: 705-729.
34. Shimokochi Y, Ambegaonkar J, Meyer E, Lee S, et al. Changing sagittal plane body position during single-leg landings influences the risk of non-contact anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 2013; 21: 888-897.
35. Nagano Y, Ida H, Akai M, Fukubayashi T. Effects of jump and balance training on knee kinematics and electromyography of female basketball athletes during a single limb drop landing: pre-post intervention study. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology* 2011; 3(1): 14.
36. Chappell JD, Limpisvasti O. Effect of a neuromuscular training program on the kinetics and kinematics of jumping tasks. *The American journal of sports medicine* 2008; 36(6): 1081-6.
37. Pollard CD, Sigward SM, Ota S, Langford K, et al. The influence of in-season injury prevention training on lower-extremity kinematics during landing in female soccer players. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2006; 16(3): 223-7.
38. Lees A, Methods of impact absorption when landing from a jump. *Engineering in Medicine* 1981; 10: 207-211.
39. Kulas AS, Schmitz RJ, Shultz SJ, Henning JM et al. Sex-specific abdominal activation strategies during landing. *Journal of Athletic Training* 2006; 41: 381-386.
40. Devita P and Skelly WA. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1992; 24: 108-15.
41. Walusz HJ. The relationship between knee flexion, hip flexion, and trunk flexion angles and anterior tibial shear force during a jump-landing task (Doctoral dissertation, The University of North Carolina at Chapel Hill) 2007: 33-46.
42. Mohamadi M, Alizadeh MH, Ebrahimi E, Shirzad E. The Influence of a Neuromuscular Exercise Program on Lower Limb Function and Knee 3D Alignment of Handball Male Players in single leg Landing Studies in Sport Medicine 2014; 16: 13-32. [Persian]
43. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *The American journal of sports medicine* 2006; 34(3): 445-55.
44. Kato S, Urabe Y, Kawamura K. Alignment control exercise changes lower extremity movement during stop movements in female basketball players. *The Knee* 2008; 15(4): 299-304.
45. Wilderman DR, Ross SE, Padua DA. Thigh muscle activity, knee motion, and impact force during side-step pivoting in agility-trained female basketball players. *Journal of athletic training* 2009; 44(1): 14-25.
46. Herman DC, Oñate JA, Weinhold PS, Guskiewicz KM, et al. The effects of feedback with and without strength training on lower extremity biomechanics. *The American journal of sports medicine* 2009; 37(7): 1301-8.

47. Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, et al. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *The American journal of sports medicine* 2008; 36(4): 733-40.
48. Lim BO, Lee YS, Kim JG, An KO, et al. Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *The American journal of sports medicine* 2009; 37(9): 1728-34.
49. Bell DR, Oates DC, Clark MA, Padua DA. Two-and 3-dimensional knee valgus are reduced after an exercise intervention in young adults with demonstrable valgus during squatting. *Journal of athletic training* 2013; 48(4): 442-9.
50. Olson TJ, Chebny C, Willson JD, Kernozek TW, et al. Comparison of 2D and 3D kinematic changes during a single leg step down following neuromuscular training. *Physical Therapy in Sport* 2011; 12(2): 93-9.
51. Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *Journal of Strength and conditioning Research* 2005; 19(1): 51.
52. Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, et al. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine* 2004; 14(2): 88-94.
53. Barendrecht M, Lezeman HC, Duysens J, Smits-Engelsman BC. Neuromuscular training improves knee kinematics, in particular in valgus aligned adolescent team handball players of both sexes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011; 25(3): 575-84.