

مقایسه زمان آغاز فعالیت عضلات منتخب مچ پا در ورزشکاران با و بدون محدودیت دامنه حرکتی دورسی فلکشن، حین پرش - فرود تک پا

محمد کلانتریان^{۱*}، هومن مینونژاد^۲، رضا رجبی^۳

چکیده

هدف: محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل خطر ساز بروز آسیب پیچ خوردگی مچ پا می‌باشد که می‌تواند کنترل عصبی-عضلانی اطراف مچ پا را دچار اختلال کند. لذا هدف از تحقیق حاضر مقایسه‌ی زمان آغاز فعالیت الکترومیوگرافی منتخبی از عضلات اطراف مفصل مچ پای ورزشکاران دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با ورزشکاران سالم، در حین انجام حرکت پرش-فرود تک پا می‌باشد. **روش بررسی:** ۱۵ نفر ورزشکار مرد دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در گروه دارای محدودیت و همین تعداد ورزشکار مرد فاقد محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا نیز در گروه کنترل قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری دامنه‌ی حرکتی مچ پا از گونیامتر یونیورسال استفاده شد. زمان آغاز فعالیت الکترومیوگرافی عضلات ساق، حین انجام تکلیف پرش-فرود تک پا ثبت شد. برای مقایسه زمان آغاز فعالیت الکترومیوگرافی عضلات بین دو گروه از روش آماری تحلیل واریانس چند متغیری استفاده شد. سطح معنی داری در تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که عضلات پرونتوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس در گروه ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی، به‌طور معنی‌داری دارای تأخیر بیشتری در زمان آغاز فعالیت خود نسبت به گروه کنترل می‌باشند. اما زمان آغاز فعالیت عضله‌ی تیبیالیس قدامی، در بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت. **نتیجه‌گیری:** تأخیر در زمان آغاز فعالیت عضلات مچ پا که در گروه محدودیت حرکتی مشاهده شده را می‌توان به تغییر در برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ی کنترل حرکتی سیستم عصبی و همچنین اختلال در پیام‌های اوران حس عمقی مفصل مچ پا نسبت داد.

کلید واژه‌ها: تأخیر آغاز فعالیت، محدودیت دورسی فلکشن، ورزشکار، پرش-فرود تک پا

پذیرش مقاله: ۹۲/۱۱/۰۱

دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۰۹

۱- کارشناس ارشد آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران

۲- استادیار گروه طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران

۳- استاد گروه طب ورزش، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران

* آدرس نویسنده مسئول:

تهران، خیابان کارگر شمالی، دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران.

* تلفن: ۰۹۱۲۸۳۱۶۱۶۸

* رایانامه: mkalantariyan@ut.ac.ir



مقدمه

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که قسمت اعظمی از آسیب‌های ورزشی مربوط به اندام تحتانی می‌باشد (۱). در این بین، مچ پا شایع‌ترین موضع بروز آسیب می‌باشد که ۲۵ درصد از کلیه آسیب‌های ورزشی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین در بین آسیب‌های مچ پا، کشیدگی لیگامانهای جانب خارجی مچ پا ۸۵ درصد از کلیه آسیب‌های مچ پا را تشکیل می‌دهد (۱)، ۲، ۳. پیچ خوردگی مچ پا، علاوه بر دور نگه داشتن ورزشکار از فعالیت‌های ورزشی، عوارض جانبی دیگری را نیز به دنبال دارد که از آن جمله می‌توان به احتمال وقوع بی‌ثباتی عملکردی (۷۰ درصد موارد) (۴)، درد مزمن، استئوآرتریت (۳) مچ پا، کاهش کیفیت زندگی و در نهایت ناتوانی اشاره داشت (۳، ۱، ۵). میزان شیوع بالای پیچ خوردگی مچ پا و پیامدهای جانبی پس از آن، ضرورت شناخت عوامل خطر ساز و ساز و کار بروز این آسیب و همچنین اجرای برنامه‌های غربالگری جهت شناسایی افراد در معرض خطر و به‌کارگیری اقدامات پیشگیرانه از بروز این آسیب را بیان می‌دارد.

کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسیفلکشن مفصل مچ پا از جمله‌ی مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب پیچ خوردگی قرار دهد (۶-۱۳). بطوریکه برادیک^۴ و همکاران بیان می‌کنند که خطر آسیب پیچ خوردگی مچ پا در افرادی که انعطاف‌پذیری مناسبی در عضلات مچ پا ندارند، تا پنج برابر بیشتر از سایرین است (۱۳). محققان معتقدند که انجام فعالیت‌های مهم ورزشی نظیر چمباتمه زدن، دویدن و پرش و فرود، بهره‌مندی از دامنه‌ی دورسی فلکشن ۲۰ تا ۳۰ درجه را می‌طلبد (۱۶-۱۴، ۹). لذا توجه به برخورداری از دامنه‌ی طبیعی حرکات مفصل مچ پا و انعطاف‌پذیری مناسب بافت‌های نرم اطراف مفصل، بخصوص انعطاف‌پذیری ساختارهای خلفی ساق پا برای انجام فعالیت‌های مختلف، به خصوص در افراد ورزشکار حیاتی می‌باشد. مچ پا بیشترین ثبات را در وضعیت دورسیفلکشن و کمترین ثبات را در وضعیت پلانٹارفلکشن دارد. محدودیت حرکتی دورسیفلکشن باعث می‌شود تا مچ پا در طی انجام فعالیت‌های مختلف، به دامنه‌ی انتهایی طبیعی دورسی فلکشن خود نرسد و در پلانٹارفلکشن نسبی باقی بماند. این حالت باعث می‌شود تا مچ پا به حداکثر ثبات مکانیکی خود^۵ دست پیدا نکند و عدم دستیابی این مفصل به حداکثر ثبات مکانیکی خود، احتمال خطر ایجاد حرکت اینورژن غیرطبیعی را افزایش می‌دهد (ساز و کار بروز پیچ خوردگی مچ پا) (۱۴).

نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسیفلکشن مچ پا، علاوه بر تغییر در کینماتیک اندام تحتانی در

حین انجام حرکات مختلف ورزشی، بر عملکرد عصبی-عضلانی اندام تحتانی نیز تأثیر گذاشته و فعالیت عضلات اطراف مچ پا را تغییر می‌دهد (۱۹-۱۷، ۲، ۴، ۹). ماکروم^۵ و همکاران در تحقیقی با محدود کردن دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا از طریق قرار دادن یک تخته‌ی شیب‌دار در قسمت جلوی پای افراد، مشاهده کردند که این کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن، علاوه بر تغییر در کینماتیک اندام تحتانی، فعالیت عضلات وستوس داخلی و خارجی^۶ را کاهش، فعالیت عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی^۷ را بدون تغییر و فعالیت عضله‌ی سولئوس^۸ را افزایش می‌دهد (۱۷).

سیستم عصبی-عضلانی نقش بسیار تعیین‌کننده‌ی در فعال‌سازی به موقع عضلات اطراف مچ پا و پیشگیری از بروز آسیب پیچ خوردگی مچ پا دارد. اهمیت فعال‌سازی مناسب و به‌موقع عضلات پروئنال و عضلات پلانٹارفلکسور مچ پا که نقش محافظتی و بسیار تعیین‌کننده‌ی در کنترل الگوهای حرکتی مچ پا به‌هنگام فرود ایفا می‌کنند، در تحقیقات مختلف مورد توجه قرار گرفته است (۲۲-۴، ۱۸). محققان بر نقش عضلات پروئنال در جلوگیری از ایجاد گشتاورهای احتمالی اینورژنی مچ پا به‌هنگام فرود تأکید دارند (۲۲، ۱۸، ۴). همچنین بیان شده است که عضلات پلانٹارفلکسور نیز، نقش بارزی در جلوگیری از بروز آسیب پیچ خوردگی مچ پا بوسیله‌ی بکارگیری گشتاور اکستنسوری مناسب در جهت کاهش شتاب بدن به سمت پایین، به‌هنگام فرود ایفا می‌کنند (۲۱).

هر عاملی که عملکرد سامانه عصبی-عضلانی را دچار اختلال کند، می‌تواند مچ پا را در معرض آسیب قرار دهد (۲۳). همان‌طور که گفته شد، کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا، یکی از عواملی است که می‌تواند سبب تغییر در عملکرد عصبی-عضلانی عضلات اطراف مچ پا شود و این مفصل را در معرض آسیب پیچ خوردگی قرار دهد. با این حال تعداد مطالعاتی که به بررسی تأثیر کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا بر عملکرد عصبی-عضلانی عضلات اطراف مفصل مچ پا پرداخته باشد، محدود و انگشت‌شمار است. اندک تحقیقاتی نیز که در این خصوص انجام شده است، عمدتاً بر روی افرادی بوده که خود بطور طبیعی دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا نبوده‌اند و محققان در آن تحقیقات با اعمال یک مداخله، دامنه‌ی حرکتی مچ پا را بصورت غیرطبیعی دست‌کاری کرده‌اند. لذا هدف از این تحقیق، مقایسه‌ی زمان آغاز فعالیت منتخبی از عضلات اطراف مفصل مچ پا (پرونئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی، سولئوس و تیبیالیس قدامی)

1- Functional ankle instability
5-Macrum

2- Osteoarthritis
6- Vastus medialis and lateralis

3-Bradic
7- Lateral gastrocnemius

4- Closed packed position
8- Soleus



ورزشکاران دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و ورزشکاران سالم، در حین انجام حرکت پرش_فروود تک پا می‌باشد.

ورزشکاران دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و ورزشکاران سالم، در حین انجام حرکت پرش_فروود تک پا می‌باشد.

این تحقیق توصیفی_مقایسه‌ای بر روی ۱۵ ورزشکار مرد ۲۵-۲۰ ساله دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن و ۱۵ ورزشکار مرد سالم انجام شد. نمونه‌های تحقیق به صورت غیر تصادفی و از بین دانشجویان عضو تیم‌های هندبال، بسکتبال و والیبال دانشگاه تهران، انتخاب شدند و در هر گروه ۵ والیبالیست، ۵ هندبالیست و ۵ بسکتبالیست قرار گرفتند. نمونه‌های دو گروه از نظر پارامترهایی همچون سن، قد و وزن و شاخص توده بدنی همسان انتخاب شدند. معیارهای خروج از تحقیق عبارت بودند از: سابقه پیچ خوردگی مچ پا در دو سال قبل از زمان اندازه‌گیری، وجود بی‌ثباتی عملکردی مفصل مچ پا، وجود بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا، سابقه شکستگی یا جراحی مفاصل اندام تحتانی، سابقه آسیب لیگامانی یا منیسک در زانو، داشتن سابقه برنامه توان‌بخشی برای اندام تحتانی (در شش ماه قبل از زمان اندازه‌گیری)، وجود بیماری‌های سیستمیک مانند روماتیسم و دیابت و سابقه مشکلات تعادلی (۲۲).

جهت اندازه‌گیری دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا برای تشخیص ورزشکارانی که دارای محدودیت حرکتی بودند، از گونیامتر یونیورسال استفاده شد. به همین منظور، از افراد خواسته می‌شد تا بصورت دمر و با زانوی کاملاً صاف بر روی تخت دراز بکشند. سپس گونیامتر یونیورسال بر روی مفصل مچ پا قرار داده می‌شد، بطوریکه یک بازوی آن در راستای استخوان نازک‌نی و بازوی دیگر آن در راستای استخوان پنجم کف پای قرار داده می‌شد. دامنه‌ی غیرفعال دورسی فلکشن مفصل از وضعیت طبیعی مفصل (صفر درجه) اندازه‌گیری شد (۱۰، ۱۱، ۲۴، ۲۵).

جهت حصول اطمینان از وجود و یا عدم وجود محدودیت حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در نمونه‌های تحقیقی، سعی شد افرادی انتخاب شوند که ۳ درجه از میزان طبیعی دورسی فلکشن مچ پا (۲۰ درجه) فاصله داشته باشند (۹). بر همین اساس افرادی در گروه محدودیت حرکتی قرار می‌گرفتند که دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پایشان کمتر از ۱۷ درجه و افرادی در گروه کنترل قرار می‌گرفتند که دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پایشان بیشتر از ۲۳ درجه بود.

عضلات مورد ارزیابی در تحقیق حاضر شامل عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی، سولئوس و تیبیالیس قدامی بودند. به‌منظور ثبت زمان آغاز فعالیت عضلات، از دستگاه

الکترومیوگرافی سطحی ۱۶کاناله مدل (ام ایی ۶۰۰۰) ساخت شرکت مگاوین^۱ کشور فنلاند استفاده شد. جهت آماده‌سازی پوست و کاهش مقاومت آن، ابتدا موهای زائد محل مورد نظر با تیغ اصلاح یکبار مصرف تراشیده و سپس با الکل تمیز شد. از الکترودهای چسبنده و یک بار مصرف و از جنس نقره/کلرید نقره^۲ با سطح مقطع دایره‌ای به قطر ۱۰ میلی‌متر استفاده شد و الکتروگذاری به روش دو قطبی و فاصله مرکز به مرکز الکترودها ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد (۲۶، ۲۷). ضمناً الکتروگذاری از روش ارائه‌شده در استاندارد اروپا^۳ تبعیت شد. الکتروگذاری عضله پروئوس لانگوس در فاصله‌ی یک‌چهارم سر استخوان فیبولا تا قوزک خارجی، الکتروگذاری عضله گاستروکنمیوس خارجی در فاصله‌ی یک‌سوم سر استخوان فیبولا تا مرکز پاشنه پا، الکتروگذاری عضله سولئوس در دو سوم فاصله میان خطی که کندیل داخلی ران و قوزک داخلی را به هم متصل می‌نماید و الکتروگذاری عضله تیبیالیس قدامی در یک سوم فاصله سر استخوان فیبولا و قوزک داخلی در راستای تارهای عضلات و بر روی بالک عضلات انجام گرفت. الکتروگذاری نیز در فاصله‌ی مناسب از بالک عضلات و بر روی یک ناحیه‌ی استخوانی چسبناک شد. همچنین از هر یک از عضلات یک انقباض ارادی بمنظور دقت بیشتر در تعیین محل اتصال الکترودها، گرفته شد. برای جلوگیری از جابجایی الکترودها و ایجاد اغتشاش در موج ثبت‌شده، الکترودها و کابل‌های آن، بوسیله‌ی چسب کاغذی به بدن ثابت شدند و پیش از ثبت امواج الکترومغناطیس عضلات، امواج از لحاظ وجود نویزهای مزاحم بررسی شدند (۲۰، ۱۷).

پس از آماده شدن کامل فرد، بمنظور آشنایی کامل با تکلیف پرش_فروود تک پا، ابتدا توضیحات کاملی در خصوص نحوه‌ی انجام تکلیف، برای نمونه‌های تحقیق ارائه شد. سپس از آنها خواسته می‌شد تا با توجه به توضیحات ارائه‌شده و برای آمادگی بیشتر، تکلیف را برای چند مرتبه تمرین و تکرار نمایند. پس از آن و درحالی‌که دستگاه الکترومیوگرافی روشن بود، بمنظور ثبت زمان آغاز فعالیت عضلات، از آنها خواسته می‌شد تا تکلیف را برای پنج بار و با زمان استراحت یک دقیقه بین هر تکرار، انجام دهد. نحوه‌ی انجام تکلیف پرش_فروود تک پا بدین صورت بود که از فرد خواسته می‌شد تا بر روی یک پله‌ی ۴۰ سانتی‌متری که با هدف انجام تکلیف پرش_فروود تعبیه شده بود، درحالی‌که دست‌هایش را بر روی کمر خود قرار داده، پای مورد آزمون (پای برتر) را از زانو خم کرده و با پای دیگر بایستد. سپس به میزان پنج درصد قد خود به بالا پریده و با پای مورد آزمون در مرکز دستگاه سوئیچ پای^۵ که بمنظور ثبت لحظه‌ی تماس پا با زمین ساخته شده بود، فرود آید و تعادل خود را برای مدت ۳ ثانیه

روش بررسی

ورزشکاران دارای محدودیت دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا و ورزشکاران سالم، در حین انجام حرکت پرش_فروود تک پا می‌باشد.

این تحقیق توصیفی_مقایسه‌ای بر روی ۱۵ ورزشکار مرد ۲۵-۲۰ ساله دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن و ۱۵ ورزشکار مرد سالم انجام شد. نمونه‌های تحقیق به صورت غیر تصادفی و از بین دانشجویان عضو تیم‌های هندبال، بسکتبال و والیبال دانشگاه تهران، انتخاب شدند و در هر گروه ۵ والیبالیست، ۵ هندبالیست و ۵ بسکتبالیست قرار گرفتند. نمونه‌های دو گروه از نظر پارامترهایی همچون سن، قد و وزن و شاخص توده بدنی همسان انتخاب شدند. معیارهای خروج از تحقیق عبارت بودند از: سابقه پیچ خوردگی مچ پا در دو سال قبل از زمان اندازه‌گیری، وجود بی‌ثباتی عملکردی مفصل مچ پا، وجود بی‌ثباتی مکانیکی مفصل مچ پا، سابقه شکستگی یا جراحی مفاصل اندام تحتانی، سابقه آسیب لیگامانی یا منیسک در زانو، داشتن سابقه برنامه توان‌بخشی برای اندام تحتانی (در شش ماه قبل از زمان اندازه‌گیری)، وجود بیماری‌های سیستمیک مانند روماتیسم و دیابت و سابقه مشکلات تعادلی (۲۲).

جهت اندازه‌گیری دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا برای تشخیص ورزشکارانی که دارای محدودیت حرکتی بودند، از گونیامتر یونیورسال استفاده شد. به همین منظور، از افراد خواسته می‌شد تا بصورت دمر و با زانوی کاملاً صاف بر روی تخت دراز بکشند. سپس گونیامتر یونیورسال بر روی مفصل مچ پا قرار داده می‌شد، بطوریکه یک بازوی آن در راستای استخوان نازک‌نی و بازوی دیگر آن در راستای استخوان پنجم کف پای قرار داده می‌شد. دامنه‌ی غیرفعال دورسی فلکشن مفصل از وضعیت طبیعی مفصل (صفر درجه) اندازه‌گیری شد (۱۰، ۱۱، ۲۴، ۲۵).

جهت حصول اطمینان از وجود و یا عدم وجود محدودیت حرکتی دورسی فلکشن مچ پا در نمونه‌های تحقیقی، سعی شد افرادی انتخاب شوند که ۳ درجه از میزان طبیعی دورسی فلکشن مچ پا (۲۰ درجه) فاصله داشته باشند (۹). بر همین اساس افرادی در گروه محدودیت حرکتی قرار می‌گرفتند که دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پایشان کمتر از ۱۷ درجه و افرادی در گروه کنترل قرار می‌گرفتند که دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پایشان بیشتر از ۲۳ درجه بود.

عضلات مورد ارزیابی در تحقیق حاضر شامل عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی، سولئوس و تیبیالیس قدامی بودند. به‌منظور ثبت زمان آغاز فعالیت عضلات، از دستگاه



در محیط متلب از فیلتر ناچ^۲ ۵۰ هر تیز عبور داده می‌شود و سپس موارد عنوان شده فوق برای تشخیص زمان آغاز فعالیت عضلات لحاظ می‌شود.

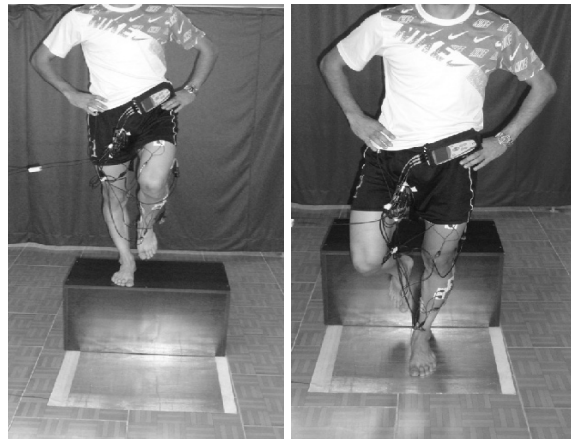
قابل ذکر است قبل از انجام تحقیق ۳ نفر از ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن و ۳ نفر از ورزشکاران سالم که قرار بود در تحقیق شرکت کنند بصورت تصادفی انتخاب شدند و با انجام تکلیف پرش فرود تک پا به تکرار ۵ بار میزان پایایی زمان آغاز فعالیت عضلات بوسیله الکترومیوگرافی در این افراد مورد بررسی قرار گرفت. پایایی زمان آغاز فعالیت عضلات در هر دو گروه ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی (پروئوس لانگوس ICC: ۹۱/۰، گاستروکنمیوس خارجی ICC: ۸۲/۰، سولئوس ICC: ۸۷/۰، تیبالیس قدامی ICC: ۸۴/۰) و ورزشکاران سالم (پروئوس لانگوس ICC: ۸۷/۰، گاستروکنمیوس خارجی ICC: ۸۰/۰، سولئوس ICC: ۸۳/۰، تیبالیس قدامی ICC: ۹۰/۰) بالا بدست آمد.

برای توصیف متغیرها از آمار توصیفی و برای تجزیه و تحلیل یافته‌ها از آمار استنباطی استفاده شد. داده‌ها بوسیله نرم افزار اس پی اس اس^۴ نسخه ۱۹ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت بررسی وجود اختلاف در مشخصات آنترپومتریکی بین دو گروه، از آزمون تی مستقل و برای مقایسه زمان آغاز فعالیت عضلات بین دو گروه از روش آماري تحلیل واریانس چندمتغیری^۵ استفاده شد. سطح معنی داری در تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

مشخصات مربوط به سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی و دامنه‌ی دورسی فلکشن نمونه‌های تحقیقی به تفکیک گروه مربوطه در جدول شماره ۱ گزارش شده است.

حفظ نماید (شکل ۱) (۲۸، ۲۲، ۲۱). قابل ذکر است میزان پرش بر حسب پنج درصد قد بر روی استادیومتر مشخص می‌گردید و فرد باید به اندازه مشخص شده بر روی استادیومتر می‌پرد که این میزان پرش توسط محقق کنترل می‌شد.



شکل ۱: نحوه انجام تکلیف پرش فرود

برای محاسبه زمان آغاز فعالیت عضلات، در ابتدا امواج یک‌سویه شده و سه برابر انحراف استاندارد میزان فعالیت الکتریکی عضله در خط زمینه به عنوان آستانه آغاز فعالیت شناخته می‌شود. بر طبق قرارداد، هنگامی که فعالیت عضله به آستانه رسید و حداقل به مدت ۲۵ میلی‌ثانیه بالای سطح آستانه باقی ماند، این نقطه به عنوان زمان آغاز فعالیت در نظر گرفته می‌شود (۲۶). در تحقیق حاضر، از این روش در بازه زمانی ۳۰۰ میلی‌ثانیه پیش از برخورد پا با زمین استفاده شد. برای انجام محاسبات فوق، ابتدا فایل‌های ثبت شده در برنامه مگاوین به فرمت آسکی^۱ تبدیل شده و سپس در برنامه متلب^۲ مورد بررسی قرار گرفت. سیگنال‌های الکترومیوگرافی در برنامه نوشته شده توسط متخصص الکترونیک

جدول ۱- نتایج آزمون تی مستقل جهت بررسی وجود اختلاف بین مشخصات آنترپومتریکی گروه کنترل (n=۱۵) و گروه دارای محدودیت دورسی فلکشن (n=۱۵)؛ میانگین ± انحراف معیار

متغیر	گروه کنترل	دامنه اعداد	گروه محدودیت دورسی فلکشن	دامنه اعداد	P
وزن (kg)	۸۰/۸۴±۵/۵۴	۶۷-۸۳	۷۹/۰۶±۵/۳۱	۷۱-۸۳	۰/۵۴
قد (cm)	۱۸۸±۴/۹۵	۱۷۵-۱۹۰	۱۸۶±۴/۸۷	۱۷۳-۱۹۰	۰/۰۹
شاخص توده بدنی (kg/m ²)	۲۴/۳۱	-۲۵/۴۸	۲۳/۹۷	۲۲/۵۷-۲۴/۸۳	۰/۲۷
سن (سال)	۲۲/۳±۱/۳۶	۲۰-۲۵	۲۲/۶±۱/۳۳	۲۰-۲۴	۰/۹۱
دورسی-فلکشن (درجه)	۲۵/۳±۱/۳۱	۲۳-۲۸	۱۲/۹۳±۲/۱۷	۹-۱۶	۰/۰۰



گروه ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن و ورزشکاران سالم اختلاف معنی داری وجود دارد ($p=0/004$) (جدول ۲).

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس چندمتغیری برای بررسی اختلاف میانگین زمان آغاز فعالیت عضلات دو گروه نشان داد هنگامی که زمان آغاز فعالیت هر ۴ عضله توأم با هم در نظر گرفته شوند، بین زمان آغاز فعالیت ۴ عضله در بین دو

جدول ۲- نتایج MANOVA برای مقایسه زمان آغاز فعالیت عضلات منتخب، بین دو گروه کنترل و محدودیت دورسی فلکشن

متغیر	Wilks' λ	F	Sig.	Partial η^2
زمان آغاز فعالیت	۰/۵۳۶	۵/۱۹	۰/۰۰۴	۰/۴۶

بیشتری را در زمان آغاز فعالیت عضلات ذکر شده نشان دادند؛ درحالی که زمان آغاز فعالیت عضله تیبیالیس قدامی بین دو گروه تفاوت معناداری نداشته است (جدول ۳).

نتایج آزمون‌های بین گروهی نشان داد که بین زمان آغاز فعالیت عضلات پروئئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس در بین دو گروه اختلاف معنی داری وجود دارد و گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن نسبت به گروه کنترل، تأخیر

جدول ۳- مقایسه زمان تأخیر فعالیت تک تک عضلات بین دو گروه کنترل و دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن (بر حسب میلی ثانیه)

متغیر	عضله	گروه	میانگین \pm انحراف معیار	F	p	Partial η^2
زمان آغاز فعالیت	پروئئوس لانگوس	کنترل	-۲۴۳/۰۷ \pm ۹۱/۱۵	۱۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۲۷۱
		محدودیت	-۱۶۱/۲۵ \pm ۴۴/۴۷			
زمان آغاز فعالیت	گاستروکنمیوس خارجی	کنترل	-۲۱۸/۲۳ \pm ۶۳/۳	۱۵/۱۴	۰/۰۰۱	۰/۳۵۹
		محدودیت	-۱۴۱/۳۱ \pm ۴۲/۸۸			
زمان آغاز فعالیت	سولئوس	کنترل	-۲۲۳/۶۹ \pm ۶۳/۱۱	۶/۶	۰/۰۱۶	۰/۱۹۷
		محدودیت	-۱۷۰/۰ \pm ۴۹/۴۵			
زمان آغاز فعالیت	تیبالیس قدامی	کنترل	-۹۱/۱۵ \pm ۳۰/۸۸	۰/۷۶	۰/۳۹۱	۰/۰۲۷
		محدودیت	-۱۰۱/۳۱ \pm ۳۱/۴۸			

تنها به بررسی سطح فعالیت عضلات پرداخته است (۱۷). ماکروم و همکاران با قرار دادن یک سطح شیب دار در قسمت جلو پای افراد غیرورزشکار، حین انجام تکلیف غیر عملکردی چمباتمه زدن دوپا به صورت غیرطبیعی دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن آنها را محدود کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که اعمال این مداخله علاوه بر تغییر کینماتیک اندام تحتانی، باعث افزایش سطح فعالیت عضله‌ی سولئوس و بی تغییر ماندن سطح فعالیت عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی شد. همچنین نتایج آنها نشان داد که فعالیت عضلات وستوس داخلی و خارجی زانو دچار کاهش شده است. آنها در توجیه نتایج خود بیان داشتند که کاهش فعالیت عضلات زانو احتمالاً بدلیل تغییر در کینماتیک اندام تحتانی بوده است. همچنین افزایش فعالیت عضله‌ی سولئوس را به نقش محافظتی این عضله در کنترل الگوهای حرکتی مفصل مچ پا نسبت داده‌اند.

بحث

تحقیق حاضر به مقایسه‌ی زمان آغاز فعالیت عضلات منتخب مچ پا بین ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن مچ پا با ورزشکاران سالم، حین انجام تکلیف پرش_فرود تک پا پرداخته است. نتایج تحقیق نشان داد که ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن، دارای تأخیر بیشتری در زمان آغاز فعالیت عضلات پروئئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس، نسبت به گروه کنترل می‌باشند. درحالی که زمان آغاز فعالیت عضله‌ی تیبالیس قدامی در بین دو گروه، اختلاف معنی داری نداشت. بر اساس دانسته‌های محققین، تاکنون هیچ تحقیقی به بررسی تاثیر کاهش دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پا بر زمان آغاز فعالیت عضلات اطراف مچ پا نپرداخته است. در این خصوص، تنها به طور غیر مستقیم می‌توان از تحقیق ماکروم و همکاران نام برد که آن تحقیق نیز



اختلال در عملکرد عصبی-عضلانی عضلات اطراف مچ پا که در تحقیق حاضر مشاهده شد از چند جنبه با تحقیق ماکروم و همکاران متفاوت است. اولاً این که تکلیف انجام شده در تحقیق ماکروم و همکاران، چمباتمه زدن دوپا بوده است، که یک تکلیف ایستا و غیر عملکردی در مورد پیچ خوردگی مچ پا می‌باشد، اما تکلیف انجام شده در تحقیق حاضر، پرش-فرود تک پا(که یک تکلیف عملکردی است) می‌باشد. ثانياً آزمودنی‌های تحقیق ماکروم و همکاران افراد غیر ورزشکار بوده‌اند؛ این درحالیست که تحقیق حاضر بر روی افراد ورزشکار انجام شده است. همچنین در تحقیق ماکروم و همکاران، دامنه‌ی حرکتی دورسی فلکشن مچ پای افراد بصورت غیرطبیعی و با قرار دادن یک سطح شیب‌دار در زیر پای افراد محدود شده بود، که این موضوع باعث می‌شد تا عضلات پلانٹارفلکسور مچ پا در حالت کاملاً کشیده قرار بگیرند؛ درحالی که تحقیق حاضر بر روی افرادی انجام شده است که عضلات پلانٹارفلکسور مچ پایشان دچار کوتاهی است و این افراد خود بطور طبیعی دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن می‌باشند.

اختلال در عملکرد عصبی-عضلانی عضلات اطراف مچ پا که در ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن مشاهده شد را می‌توان به تغییر در برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ای که از سیستم عصبی مرکزی به عضلات فرستاده می‌شود نسبت داد(۲۰، ۲۲). تغییر در برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ی ارسالی از سیستم عصبی مرکزی، که در این تحقیق مشاهده شده است را می‌توان این گونه توجیه کرد که محدودیت حرکتی دورسی فلکشن در درازمدت منجر به اختلال در حس عمقی مفصل مچ پا می‌شود(۲، ۲۹). اختلال در حس عمقی مفصل مچ پا نیز، منجر به تغییر در پیام‌های آوران ارسالی از مفصل به سیستم عصبی می‌شود. پیام‌های آوران تغییر یافته، در دراز مدت می‌تواند تغییرات نوروفیزیولوژیک گسترده، از جمله تغییر در فرمان‌های حرکتی که به عضلات ارائه می‌شوند را موجب شود(۲۰، ۳۰).

یافته‌ها حاکی از آن است که برنامه‌های از پیش طراحی شده‌ی کنترل حرکتی که از جانب سیستم عصبی صادر می‌شود، نقش مهمی در فعال‌سازی به موقع عضلات در خلال انجام فعالیت‌های مختلف دارد(۲۲). آغاز فعالیت عضلات پیش از تماس پا با زمین و در پی آن ظهور فعالیت پیش خوراند عضلات، نشان از وجود یک راهبرد کنترل حرکتی مرکزی دارد که عضلات را برای جذب نیروهای تماسی به هنگام فرود، آماده می‌کند(۲۲). بدیهی است که فعال‌سازی به موقع عضلات مچ پا توسط برنامه‌های از پیش طراحی شده کنترل حرکتی ارائه شده از جانب سیستم عصبی، پیش از تماس پا با زمین، نقش مهمی در ایجاد ثبات

و استحکام مفصل مچ پا و جلوگیری از بروز آسیب در هنگام فرود پس از پرش ایفا می‌کند. بطور کلی آغاز فعالیت عضلات پیش از تماس پا با زمین به هنگام پرش فرود به دو دلیل صورت می‌گیرد(۳۱: ۱) به منظور ایجاد یک سفتی اولیه در بافت‌های انقباضی، که این سفتی اولیه امکان استفاده از انرژی الاستیک ساختارهای تاندون-عضله در محل اتصال با بافت‌های انقباضی عضلات را فراهم می‌آورد و ۲) به منظور کنترل شتاب حرکتی مفاصل در طول فعالیت‌های پویا نظیر پرش فرود که این موضوع می‌تواند یک مکانیسم محافظتی برای لیگامان‌ها و مفاصل در برابر آسیب‌های احتمالی باشد. تأخیر در زمان آغاز فعالیت عضلات مچ پا و همچنین تغییر در زمان آغاز فعالیت این عضلات نسبت به یکدیگر می‌تواند باعث خطا در وضعیت قرارگیری مفصل مچ پا هنگام تماس پا با زمین، حین پرش فرود شود. بروز خطا در وضعیت قرارگیری مفصل مچ پا به هنگام تماس پا با زمین می‌تواند مچ پا را در معرض چرخش اینورژنی و آسیب به لیگامان‌های خارجی قرار دهد(۲۰). این اختلال عملکردی می‌تواند منجر به تغییر در نیروهای وارده به مفصل در صفحه‌ی فرونتال و نهایتاً بروز آسیب به لیگامان‌های خارجی مفصل شود.

عضله‌ی پروئنوس لانگوس، مهم‌ترین اورتور مفصل مچ پا و مهم‌ترین ثابت‌دهنده‌ی مفصل در برابر نیروهای ناگهانی اینورتوری است(۲۱، ۲۲). تأخیر در زمان آغاز فعالیت عضله‌ی پروئنوس لانگوس می‌تواند منجر به اختلال در وضعیت قرارگیری مفصل مچ پا در لحظه‌ی برخورد پا با زمین شود. نتایج تحقیقات حاکی از وجود یک تأخیر الکترومکانیکال در عضله‌ی پروئنوس لانگوس می‌باشد(۲۱). تحقیقات انجام گرفته بر روی این عضله نشان می‌دهد که بین لحظه‌ی فعال شدن این عضله و تولید گشتاور اورتوری حول مفصل ساب‌تالار، یک فاصله‌ی زمانی وجود دارد که به این فاصله‌ی زمانی، تأخیر الکترومکانیکال گفته می‌شود. بنابراین فعال‌سازی به موقع عضله‌ی پروئنوس لانگوس هنگام انجام پرش-فرود و پیش از تماس پا با زمین، جهت به حداقل رساندن اثرات تأخیر الکترومکانیکال این عضله و ایجاد یک گشتاور اورتوری مناسب(جلوگیری از ایجاد گشتاور اینورتوری احتمالی) در مفصل ساب‌تالار، ضروری به نظر می‌رسد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عضله‌ی پروئنوس لانگوس در ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن، دارای تأخیر در زمان آغاز فعالیت خود می‌باشد. همان‌طور که گفته شد، این تأخیر در زمان آغاز فعالیت این عضله می‌تواند موجب خطا در وضعیت قرارگیری مچ پا هنگام تماس با زمین شود و این مفصل را در معرض کشیدگی لیگامان‌های خارجی قرار دهد.



برابر سقوط ناگهانی اندام تحتانی، بوسیله‌ی بکارگیری گشتاور اکستنسوری مناسب و در جهت کاهش شتاب بدن به سمت پایین، مهم و ضروری است (۱۸). عضله‌ی سولئوس نیز همانند عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی، عملکرد محافظتی مهمی در مجموعه‌ی میچ پا و پا، در هنگام فرود دارد. شروع به موقع فعالیت این عضله پیش از تماس پا با زمین، سفتی مفصل را پیش از وقوع بارگذاری مکانیکی (برخورد با زمین)، افزایش داده و با بهبود عکس‌العمل به سطح فرود، به فرد اجازه می‌دهد که به‌طور صحیح با فرو ریختن اندام تحتانی مقابله کند (۲۲). تأخیر در آغاز فعالیت این عضله پیش از تماس پا با زمین در هنگام فرود، باعث کاهش میزان فعالیت پیش‌خوراند این عضله و متعاقب آن کاهش در میزان تولید گشتاور پلانٹارفلکسوری مجموعه‌ی میچ پا در زمان برخورد با زمین می‌شود (۲۲). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان از تغییر در الگوهای فعال‌سازی عضلات میچ پا در گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن دارد. بطوریکه عضلات پروئوس لانگوس، گاستروکنمیوس خارجی و سولئوس گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن، دارای تأخیر در زمان فعال‌سازی خود می‌باشند. لذا با توجه به گفته‌های کالفیلد و یلکستروم، می‌توان نتیجه گرفت که تأخیر مشاهده شده در عضلات فوق‌الذکر، احتمالاً می‌تواند سبب کاهش فعالیت پیش‌خوراند این عضلات شده و از نقش محافظتی این عضلات بر روی مفصل میچ پا، در برابر آسیب کشیدگی لیگامان‌های خارجی این مفصل، بکاهد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ورزشکاران دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن میچ پا، دارای الگوی فعال‌سازی عضلانی متفاوتی نسبت به گروه کنترل هستند. این الگوی فعال‌سازی متفاوت، سبب تأخیر در زمان آغاز به فعالیت برخی از عضلات میچ پای این افراد شده است. لذا توصیه می‌شود که در انجام کلیه برنامه‌های غربالگری ورزشکاران، پیش از شروع فصل و یا حتی در طول برگزاری مسابقات، به دامن‌های حرکتی مفصل میچ پای این افراد و به‌خصوص دامن‌های حرکتی دورسی فلکشن مفصل میچ پا توجه ویژه شود تا این عامل خطرزای آسیب پیچ خوردگی میچ پا، کنترل شود. همچنین توصیه می‌شود که پس از شناسایی افراد دارای محدودیت حرکتی، علاوه بر طراحی تمرینات انعطاف‌پذیری مفصل میچ پا و با توجه به برهم خوردن کنترل حرکتی و عملکرد نامناسب سیستم عصبی-عضلانی، نسبت به طراحی تمرینات عصبی-عضلانی، جهت بهبود و ارتقاء عملکرد عصبی-عضلانی این افراد اقدام شود.

نکته‌ی قابل توجه دیگری که در نتایج تحقیق حاضر بدست آمد این بود که اگرچه بین زمان آغاز فعالیت عضله‌ی تیبیالیس قدامی در دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما نتایج نشان داد که این عضله در گروه دارای محدودیت حرکتی دورسی فلکشن، زودتر از گروه کنترل فعال می‌شود. تأخیر در زمان فعال‌سازی عضله‌ی پروئوس لانگوس و زودتر فعال شدن عضله‌ی تیبیالیس قدامی در گروه دارای محدودیت حرکتی از این لحاظ می‌تواند نگران‌کننده باشد که از آنجائیکه عضله‌ی پروئوس لانگوس یک اورتور و عضله‌ی تیبیالیس قدامی یک اینورتور می‌باشد، تأخیر در زمان فعال‌سازی عضله‌ی پروئوس لانگوس نسبت به عضله‌ی تیبیالیس قدامی، منجر به برهم خوردن رابطه‌ی هم‌انقباضی بین این دو عضله (عضلات آنتاگونیست مفصل ساب‌تالار) شده و می‌تواند بازوی گشتاور مفصل ساب‌تالار را پیش از تماس پا با زمین، به سمت اینورژن برده و این مفصل را در معرض آسیب پیچ خوردگی خارجی قرار دهد. هم‌انقباضی عضلات آنتاگونیست میچ پا قبل از فرود، سفتی مفصل را افزایش می‌دهد و می‌تواند ثبات مفصل میچ پا را افزایش داده و آن را برای کنترل تغییر طول سریع و شدید مجموعه‌ی تاندونی-عضلانی و حرکات سریع هنگام فرود آماده کند (۲۲).

کالفیلد^۱ ایمن‌ترین الگو برای محافظت از مفصل میچ پا هنگام انجام پرش فرود را آغاز فعالیت عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی پس از فعال شدن پروئوس لانگوس و به دنبال آنها فعال شدن عضله‌ی تیبیالیس قدامی بیان می‌دارد (۲۱). همچنین وی معتقد است که رابطه‌ی مستقیمی بین زمان آغاز فعالیت عضلات و میزان فعالیت پیش‌خوراندی عضلات وجود دارد. بطوریکه هر چه عضلات زودتر فعال شوند، میزان فعالیت پیش‌خوراندی آنها نیز بیشتر خواهد بود. کالفیلد در خصوص تغییر در الگوی فعال‌سازی عضلات پروئوس لانگوس و گاستروکنمیوس خارجی و تأخیر در زمان آغاز به فعالیت این دو عضله بیان می‌کند که تأخیر در زمان آغاز به فعالیت عضلات پروئوس لانگوس و گاستروکنمیوس خارجی منجر به کاهش فعالیت پیش‌خوراند این دو عضله شده که این کاهش فعالیت، نهایتاً موجب کاهش در تولید گشتاور اورتوری و اکستنسوری این عضلات در مفصل میچ پا می‌شود. وی عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی را یک عضله‌ی کلیدی در ایجاد ثبات مفصل میچ پا در هنگام انجام تکالیف پویای ورزشی نظیر پرش فرود برمی‌شمرد (۲۱). ویلکستروم^۲ نیز در تایید گفته‌های کالفیلد بیان می‌دارد که انجام یک پرش فرود موفق و ایمن، نیازمند فعال‌سازی مناسب و به موقع عضله‌ی گاستروکنمیوس خارجی، پیش از تماس پا با زمین می‌باشد. چراکه عملکرد این عضله به منظور مقاومت در



منابع:

- Bahr R, Engebretsen L. Sport Injury Prevention. 1 ed; IOC publishers; 2009-79-95
- Dastmanesh S, Shojaeddin S. The Effect of core stabilization training on postural control in subjects with chronic ankle instability. J Jah Uni Med Sci. 2011; 9: 1: 14-22.[in persian]
- Daniel TP Fong, Yue-Yan Chan, Kam-Ming Mok, Patrick SH Yung, and Kai-Ming Chan. Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. Sport Med, Arth, Rehab, Thera & Tech. 2009; 37: 1: 73-94
- Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B. Changes in lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity in subjects with functional instability of the ankle joint during a single leg drop jump. J of orth res 2006;24(10): 1991-2000.
- Hoch MC, Staton GS, Medina McKeon JM, Mattacola CG, McKeon PO. Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. J of Sci and Med in Sport. 2012; 15: 6: 574-9
- Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, Mahieu N, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D. Intrinsic Risk Factors for Inversion Ankle Sprains in Male Subjects A Prospective Study. Ame j of sport med 2005;33(3): 415-23.
- Beynon BD, Murphy DF, Alosa DM. Predictive factors for lateral ankle sprains: a literature review. J of athl trai 2002; 37(4): 376-80.
- Canavan PK, Roncarati M, Lyles K, Kenney R. Clinical Evaluation & Testing-Off-Season Screening of an NCAA Division I Men's Basketball Team. Intern J of Athl Ther and Trai 2012; 17(5): 28-32.
- Tabrizi P, McIntyre W, Quesnel M, Howard A. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. J of Bon & Joi Surg 2000; 82(8): 1103-6.
- Chun-Man Fong, Troy Blackburn, Marc F Norcross, Melanie MacGrath and Darin A Padua. Ankle-Dorsiflexion Range of Motion and Landing Biomechanics. J of athl trai. 2011; 46(1): 5-10
- Marie A Johanson, Alanna Cooksey, Caroline Hillier, Heather Kobbeman and Amy Stambaugh. Heel Lift and the Stance Phase of Gait in Subjects With Limited Ankle Dorsiflexion. J of athl trai. 2006; 41(2): 159-65
- Zoran Sarcevic. Limited Ankle Dorsiflexion: A Predisposing Factor to Morbus Osgood Schlatter?. Knee Surg S Trau Arth. 2008; 16: (3): 726-8
- Josipa Bradic, Erol Kovacevic, and Asim Bradic. Dorsiflexion Range of Motion Does Not Significantly Influence Balance In Physically Active Young Women. Hom Spo. 2012; 14: (2): 19-22
- Youdas JW, McLean TJ, Krause DA, Hollman JH. Changes in active ankle dorsiflexion range of motion after acute inversion ankle sprain. J of sport rehab 2009; 18(3): 358-74.
- Martin D, Wiesler E, Hunter D, Curl W, Batson G, Hoen H. Ankle Flexibility and Injury Patterns in Dancers. Sout Med J. 1996; (10): 89-95.
- Lindsjo U, Danckwardt-Lilliestrom G, Sahlstedt B. Measurement of the motion range in the loaded ankle. Clin Orth . 1985;199: 68-71.
- Macrum E, Robert Bell D, Boling M, Lewek M, Padua D. Effect of Limiting Ankle-Dorsiflexion Range of Motion on Lower Extremity Kinematics and Muscle-Activation Patterns During a Squat. J of sport rehab 2012; 21(2): 144-50.
- Wikstrom EA, Tillman MD, Schenker SM, Borsa PA. Failed jumplanding trials: deficits in neuromuscular control. Scand J Med Sci Sport 2008; 18(1): 55-61
- Hamilton M, MS, ATC and James R, Velasquez. Ankle flexibility and jump landing mechanics: implication for ACL injury risk. inter j of athl ther and trai. 2011; 46(6): 5-10
- Caulfield B, Crammond T, O Sullivan A, Reynolds S, Ward T. Altered ankle-muscle activation during jump landing in participants with functional instability of the ankle joint. J of sport rehab. 2004; 13(3): 189-200.
- Suda EY, Amorim CF, de Camargo Neves Sacco I. Influence of ankle functional instability on the ankle electromyography during landing after volleyball blocking. J of Electro and Kinesio. 2009; 19(2): 84-93.
- Samadi H. Effect of neuromuscular training on electromyographic characters of ankle muscles and stability perception in male athlete with functional ankle instability. University of Tehran; (PhD thesis) 2013. [in persian]
- Silvers H J, Mandelbaum B. ACL injury prevention in athletes. J of Sport Orth. 2011; 27(2): 18-26.
- Molgaard C, Rathleff MS, Simonsen O. Patellofemoral pain syndrome and its association with hip, ankle, and foot function in 16- to 18-year-old high school students: a single-blind case-control study. Ame Podiat Med Associ 2011. 101(3): 215-22.
- Moghadam A, Keshavarz R. The Lengths of Knee and Ankle Muscles in Patellofemoral Pain Syndrome. Iran J of Ortho Surg. 2009; 7(4): 172-8. [in persian]
- Haddadnezhad M. Comparing the effect of functional stabilization and plyometric training on lumbo-pelvic muscle electromyography index of active females with trunk control deficit (prone to acl injury). University of Tehran; (PhD thesis) 2013. [in persian]
- Minoonezhad H. The electromyographic study of a six week open, closed and combined kinematic chain exercises on anterior knee pain syndrom. University of Tehran; (PhD thesis) 2012. [in persian]
- Caulfield B, Garrett M. Changes in ground reaction force during jump landing in Subjects with functional instability of the ankle joint. Clin biomec. 2004; 19: (6) 617-21.
- Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. Sport Med 2006; 36(3): 263-77.
- Bryan L, Riemann, Scott M, Lephart. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. J of Athl Trai. 2002;37(1): 80-4.
- Vladimir Mrdakovic, Dusko B. Ilic, Nenad Jankovic, Zeljko Rajkovic and Djordje Stefanovic. Pre-activity Modulation of lower Extremity Muscles Within Different Types and Heights of Deep Jump. J of Sport Sci and Med. 2008; 17(7): 269-78.