

اثرات تمرینات اغتشاشی بر نسبت‌های فعالیت عضلات کوادریسپس و همسترینگ

امیر لطافت کار^{۱*} (M.Sc)، رضا رجبی^۲ (Ph.D)، اسماعیل ابراهیمی تکامجانی^۳ (Ph.D)، هومن مینونزاد^۳ (Ph.D)

۱- دانشگاه خوارزمی، گروه بهداشت و طب ورزشی

۲- دانشگاه تهران، گروه بهداشت و طب ورزشی

۳- دانشگاه علوم پزشکی تهران، گروه فیزیوتراپی و الکتروفیزیولوژی

چکیده

سابقه و هدف: به نظر می‌رسد ایجاد ثبات مفصل زانو از طریق هم‌انقباضی کوادریسپس و همسترینگ در ورزش کاران مبتلا به نقص نوروماسکولار غلبه کوادریسپس ضروری باشد. هم‌انقباضی و نسبت فعالیت کم‌تر در کمپارتمان داخلی زانو، این مفصل را در معرض وضعیت والگوس بیش از حد قرار می‌دهد که آسیب لیگامان صلیبی قدامی (Anterior cruciate ligament, ACL) را تشدید می‌کند. هدف این تحقیق تعیین تاثیر تمرینات اغتشاشی بر نسبت‌های فعالیت عضلات همسترینگ و کوادریسپس در ورزش کاران دارای نقص نوروماسکولار غلبه کوادریسپس بود.

مواد و روش‌ها: اندازه‌گیری‌های الکترومایوگرافی از عضلات کوادریسپس و همسترینگ (حین اجرای آزمون فروددراپ بر روی یک پا) از ۵۳ ورزشکار (۲۶ نفر گروه کنترل و ۲۷ نفر گروه تجربی) دارای نقص غلبه کوادریسپس (شناسایی شده به وسیله آزمون پرش تاک) در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به عمل آمد. پس از اجرای شش هفته تمرینات اغتشاشی بر روی گروه تجربی، از آزمون‌های آنالیز واریانس یک‌طرفه، تی زوجی و مستقل برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.

یافته‌ها: بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی کاهش و در کمپارتمان داخلی کاهش پیدا کردند (هم در مرحله فیدفوراردی و هم فیدبکی). نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی زانو نیز بعد از انجام شش هفته تمرین اغتشاشی در گروه تجربی افزایش پیدا کرد. هم‌چنین اندازه اثر بالایی در متغیرهای مورد بررسی در پس‌آزمون مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: بهبود هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو می‌تواند والگوس زانو و نیروی برشی قدامی را محدود کرده و منجر به کنترل بهینه ACL شود. با در نظر گرفتن اندازه اثر بالای به دست آمده در گروه اغتشاشی، پیشنهاد می‌شود که این تمرینات در اصلاح نقص افراد غلبه کوادریسپس در آینده مورد استفاده قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌های رباط متقاطع قدامی، عضله کوادریسپس، ورزش درمانی، انقباض عضله، مفصل زانو، الکترومایوگرافی.

مقدمه

آسیب لیگامان صلیبی قدامی Anterior cruciate ligament, ACL زانو یکی از آسیب‌های شایع در

باعث قرارگیری زانو در اکستنشن شده و لیگامان ACL را در معرض آسیب دیدگی قرار می‌دهد. یکی از نقش‌های بیومکانیکی لیگامان ACL این است که از جابه‌جایی قدامی تیبیا نسبت به فمور جلوگیری کند. بنابراین هنگامی که از عضله کوادریسپس برای ثبات‌دهی مفصل زانو استفاده می‌شود، در واقع یک نیروی برشی قدامی بر تیبیا و لیگامان ACL وارد شده و این رباط را مستعد آسیب می‌سازند [۳،۲]. در زاویه ۲۰ تا ۳۰ درجه فلکشن زانو، تنش برشی قدامی بیش‌ترین صدمه‌زایی را (به علت افزایش بیش از اندازه فعالیت کوادریسپس نسبت به همسترینگ) برای لیگامان ACL دارد.

در تحقیقی عنوان شده است در سرعت‌های مختلف ایزوکتیک، مردان فعال شدن بیش از حد عضله کوادریسپس را نسبت به همسترینگ نشان می‌دهند. بنابراین مردان ورزش‌کار نیز بر طبق نتایج این تحقیق [۶] و تحقیقات مشابه دیگر [۷،۵-۱۲] دارای غلبه کوادریسپس هستند که نیاز است تدبیرات پیش‌گیرانه خاص در این زمینه در نظر گرفته شوند. با توجه به الگوهای فعال‌سازی نامناسب و بیش از حد کوادریسپس و فعالیت اندک در همسترینگ عنوان شده است که این‌گونه اختلال در زمان‌بندی فعال شدن و نسبت قدرت کوادریسپس به همسترینگ در زنان ورزش‌کار به مراتب بیش‌تر از مردان است.

طبق پیشنهادات تحقیقات قبلی، یکی از انواع تمرینات کمک‌کننده به تعدیل عوامل خطر نوروماسکولار، تمرینات اغتشاشی می‌باشند که بر طبق برنامه‌های تمرینی اختصاصی تقویت کنترل نوروماسکولار طراحی شده‌اند و به این ترتیب از طریق بهبود ثبات داینامیک زانو، به کاهش خطر آسیب لیگامان ACL کمک می‌کند [۲،۳،۵]. در برخی از تحقیقات متعاقب به‌کارگیری تمرینات اغتشاشی، افزایش در میزان هم‌انقباضی عضلات واستوس‌لترال‌یس-مدیال‌گاستروکنمیوس و هم‌چنین عدم تغییر در میزان هم‌انقباضی عضلات واستوس‌لترال‌یس-لترال‌همسترینگ گزارش شده است [۳،۵،۱۳،۱۴]. با وجود چنین تاثیرات مثبتی، تا به حال در تحقیقات اندکی از این نوع تمرینات به‌طور پیش‌گیرانه در

ورزش‌کاران به شمار می‌رود. تحقیقات انجام شده مکانیسم‌های چندعاملی را برای آسیب لیگامان ACL گزارش کرده‌اند که به‌طور کلی در دو گروه عوامل داخلی (آناتومیکی، هورمونی، نوروماسکولار و اختلافات بیومکانیکی در پوسچر بین زنان و مردان) و عوامل خارجی (اغتشاشات بدنی و بصری، بریسینگ، نوع کف کفش، سطح زمین و ...) دسته‌بندی می‌شوند [۱]. بررسی‌های مربوط به آنالیز ویدئویی آسیب‌های لیگامان ACL ورزش‌کاران، چهار نوع نقص حرکتی را عامل آسیب‌های غیربرخوردی لیگامان ACL معرفی کرده‌اند. این نقص‌های حرکتی تحت عنوان ایملانس‌های عضلانی نوروماسکولار مطرح می‌شوند که شامل "غلبه لیگامانی"، "غلبه کوادریسپس"، "غلبه پا" و "غلبه تنه" می‌باشند [۳،۲]. از این ایملانس‌ها می‌توان جهت غربالگری و تعیین افراد در معرض خطر آسیب دیدگی لیگامان ACL (الگوهای حرکتی نامناسب) استفاده کرد. از طرف دیگر تعیین الگوهای حرکتی نامناسب و حرکات کنترل‌نشده می‌تواند در طراحی برنامه‌های پیش‌گیرانه از آسیب لیگامان ACL نقش کمک‌کننده‌ای داشته باشد [۴].

یکی از شایع‌ترین نقص‌های کنترل نوروماسکولار که در مردان و زنان مشاهده می‌شود، نقص غلبه کوادریسپس می‌باشد. نتایج تحقیقات مبین این امر هستند که در طی حرکات پرش- فرود، افراد مبتلا به این نقص با فلکشن اندک زانو فرود می‌آیند. باز شدن قوی و بیش از حد زانو، فشار وارده بر لیگامان ACL را افزایش داده و عدم کمک عضلات خلفی و به‌خصوص همسترینگ‌ها، به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های آسیب لیگامان ACL محسوب می‌شود که تحت عنوان غلبه کوادریسپس نام‌گذاری شده است. به‌طور کلی در غلبه کوادریسپس، فرد برای ایجاد ثبات در مفصل زانو از عضلات کوادریسپس به‌طور زود هنگام و بیش از اندازه استفاده می‌کند [۲،۳،۵]. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، افراد دارای غلبه کوادریسپس اغلب تمایل دارند که با انقباض زود هنگام عضله کوادریسپس، زانو را سفت کرده و ثبات ببخشند. این وضعیت زانو، در طی پرش و فرود و دیگر حرکات ورزشی

(۲۰۱۲) می‌توان پیشنهاد ذکر شده تحقیقات قبلی را به بوتیه آزمایش گذاشت [۱۷-۱۹].

باتوجه به اهمیت برنامه‌های پیش‌گیری از آسیب و شیوع بالای نقص کنترل نوروماسکولار غلبه کوادریسپس و عدم وجود تحقیقی که تاثیر تمرینات اغتشاشی را بر روی افراد در معرض خطر آسیب لیگامان ACL (مبتلا به غلبه کوادریسپس) بررسی کرده باشد، هدف تحقیق حاضر بررسی تاثیر تمرینات اغتشاشی بر نسبت فعالیت الکترومایوگرافی عضلات همسترینگ و کوادریسپس در افراد فعال دارای نقص نوروماسکولار غلبه کوادریسپس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اعمال مداخله، وجود گروه کنترل و انتخاب هدفمند آزمودنی‌ها، روش تحقیق حاضر از نوع نیمه‌تجربی است.

جامعه و نمونه‌های آماری. جامعه آماری این تحقیق شامل دانشجویان زن و مرد فعال ۲۰ تا ۲۵ ساله و نمونه‌های آماری متشکل از ۵۵ آزمودنی (دارای فعالیت ورزشی منظم در سه سال اخیر و با شرط کسب نمره ۱۳ تا ۱۵ در پرسش‌نامه بک)، مبتلا به نقص نوروماسکولار غلبه کوادریسپس بودند. با مراجعه به کلاس‌های آموزشی، پس از تکمیل فرم جمع‌آوری اطلاعات، افرادی که دارای شرایط اولیه ورود به تحقیق بودند به‌وسیله آزمون پرش تاک بررسی شدند و در صورت ابتلا به نقص نوروماسکولار غلبه کوادریسپس غربالگری شده و برای ارزیابی زاویه فلکشن زانو به‌وسیله الکتروگونیا متر آماده می‌شدند. نمونه‌ها ابتدا به‌صورت هدفمند انتخاب و سپس به دو گروه (تمرینات اغتشاشی و کنترل) تقسیم شدند.

انتخاب نمونه‌ها بر اساس یک مطالعه مقدماتی و طبق روش استاندارد انجام شد که در این تحقیق تعداد نمونه مورد نظر برای هر گروه، ۱۲ نفر به‌دست آمد که در این تحقیق برای فائق آمدن بر مشکل ریزش احتمالی نمونه‌ها در طی تحقیق و در دسترس بودن تعداد نمونه‌های کافی از زنان و مردان برای

آسیب لیگامان ACL استفاده شده است [۵]. از طرف دیگر در هیچ تحقیقی، تاثیر این تمرینات بر روی زاویه فلکشن زانو مورد بررسی قرار نگرفته است.

تحقیقاتی که به‌طور مستقیم در ارتباط با بررسی تاثیر تمرینات بر روی غلبه کوادریسپس انجام شده باشد، بسیار اندک بوده و تاکنون چند تحقیق معدود به بررسی این مورد پرداخته‌اند. چمیلوسکی و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که انجام تمرینات اغتشاشی منجر به افزایش زاویه فلکشن زانو، کاهش هم‌انقباضی کوادریسپس - همسترینگ و کوادریسپس - گاستروکنمیوس در افراد دارای آسیب ACL می‌شود [۱۵]. آن‌ها در تحقیق خود تمرینات اغتشاشی را به‌عنوان تمرینات افزایش‌دهنده هماهنگی عضلانی بین عضلات آگونیست و آنتاگونیست زانو معرفی کردند [۱۶، ۱۵]. هارد و همکارانش (۲۰۰۶) نیز به بررسی تاثیر تمرینات نوروماسکولار بر میزان فعالیت عضلات همسترینگ، کوادریسپس و گاستروکنمیوس پرداختند [۵]. از اثرگذاری معنی‌دار تمرینات اغتشاشی در تحقیق آن‌ها می‌توان عنوان کرد که بعد از اجرای تمرینات، زنان فعال‌شدگی سریع‌تری نسبت به مردان در مدیال و لترال همسترینگ نشان دادند [۵].

بر طبق نظرات هارد و همکارانش (۲۰۰۶) برای کاهش میزان آسیب‌های لیگامان ACL از بین عوامل ذکر شده، ایجاد تعدیل و تغییر در فاکتورهای بیومکانیکی و نوروماسکولار می‌تواند مفید واقع شود [۵]. والش و همکاران در تحقیقی جدید (۲۰۱۲) عنوان کردند که افراد دارای غلبه کوادریسپس نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ بیش از حدی دارند و برنامه‌های پیش‌گیرانه از آسیب لیگامان ACL در این گروه از افراد باید بر کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کسب فلکشن اولیه مطلوب در زانو تمرکز داشته باشند [۱۷]. با توجه به پیشنهاد تحقیقات قبلی مبنی بر تمرکز بر اصل هم‌انقباضی همسترینگ و کوادریسپس برای کاهش نقص غلبه کوادریسپس با استفاده از تمرینات اغتشاشی و نیز تمرکز بر کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس و همسترینگ در تحقیق والش و همکاران

انجام مقایسه جنسیتیافته‌ها، ۲۹ نفر در گروه تمرینات‌اغتشاشی (۱۵ زن و ۱۴ مرد) و ۲۶ نفر در گروه کنترل (۱۳ مرد و ۱۳ زن) در نظر گرفته شد. در جریان انجام تحقیق دو نفر (یک زن و یک مرد) از گروه تمرینات اغتشاشی به علت عدم تکمیل تعداد جلسات تمرینی حذف شدند.

قلمرو تحقیق و معیارهای خروج. قلمرو این تحقیق شامل زنان و مردان فعال دارای نقص نوروماسکولار غلبه کوادریسپس گروه سنی ۲۰ تا ۲۵ سال دارای BMI در محدوده طبیعی و دارای پیش‌شرط‌های لازم برای اجرای آزمون پلیومتریک پرش تاک بودند. در تحقیق حاضر افراد با استفاده از روش مشاهده‌ای و همچنین ضبط فیلم پرش و فرم ارزیابی پرش تاک ارزیابی شدند و در صورتی که آزمودنی‌ها در اجرای این آزمون، دارای حداکثر زاویه فلکشن زانوئی کم‌تر از ۳۰ درجه در برخورد پا با زمین طی پرش‌های متعدد بودند در مرحله غربالگری به‌عنوان آزمودنی‌های دارای غلبه کوادریسپس در نظر گرفته شدند. برای بررسی سکانس‌های پرش (جهت ارزیابی غلبه کوادریسپس و فلکشن اندک زانو) از نرم‌افزار Virtual Dub استفاده شد. برای تکمیل روش انتخاب آزمودنی‌ها، از الکتروگونیا متر برای زاویه‌سنجی زانو حین اجرای آزمون پرش تاک بر روی Foot Switch استفاده شد تا زاویه فلکشن مورد نظر دقیق‌تر لحاظ شود. هم‌بستگی بین نمرات آزمون پرش تاک و الکتروگونیا متر ۸۷ درصد به‌دست آمد.

معیارهای خروج از تحقیق نیز شامل شرکت در برنامه تمرینات اغتشاشی در یک سال گذشته، وجود سابقه آسیب‌دیدگی در یک سال گذشته در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود درد و سابقه جراحی در ناحیه تنه و اندام تحتانی، وجود ناهنجاری‌های اندام تحتانی (قابل تشخیص با ارزیابی بصری، بررسی به‌وسیله بن کالیپر و آزمون افت ناوی)، وجود سابقه زایمان (در زنان)، وجود شلی مفصلی بیش از حد (بررسی با استفاده از شاخص بیتون) [۲۰]، وجود سابقه آسیب‌دیدگی وستیبولار، گوش داخلی و لیگامانی در یک سال گذشته، وجود غلبه تنه، غلبه لیگامانی و غلبه پا و وجود کوتاهی

همسترینگ بود. همچنین در طول تحقیق در صورت وجود عدم رضایت آزمودنی‌ها و عدم تمایل آن‌ها به ادامه روند تحقیق، عدم شرکت آزمودنی‌ها در دو جلسه تمرینی متوالی، عدم شرکت آزمودنی‌ها در سه جلسه تمرینی غیر متوالی و آسیب‌دیدگی و ایجاد درد در طول روند انجام تحقیق و حین انجام پس‌آزمون، آزمودنی‌ها از تحقیق حاضر حذف می‌شدند. روش اجرای تحقیق. پس از اطمینان از رعایت اخلاق در پژوهش و اخذ فرم رضایت‌نامه کتبی، آزمودنی‌ها به مدت پنج دقیقه برنامه گرم کردن عمومی شامل دویدن نرم و حرکات کششی و پویای اندام تحتانی را انجام می‌دادند. سپس افراد برای پیش‌شرط‌های لازم مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند و در صورت کسب امتیازات مربوط به پیش‌شرط، آزمون پرش تاک و سپس زاویه‌سنجی زانو با استفاده از الکتروگونیا متر انجام می‌شد. آزمون الکترومیوگرافی عضلات حین فرود بر روییک پا یک ساعت پس از آزمون پرش تاک انجام می‌شد.

پس از شناسایی افراد مبتلا به غلبه کوادریسپس، آزمودنی‌ها به دو گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل تقسیم‌بندی شدند و از آن‌ها پیش‌آزمون الکترومیوگرافی عضلات کوادریسپس و همسترینگ حین فرود بر روییک پا به عمل آمد. پس از انجام شش هفته تمرینات برای گروه اغتشاشی، پس‌آزمون الکترومیوگرافی در شرایط اندازه‌گیری‌های پیش‌آزمون انجام گرفته و نتایج مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. محقق در تمامی مراحل انجام تمرینات حضور داشت.

برای اندازه‌گیری آزمودنی‌های زن از آزمونگر زن و اندازه‌گیری آزمودنی‌های مرد از آزمونگر مرد دارای تخصص لازم برای رعایت اصول اخلاقی تحقیق استفاده شده و پایایی درون آزمونگر و بین آزمونگران نیز با استفاده از Interclass Correlation Coefficient محاسبه گردید که در حد قابل قبول بود. برای اندازه‌گیری پایایی درون آزمونگر، آزمونگر از ۱۵ آزمودنی ۱۰ بار اندازه‌گیری به عمل آورد. هم‌چنین برای جلوگیری از اثر خستگی و یادگیری، فاصله استراحت بین هر اندازه‌گیری ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری

پایایی بین آزمونگران نیز، دو آزمونگر از ۱۵ آزمودنی که به‌صورت تصادفی از آزمودنی‌های تحقیق حاضر انتخاب شده بودند، چهار بار اندازه‌گیری به‌عمل آوردند. هم‌بستگی درون آزمونگر ۰/۸۶ و هم‌بستگی بین آزمونگران ۰/۸۲ به‌دست آمد.

محاسبه میزان فعالیت عضلات. سیگنال‌های الکترومیوگرافی، حین فرود بر روی یک پا بر روی صفحه سوئیچ پای ثابت شد. پس از ثبت سیگنال‌های الکترومیوگرافی، میزان فعالیت عضلات محاسبه شدند. میزان فعالیت فیدفورواردی عضلات در بازه زمانی بین ۴۰۰- میلی‌ثانیه تا ۵۰+ میلی‌ثانیه پس از برخورد پا با زمین، در نظر گرفته شد. میزان فعالیت فیدبکی عضلات نیز در بازه زمانی ۵۰+ میلی‌ثانیه پس از برخورد پا با زمین تا ۴۰۰+ میلی‌ثانیه پس از برخورد پا با زمین محاسبه می‌شد.

برای انجام این روند در ابتدا زمان آغاز فعالیت عضلات محاسبه شده و سپس با در نظر گرفتن بازه‌های زمانی ذکر شده، سیگنال‌های ثبت‌شده در این بازه در برنامه Megawin پردازش شد. در این برنامه سیگنال خام الکترومیوگرافی به وسیله الگوریتم RMS با ثابت زمانی ۵۰ میلی‌ثانیه در نسخه سه این برنامه مورد پردازش قرار گرفت. عدد حاصل نشان‌دهنده میانگین توان یک سیگنال است که میزانیا سطح فعالیت عضله را نشان می‌دهد.

برای امکان مقایسه بین آزمودنی‌ها و نرمال کردن داده‌ها، مقادیر به‌دست آمده از محاسبه ریشه میانگین مربعات، به مقادیر به‌دست آمده از حداکثر انقباض ارادی هر عضله تقسیم شد و میزان فعالیت عضلات به صورت درصدی از حداکثر انقباض ارادی در نظر گرفته شد. هر وضعیت حداکثر انقباض ارادی دو بار و به مدت سه ثانیه تکرار و سپس میانگین داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت [۲۱].

برنامه تمرینات اغتشاشی. در این تحقیق از پروتکل تمرینی تعدیل‌شده هارد و همکاران (۲۰۰۶) برای تمرینات اغتشاشی استفاده شد [۵] که به مدت ۶ هفته و ۱۸ جلسه بر روی آزمودنی‌ها اجرا شد. این تمرینات با استفاده از راکربرد،

رولربرد به همراه پلتفورم انجام می‌شدند. تمرینات مذکور در مرحله اول با هدف انتخاب پاسخ‌های عضلانی مناسب برای به‌کار بردن اغتشاشات بدون استفاده از هم‌انقباضی شدید، مرحله میانی با هدف بهبود دقت فرد در پاسخ عضلانی به شدت، جهت و سرعت اغتشاش و مرحله نهایی با هدف کسب پاسخ‌های عضلانی دقیق و انتخابی اغتشاشی در هر جهت، با شدت، اندازه و سرعت مختلف انجام می‌شدند. برای اجرای مناسب این‌گونه تمرینات و به‌دست آمدن نتایج رضایت‌بخش، از تشویقات و راهنمایی‌های کلامی (زانو را سفت نگه‌دارید، تنه را بی‌حرکت نگه‌دارید، مابین اغتشاش بدن‌تان را ریلاکس کنید) استفاده شد. تشویقات و راهنمایی‌های کلامی برای همه آزمودنی‌ها به‌طور یکسان ارائه شد. از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد که در حین اجرای تمرینات به‌صورت مرتب زانو را خم کرده و مرکز ثقل را پایین بکشند و سپس زانوها را صاف کرده و این حرکت را در کلیه تمرینات انجام دهند. هم‌چنین از آزمودنی‌ها خواسته می‌شد که سعی کنند با کنترل مناسب زانو در مقابل اغتشاشات واده از سوی تمرین‌دهنده و بوردها، در حین اجرای حرکات مختلف از ایجاد واروس و والگوس ناگهانی در زانو جلوگیری کنند. برای ایجاد اغتشاشات بیش‌تر، پشت سر هر آزمودنی یک نفر کمکی می‌ایستاد و در زمان‌های تعیین‌شده از سوی محقق به بوردها اغتشاش وارد می‌کرد. زمان استراحت بین هر ست و بین هر تمرین به نسبت ۱:۱ در نظر گرفته شد. تمرینات به مدت شش هفته و هفته‌ای سه جلسه ادامه پیدا کردند، مدت زمان انجام تمرینات و تواتر آن با توجه به مطالعات مروری در این زمینه تعیین شده است. هر ست ۳۰ ثانیه تا ۱ دقیقه انجام می‌شد. آزمودنی‌ها در صورت دو جلسه غیبت متوالی و سه جلسه غیرمتوالی از روند تحقیق حذف می‌شدند. برای وارد کردن اغتشاشات، یک آزمونگر پشت سر فرد قرار می‌گرفت و در تواتر زمانی ۱۰ ثانیه در هر تمرین، یک اغتشاش به بوردها وارد می‌کرد.

با توجه به این‌که تمرینات حاضر جزء تمرینات سنسوری-موتور می‌باشند، بنابراین محقق سعی کرده است با توجه به ایجاد تغییر در سه جزء اصلی تمرینات سنسوری-

کمپارتمان داخلی زانو ($F=59/635$, $p=0/001$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس ($F=71/440$, $p=0/001$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ ($F=61/091$, $p=0/001$)، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ($F=7/332$, $p=0/001$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($F=23/828$, $p=0/001$) و نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل در مرحله فیدفوراردی معنی دار است. با توجه به معنی داری اثر تعاملی زمان بر گروه، از آزمون تی زوجی برای مقایسه درون گروهی (پیش آزمون و پس آزمون) (جدول ۱) و آزمون تی مستقل جهت مقایسه بین گروهی (گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل) استفاده شد.

نتایج آزمون تی مستقل در پس آزمون نشان داد که در هم انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو ($t=-3/621$, $P=0/001$)، هم انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو ($t=13/069$, $P=0/001$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس ($t=9/926$, $P=0/001$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ ($t=11/891$, $P=0/001$)، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ($t=-4/084$, $P=0/001$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($t=-7/154$, $P=0/001$) و نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی ($t=13/242$, $P=0/001$) گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل در مرحله فیدفوراردی اختلاف معنی داری وجود دارد.

بررسی تفاوت‌های جنسیتی در متغیرهای تحقیق در مرحله

فیدفوراردی

باتوجه به معنی دار بودن تعامل زمان بر گروه، در این فرضیه برای بررسی تفاوت بین زنان و مردان دو گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل از آزمون تحلیل واریانسیک طرفه استفاده شد. نتایج آزمون تحلیل واریانسیک طرفه در پس آزمون نشان داد که در هم انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو ($F=5/440$, $p=0/003$)، هم انقباضی در کمپارتمان

موتور (پوسچر، سطح اتکاء و مرکز ثقل)، پیشرفت مورد نیاز را بر اساس پیشنهادات تحقیقات مرتبط پیشین در تمرینات لحاظ کند. تمرینات بدین صورت طراحی شده‌اند که بین هفته اول با دوم، بین هفته سوم با چهارم و نیز بین هفته پنجم با ششم به تعداد ست‌های تمرینی افزوده شده است و به همین ترتیب اقدام به افزایش سختی تمرینات و اضافه کردن تمرینات جدید (تعداد تمرینات) شده است. نوع تمرینات نیز از ساده به پیچیده پیشرفت داده شده است. در این تحقیق زمان استراحت بین هر ست و بین هر تمرین به نسبت ۱:۱ در نظر گرفته شد.

روش‌های آماری. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها، آزمون شاپیرو-ویلک و هم‌چنین برای بررسی اثر تعاملی زمان بر گروه، آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری مورد استفاده قرار گرفت. در صورت معنی داری اثر تعاملی زمان بر گروه، از آزمون تی زوجی برای مقایسه درون گروهی بین متغیرهای پیش آزمون و پس آزمون و هم‌چنین آزمون‌های تی مستقل و تحلیل واریانسیک طرفه و آزمون تعقیبی توکی برای مقایسه بین گروهی متغیرها در پس آزمون استفاده شد. اندازه اثر به روش دی‌کوهن برای هر یک از اختلافات معنی دار متغیرهای درون گروهی محاسبه شد به نحوی که مقادیر $0/5-0/2$ اندازه اثر کوچک، $0/8-0/5$ اندازه اثر متوسط و $0/8$ به بالا به عنوان اندازه اثر بزرگ در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات در سطح معنی داری ۹۵ درصد و میزان آلفای کوچک‌تر یا مساوی $0/05$ و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شده است.

نتایج

بررسی تفاوت‌های گروهی در متغیرهای تحقیق در مرحله فیدفوراردی

نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری تکراری با تصحیح هاوس‌گایزر در ارتباط با هم انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو ($F=8/903$, $p=0/001$)، هم انقباضی در

کمیارتمان داخلی زانو به کمیارتمان خارجی ($F=59/0.33$ ، $p=0/0.01$) در مرحله فیدفوراردی در گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بنابراین باتوجه به وجود اختلاف در آزمون آنالیز واریانسیک‌طرفه، از آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت درون‌گروهی استفاده شد (جدول ۲).

داخلی زانو ($F=60/228$ ، $p=0/0.01$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس ($F=33/599$ ، $p=0/0.01$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ ($F=48/222$)، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ($p=0/0.01$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($F=5/353$ ، $p=0/0.03$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($F=17/909$ ، $p=0/0.01$) و نسبت فعالیت

جدول ۱. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نسبت فعالیت فیدفوراردی عضلات در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

گروه	متغیر	آماره	پیش‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	پس‌آزمون (میانگین و انحراف استاندارد)	t	Cohen, s d	p
گروه تمرینات اغتشاشی	هم‌انقباضی در کمیارتمان خارجی زانو	۱۲۵/۵۵±۳۳/۲۷	۹۳/۶۲±۲۳/۵۶	۵/۸۲۶	-۰/۸۷	۰/۰۰۱ [‡]	
	هم‌انقباضی در کمیارتمان داخلی زانو	۷۰/۶۲±۲۰/۲۷	۱۴۶/۶۲±۲۹/۳۲	-۱۲/۹۷۴	۲/۵۴	۰/۰۰۱ [‡]	
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس	۰/۵۰±۰/۱۴	۱/۰۲±۰/۲۰	-۱۵/۶۰۳	۱/۸۱	۰/۰۰۱ [‡]	
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ	۰/۵۴±۰/۱۲	۱/۴۰±۰/۳۶	-۱۳/۰۱۴	۲/۳۳	۰/۰۰۱ [‡]	
	نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ	۱/۵۰±۰/۲۹	۱/۱۸±۰/۱۲	۶/۹۷۴	-۱/۲۶	۰/۰۰۱ [‡]	
	نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ	۱/۰۸±۰/۲۶	۰/۶۶±۰/۱۶	۱۰/۰۸۲	-۱/۶۶	۰/۰۰۱ [‡]	
	نسبت فعالیت کمیارتمان داخلی زانو به کمیارتمان خارجی	۰/۵۱±۰/۱۱	۱/۱۶±۰/۲۳	-۱۴/۹۲۴	۲/۷۳	۰/۰۰۱ [‡]	
گروه کنترل	هم‌انقباضی در کمیارتمان خارجی زانو	۱۲۰/۳۸±۲۷/۲۹	۱۱۸/۷۶±۲۶/۹۱	۱/۱۴۲	۰/۲۶۴		
	هم‌انقباضی در کمیارتمان داخلی زانو	۶۲/۵۰±۱۶/۴۶	۶۰/۹۶±۱۷/۱۵	۱/۱۰۳	۰/۱۷۹		
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس	۰/۴۹±۰/۱۵	۰/۵۱±۰/۱۶	-۲/۱۵۶	۰/۰۸۸		
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ	۰/۵۱±۰/۱۲	۰/۴۹±۰/۱۳	۲/۲۰۱	۰/۰۸۵		
	نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ	۱/۵۱±۰/۳۹	۱/۵۰±۰/۳۴	۰/۲۶۶	۰/۷۹۳		
	نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ	۱/۱۸±۰/۳۳	۱/۱۶±۰/۳۱	۱/۰۷۸	۰/۲۹۱		
	نسبت فعالیت کمیارتمان داخلی زانو به کمیارتمان خارجی	۰/۴۹±۰/۱۱	۰/۴۸±۰/۱۱	۰/۴۱۱	۰/۶۸۴		

[‡] نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون

جدول ۲. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت‌های جنسیتی در نسبت فعالیت فیدفوراردی عضلات در گروه تجربی

متغیر	آماره	گروه‌ها	خطای استاندارد	Sig
هم‌انقباضی در کمیارتمان خارجی زانو	زن تجربی	مرد تجربی	۱۰/۸۵	۰/۶۷۵
هم‌انقباضی در کمیارتمان داخلی زانو	زن تجربی	مرد تجربی	۱۷/۸۲	۰/۲۲۰
نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس	زن تجربی	مرد تجربی	۰/۰۲۷	۱/۰۰۰
نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ	زن تجربی	مرد تجربی	۰/۱۶۲	۰/۴۳۵
نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ	زن تجربی	مرد تجربی	-۰/۰۱۷	۰/۹۹۹
نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ	زن تجربی	مرد تجربی	-۰/۰۸۰	۰/۷۹۲
نسبت فعالیت کمیارتمان داخلی زانو به کمیارتمان خارجی	زن تجربی	مرد تجربی	۰/۰۸۰	۰/۶۷۵

[‡] نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار بین گروهی

پس آزمون) (جدول ۳) و آزمون تی مستقل جهت مقایسه بین گروهی (گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل) استفاده شد. نتایج آزمون تی مستقل در پس آزمون نشان داد که در هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو ($t=-2/0.91$ ، $P=0/0.42$)، هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو ($t=13/687$ ، $P=0/0.01$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس ($t=12/797$ ، $P=0/0.01$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ ($t=12/425$ ، $P=0/0.01$)، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ($t=-8/0.52$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($t=-11/624$ ، $P=0/0.01$) و نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی ($t=13/192$ ، $P=0/0.01$) گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل در مرحله فیدبکی اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

بررسی تفاوت‌های گروهی در متغیرهای تحقیق در مرحله فیدبکی. نتایج آزمون تحلیل واریانس اندازه‌گیری تکراری با تصحیح هاوس‌گایزر در ارتباط با هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو ($F=5/763$ ، $p=0/0.02$)، هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو ($F=59/455$ ، $p=0/0.01$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس ($F=46/0.99$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ ($F=44/231$ ، $p=0/0.01$)، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ($F=34/792$ ، $p=0/0.01$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($F=46/793$ ، $p=0/0.01$) و نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی ($F=41/389$ ، $p=0/0.01$) نشان داد که اثر تعاملی زمان بر گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل در مرحله فیدبکی معنی‌دار است. با توجه به معنی‌داری اثر تعاملی زمان بر گروه، از آزمون تی زوجی برای مقایسه درون‌گروهی (پیش‌آزمون و

جدول ۳. نتایج آزمون تی زوجی برای مقایسه نسبت فعالیت فیدبکی عضلات در پیش‌آزمون و پس‌آزمون

عضلات	آماره	پس آزمون		پیش آزمون	
		ت	Cohen, s d	میانگین و انحراف (میانگین و انحراف استاندارد)	میانگین و انحراف (میانگین و انحراف استاندارد)
گروه فیدبکی	هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو	۲/۷۹۳	-۰/۵۷	۱۶۱/۲۹±۲۹/۵۲	۱۷۷/۸۱±۲۳/۵۹
	هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو	-۱۳/۸۲۰	۲/۴۴	۱۶۰/۱۱±۳۹/۲۶	۴۵/۷۴±۱۴/۴۱
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس	-۱۱/۶۸۹	۲/۲۲	۱/۰۵±۰/۲۱	۰/۴۹±۰/۱۴
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ	-۱۱/۸۱۱	۲/۲۵	۰/۹۴±۰/۲۵	۰/۳۰±۰/۰۹
	نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ	۱۰/۱۷۹	-۱/۲۴	۱/۰۰±۰/۰۶	۱/۲۹±۰/۱۲
	نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ	۱۲/۳۰۸	-۲/۴۳	۰/۵۱±۰/۰۹	۱/۰۳±۰/۲۱
	نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی	-۱۱/۵۹۱	۰/۸۷	۰/۹۷±۰/۲۱	۰/۴۲±۰/۱۳
گروه کنترل	هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو	۰/۴۰۰	۰/۶۹۳	۱۷۷/۳۸±۲۶/۳۳	۱۷۸/۱۱±۲۶/۶۷
	هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو	-۱/۹۷۰	۰/۰۸۸	۴۳/۸۰±۱۸/۶۴	۴۲/۳۰±۱۸/۰۸
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس	-۱/۸۸۹	۰/۱۰۳	۰/۴۴±۰/۱۲	۰/۴۶±۰/۱۳
	نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ	-۱/۱۷۴	۰/۲۵۱	۰/۲۸±۰/۰۶	۰/۲۷±۰/۰۸
	نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ	۰/۱۷۶	۰/۸۶۲	۱/۲۴±۰/۱۴	۱/۲۵±۰/۱۱
	نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ	-۰/۴۵۲	۰/۶۵۵	۱/۱۳±۰/۱۹	۱/۱۱±۰/۲۴
	نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی	۰/۰۳۰	۱/۰۰۰	۰/۳۷±۰/۹۶	۰/۳۷±۰/۹۲

نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار از پیش‌آزمون به پس‌آزمون

جدول ۴. نتایج آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت‌های جنسیتی در نسبت فعالیت فیذبکی عضلات در گروه تجربی

Sig	خطای استاندارد	گروه‌ها		آماره	متغیر
		مرد تجربی	زن تجربی		
۰/۰۱۰ [‡]	-۳۲/۰۶	مرد تجربی	زن تجربی		هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو
۰/۳۶۶	-۱۹/۲۱	مرد تجربی	زن تجربی		هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو
۰/۹۸۹	-۰/۰۴۱	مرد تجربی	زن تجربی		نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس
۰/۴۸۸	۰/۱۰۶	مرد تجربی	زن تجربی		نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ
۰/۹۰۳	-۰/۰۲۵	مرد تجربی	زن تجربی		نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ
۰/۴۱۹	-۰/۱۱۲	مرد تجربی	زن تجربی		نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ
۰/۵۴۷	۰/۰۸۶	مرد تجربی	زن تجربی		نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی

[‡] نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار بین گروهی

بررسی تفاوت‌های جنسیتی در متغیرهای تحقیق در مرحله

فیذبکی

باتوجه به معنی‌دار بودن تعامل زمان بر گروه، در این فرضیه برای بررسی تفاوت بین زنان و مردان دو گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل از آزمون تحلیل واریانسیک طرفه استفاده شد.

نتایج آزمون تحلیل واریانسیک طرفه در پس‌آزمون نشان داد که در هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو ($F=۶/۰۳۶$ ، $p=۰/۰۰۱$)، هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو ($F=۶۵/۶۹۶$ ، $p=۰/۰۰۱$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله کوادریسپس ($F=۵۲/۶۱۲$ ، $p=۰/۰۰۱$)، نسبت فعالیت مدیال به لترال عضله همسترینگ ($F=۵۲/۴۹۷$ ، $p=۰/۰۰۱$)، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ($F=۳۶/۴۹۵$ ، $p=۰/۰۰۱$)، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ ($F=۴۶/۴۵۵$ ، $p=۰/۰۰۱$) و نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو به کمپارتمان خارجی ($F=۵۸/۳۷۰$ ، $p=۰/۰۰۱$) در مرحله فیذبکی در گروه تمرینات اغتشاشی و کنترل اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بنابراین باتوجه به وجود اختلاف در آزمون آنالیز واریانسیک طرفه، از آزمون تعقیبی توکی برای بررسی تفاوت درون‌گروهی استفاده شد (جدول ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

بر طبق یافته‌های تحقیق حاضر (جدول ۱)، بعد از اجرای شش هفته تمرینات اغتشاشی، تغییرات معنی‌داری در نسبت هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو، نسبت هم‌انقباضی در کمپارتمان خارجی زانو، نسبت فعالیت مدیال به لترال کوادریسپس، نسبت فعالیت مدیال به لترال همسترینگ، نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ، نسبت فعالیت رکتوس فموریس به همسترینگ و نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی زانو را کمپارتمان خارجی هم در مرحله فیدفوراردی و هم فیذبکی مشاهده شد. تفاوت‌های جنسیتی نیز در متغیرهای مورد بررسی (به‌جز در هم‌انقباضی کمپارتمان خارجی زانو در مرحله فیذبکی) معنی‌دار نبود که بیانگر اثرگذار بودن مشابه تمرینات اغتشاشی بر روی زنان و مردان مورد مطالعه می‌باشد.

کاهش هم‌انقباضی کمپارتمان خارجی زانو از پیش‌آزمون به پس‌آزمون (هم در مرحله فیدفوراردی و هم فیذبکی) در گروه تمرینات اغتشاشی از این‌جا ناشی می‌شود که در تحقیق حاضر با توجه به این‌که آزمودنی‌های مورد بررسی دارای نقص غلبه کوادریسپس بودند، بنابراین فعالیت بیش‌از حدی در کمپارتمان خارجی زانو داشتند. اجرای تمرینات اغتشاشی منجر به کاهش میزان فعالیت دو عضله واستوس لترالیس و لترال همسترینگ شد. با توجه به این‌که هم‌انقباضی بالای این دو عضله در کمپارتمان خارجی زانو (در صورت نبودن هم‌انقباضی مناسب در کمپارتمان داخلی زانو) یکی از عوامل

سالم بودن مفصل مورد بررسی، نوع تکلیف حرکتی و فرمول مورد استفاده جهت محاسبه دقت شود. هم‌انقباضی و نسبت فعالیت عضلات به هم مرتبط می‌باشند. هر چقدر میزان فعالیت عضلات آگونیسیت و آنتاگونیسیت به هم نزدیک تر شود، میزان نسبت فعالیت آن‌ها به عدد یک نزدیک تر می‌شود. در برخی دیگر از تحقیقات هم‌انقباضی به‌عنوان استراتژی خطرناک در طولانی‌مدت برای تمامیت مفصل محسوب می‌شود [۲۳-۲۷] و عقیده بر این است که هم‌انقباضی دائمی منجر به افزایش نیروهای فشارنده در سطوح مفصلی می‌شود. در برخی از تحقیقات عنوان شده است که فعال‌شدن عضلات آنتاگونیسیت اطراف مفصل، منجر به افزایش نیروهای فشارنده مفصلی شده [۲۵] و منجر به پیش‌رفت استئوآرتریت در آن مفصل می‌گردد [۲۳، ۲۵]. در تحقیق حاضر هم‌انقباضی و دیگر نسبت‌های فعالیت عضلات در مانور فرود (آسیب‌زا برای افراد مستعد آسیب ACL هستند)، در دو مرحله فیدفوراردی و فیدبکی محاسبه شده است. با توجه به این‌که تاکنون در تحقیق مستقیمی اثر تمرینات اغتشاشی بر نسبت فعالیت عضلات کوادریسپسو همسترینگ بررسی نشده است. با این حال، نتایج به‌دست آمده از پیش‌آزمون این تحقیق در برخی از متغیرها با یافته‌های والش و همکاران (۲۰۱۲)، پالمیری-اسمیت و همکاران (۲۰۰۹) و هانسون و همکاران (۲۰۰۸) هم‌خوانی دارد [۱۷-۱۹].

فعالیت کانسنتریک بیش‌تر در همسترینگ (و گاستروکنمیوس) منجر به افزایش گشتاور فلکشن داخلی زانو و خم شدن بیش‌تر زانو در حین فرود می‌شود [۲۸]. در مقابل فعالیت استنتریک بیش‌تر در کوادریسپس (و گلوٹوس‌ماگزیموس) منجر به افزایش گشتاورهای اکستنشن زانو و ران شده و باعث می‌شود که فرد در حین فرود پوسچر صاف‌شده‌تری داشته باشد (کاهش فلکشن زانو و ران) [۲۸، ۲۹]. نسبت فعالیت بین عضلات آگونیسیت و آنتاگونیسیتیکی از عواملی است فلکشن زانو را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳۰، ۳۱]. بنابراین نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ ممکن است به این علت مهم باشد که اولین

زمینه‌ساز والگوس زانو است. بنابراین نتایج حاصله از این بخش از تحقیق نشان می‌دهد که بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی، زمینه برای ایجاد ثبات مناسب در زانو فراهم شده است.

هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو نیز بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی (هم در مرحله فیدفوراردی و هم فیدبکی) (جدول ۲ و ۱) تقریباً تا حدود دو برابر افزایش یافته است که عامل مثبتی در جهت جلوگیری از ایجاد والگوس زانو، ایجاد فلکشن بیش‌تر در زانو و ثبات‌دهی مناسب زانو محسوب می‌شود.

افزایش نسبت فعالیت‌بخش مدیال به لترال کوادریسپس و همسترینگ و همچنین افزایش نسبت فعالیت کمپارتمان داخلی به کمپارتمان خارجی زانو بیانگر افزایش فعالیت در عضلات کمپارتمان داخلی زانو است که یک عامل مثبت در ثبات‌دهی زانو و جلوگیری از آسیب ACL تلقی می‌شود.

کاهش نسبت کلی فعالیت کوادریسپس به همسترینگ و نیز نسبت فعالیت رکتوس‌فموریس به همسترینگ هر دو بیانگر ایجاد تطابقت مثبت در فعالیت عضلات همسترینگ و کوادریسپس در کاهش میزان نقص غلبه کوادریسپس محسوب می‌شود.

هم‌انقباضی تحت عنوان فعالیت هم‌زمان عضلات آنتاگونیسیت اطراف یک مفصل تعریف می‌شود. هدف اصلی هم‌انقباضی حفظ ثبات مفصل، فراهم کردن مقاومت در برابر حرکات چرخشی مفصل و به تعادل رساندن فشارهای وارده به سطوح مفصلی می‌باشد. در اصل باید گفت که ایجاد حرکات کنترل‌نشده‌ای مانند Giving Way و والگوس ناگهانی زانو نتیجه نقص در هم‌انقباضی محسوب می‌شوند. از عواقب ناگوار Giving Way می‌توان به افزایش نیروهای برشی در سطوح مفصلی و بی‌ثباتی مفصل زانو اشاره کرد. افزایش هم‌انقباضی در برخی از تحقیقاتیک عامل خوب و مکانیسم‌محافظت‌کننده مفصل [۲۲] گزارش شده است اما برخی دیگر مخالف این مطلب هستند و شاید بتوان گفت که در تفسیر یافته‌های مربوط به هم‌انقباضی باید به سالم و غیر

کنترل‌کننده عضلانی در برابر گشتاور فلکشن-اکستنشن داخلی زانو باشد [۲۸،۱۷].

نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ (و فعالیت عضله گلوئوس ماگزیموس) در فلکشن اولیه زانو تأثیر دارند اما این دو مورد در حداکثر زاویه فلکشن زانو تأثیری ندارند [۲۸،۱۷]. نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ نقش بیش‌تری نسبت به عضله گلوئوس ماگزیموس در افزایش این زاویه دارد [۲۸،۱۷]. با کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ (و فعالیت عضله گلوئوس ماگزیموس)، زاویه فلکشن اولیه زانو افزایش پیدا می‌کند [۲۸،۱۷]. بنابراین ایجاد تعادل در فعالیت عضلات کوادریسپس و همسترینگ که منجر به کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ شود، تأثیر زیادی در فلکشن اولیه زانو خواهد داشت.

والش و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کردند که در ایجاد فلکشن اولیه زانو، نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ و فعالیت عضله گلوئوس-ماگزیموس (در مرحله فیدفوراردی)، اما در ایجاد حداکثر زاویه فلکشن زانو و تغییرات زاویه فلکشن زانو، فعالیت فیدبکی عضله واستوس-مدیالیس نقش مهمی دارند [۱۷]. آن‌ها پیشنهاد کردند در تحقیقات پیش‌گیرانه از آسیب در افراد دارای غلبه کوادریسپس بر روی افزایش فعالیت عضلات همسترینگ تمرکز شود [۱۷]. بنابراین یافته‌های تحقیق ما در راستای تکمیل پیشنهادات این محققین گام مثبت تلقی می‌شود.

کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی می‌تواند یکی از عوامل افزایش‌دهنده زاویه فلکشن اولیه زانو به علت تأثیرگذاری بر نیروی برشی قدامی، گشتاور والگوس زانو و گشتاور چرخشی زانو باشد. افزایش زاویه فلکشن اولیه زانو خود به‌عنوان یک کاهش‌دهنده فعالیت در عضلات کوادریسپس عمل کرده و حداکثر زاویه فلکشن زانو را افزایش می‌دهد. بنابراین نتایج حاصله از این تحقیق تا حدودی توانسته است بر پیشنهاد والش و همکاران (۲۰۱۲) جامه عمل بپوشاند [۱۷].

از طرف دیگر، کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ نشان می‌دهد که میزان فعالیت عضلات همسترینگ نسبت به کوادریسپس افزایش پیدا کرده است که در واقع همین عامل زمینه را برای افزایش زاویه فلکشن زانو و کاهش خطر آسیب ACL در افراد دارای غلبه کوادریسپس فراهم می‌کند.

ورود نیروی زیاد به ACL که از طریق فعال شدن نامناسب کوادریسپس حاصل می‌شود، به‌وسیله انقباض عضلات همسترینگ کاهش پیدا می‌کند [۳۱]. نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ با افزایش سفتی مفصلی و محدود کردن نیروی وارده به ACL، منجر به بهبود ثبات مفصل زانو هم در صفحه ساجیتال و هم ترانسورس می‌گردد [۳۱]. بنابراین افزایش هم‌انقباضی و کاهش نسبت فعالیت کوادریسپس به همسترینگ بیانگر کاهش غلبه کوادریسپس در آزمودنی‌های این تحقیق می‌باشد.

هم‌انقباضی مناسب در همسترینگ، به تعادل در فعال‌شدن کوادریسپس کمک کرده و در نتیجه به کنترل گشتاورهای ابدکتوری بالا در زانو (یا والگوس زانو) کمک می‌کند [۳۲]. در افراد دارای غلبه کوادریسپس، نقش تمرینات پیش‌گیرانه در واقع باید جلوگیری از فعالیت زودهنگام و تاخیر فعالیت همسترینگ باشد تا در برابر عوامل آسیب‌رسان مقاومت شود [۳۲].

پالمیری-اسمیت و همکاران (۲۰۰۹) عنوان کردند که زنان هم‌انقباضی ضعیفی در بخش مدیال به لترال کوادریسپس و همسترینگ دارند که همین عامل آن‌ها را در معرض نیروهای ابداکشن بیش از حد زانو قرار می‌دهد [۱۹]. آن‌ها پیشنهاد کردند که در تمرین درمانی به این مورد توجه شود [۱۹]. با توجه به این‌که در حرکات پرش و فرود و دیگر مانورهای ورزشی، ایجاد والگوس در زانو حین خم شدن زانو اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین انقباض مناسب در کمپارتمان داخلی (واستوس مدیالیس و مدیال همسترینگ) یک نیاز اساسی برای جلوگیری از این حرکت خطرناک محسوب می‌شود [۱۹]. در صورت نبود انقباض مناسب در کمپارتمان

کوادرسیس و نیز بهبود هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو می‌شود که در نهایت این عوامل منجر به ایجاد ثبات در مفصل زانو و احتمالاً کاهش خطر آسیب ACL در افراد دارای نقص غلبه کوادرسیس می‌گردد. هم‌چنین اندازه اثر گزارش شده در پس‌آزمون بیانگر آن است که تمرینات اغتشاشی اثربخشی بالایی در افراد دارای نقص غلبه کوادرسیس داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از کلیه آزمودنی‌های شرکت‌کننده در این تحقیق و هم‌چنین مسئولین دانشکده تربیت بدنی دانشگاه خوارزمی (به جهت فراهم کردن شرایط انجام تمرینات) به عمل می‌آورند. لازم به ذکر است که این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دوره دکتری اینجانب امیر لطافت‌کار، دانشجوی دانشگاه تهران به راهنمایی دکتر رضا رجبی و دکتر اسماعیل ابراهیمی تکامجانی می‌باشد.

منابع

- [1] Cowling EJ, Steele JR. Is lower limb muscle synchrony during landing affected by gender? Implications for variations in ACL injury rates. *J Electromyogr Kinesiol* 2001; 11:263-268.
- [2] Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing ACL injuries: Current biomechanical and epidemiologic considerations. *N Am J Sports Phys Ther* 2010; 5:234-251.
- [3] Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. *J Athl Train* 2004; 39:352-364.
- [4] Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. Real-time assessment and neuromuscular training feedback techniques to prevent anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Strength Cond J* 2011; 33:21-35.
- [5] Hurd WJ, Chmielewski TL, Snyder-Mackler L. Perturbation-enhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14:60-69.
- [6] Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport* 2010; 11:12-17.
- [7] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009; 17:705-729.
- [8] Berg K, Blanke D, Miller M. Muscular fitness profile of female college basketball players. *J Orthop Sport Phys Ther* 1985; 7:59-64.
- [9] Besier TF, Lloyd DG, Ackland TR. Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35:119-127.
- [10] Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces

داخلی زانو نسبت به کمپارتمان خارجی نوعی بی‌ثباتی مفصلی در زانو ایجاد می‌شود. تمرینات اغتشاشی مورد استفاده در این تحقیق منجر به برطرف شدن این بی‌ثباتی در آزمودنی‌ها شده است.

هم‌انقباضی هم به صورت عمومی و هم به صورت انتخابی مهم است [۱۹]. هم‌انقباضی انتخابی موجود در کمپارتمان خارجی زانو که بازوی گشتاور والگوش دارد و هم‌انقباضی انتخابی در کمپارتمان داخلی زانو که بازوی گشتاور واروس دارد، مهم هستند [۱۹]. بنابراین هر دو هم‌انقباضی موجود در کمپارتمان داخلی و خارجی باید نزدیک به هم باشند تا جلوی صدمه دیدگی زانو گرفته شود. از طرف دیگر هم‌انقباضی عمومی نیز برای به تعادل رساندن و ثبات‌دهی کلی به زانو بسیار اساسی محسوب می‌شود [۱۹].

در تحقیق حاضر، آزمودنی‌های دارای غلبه کوادرسیس هم‌انقباضی بیش‌تری در کمپارتمان خارجی زانو (یا هم‌انقباضی انتخابی خارجی) داشتند که بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی به علت نزدیک شدن مقادیر هر دو نوع هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی (بهبود هم‌انقباضی داخلی) و خارجی (بهبود هم‌انقباضی خارجی) به نظر می‌رسد که هم‌انقباضی عمومی نیز بهبود پیدا کرده است. بنابراین از این تحقیق نتیجه‌گیری می‌شود که تمرینات اغتشاشی باعث به تعادل رسیدن نسبت فعالیت همسترینگ به کوادرسیس و نیز بهبود هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی زانو می‌شود که در نهایت این عوامل منجر به ایجاد ثبات در مفصل زانو و احتمالاً کاهش خطر آسیب ACL در افراد دارای نقص غلبه کوادرسیس می‌گردد.

در تحقیق حاضر، آزمودنی‌های دارای غلبه کوادرسیس هم‌انقباضی بیش‌تری در کمپارتمان خارجی زانو (یا هم‌انقباضی انتخابی خارجی) داشتند که بعد از اجرای تمرینات اغتشاشی به علت نزدیک شدن مقادیر هر دو نوع هم‌انقباضی در کمپارتمان داخلی (بهبود هم‌انقباضی داخلی) و خارجی (بهبود هم‌انقباضی خارجی) به نظر می‌رسد که هم‌انقباضی عمومی نیز بهبود پیدا کرده است. بنابراین احتمالاً تمرینات اغتشاشی باعث به تعادل رسیدن نسبت فعالیت همسترینگ به

- [22] Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, D'Ambrosia R. Electromyogram coactivation patterns of the elbow antagonist muscles during slow isokinetic movement. *Exp Neurol* 1988; 100: 470-477.
- [23] Lewek MD, Ramsey DK, Snyder-Mackler L, Rudolph KS. Knee stabilization in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Arthritis and Rheum* 2005; 52:2845-2853.
- [24] Givens-Heiss DL, Krebs DE, Riley PO, Strickland EM, Fares M, Hodge WA, Mann RW. In vivo acetabular contact pressures during rehabilitation, Part II: Postacute phase. *Phys Ther* 1992; 72:700-705.
- [25] Hodge WA, Fijan RS, Carlson KL, Burgess RG, Harris WH, Mann RW. Contact pressures in the human hip-joint measured in vivo. *Proc Natl Acad Sci USA* 1986; 83: 2879-2883.
- [26] Krebs DE, Elbaum L, Riley PO, Hodge WA, Mann RW. Exercise and gait effects on in vivo hip contact pressures. *Phys Ther* 1991; 71:301-309.
- [27] Strickland EM, Fares M, Krebs DE, Riley PO, Givens-Heiss DL, Hodge WA, Mann RW. In vivo acetabular contact pressures during rehabilitation, Part I: Acute phase. *Phys Ther* 1992; 72:691-699.
- [28] Yu B, Lin CF, Garrett WE. Lower extremity biomechanics during the landing of a stop-jump task. *Clin Biomech* 2006; 21:297-305.
- [29] Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech* 2001; 16: 438-445.
- [30] Baratta R, Solomonow M, Zhou BH, Letson D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med* 1988; 16: 113-122.
- [31] Padua DA, Carcia CR, Arnold BL, Granata KP. Gender differences in leg stiffness and stiffness recruitment strategy during two-legged hopping. *J Mot Behav* 2005; 37:111-125.
- [32] Myer DG, Ford RK, Hewett TE. The effects of gender on quadriceps muscle activation strategies during a maneuver that mimics a high ACL injury risk position. *J Electromyogr Kinesiol* 2005; 15:181-189.
- and increased hamstring torques. *Am J Sports Med* 1996; 24: 765-773.
- [11] Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *J Athl Train* 2001; 36: 378-383.
- [12] Neptune RR, Wright IC, van den Bogert AJ. Muscle coordination and function during cutting movements. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31:294-302.
- [13] Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physical active individuals. *Phys Ther* 2000; 80:128-140.
- [14] Rudolph KS, Axe MJ, Buchanan TS, Scholz JP, Snyder-Mackler L. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001; 9:62-71.
- [15] Chmielewski TL, Hurd WJ, Rudolph KS, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Perturbation training improves knee kinematics and reduces muscle cocontraction after complete unilateral anterior cruciate ligament rupture. *Phys Ther* 2005; 85:740-749.
- [16] Fuller CW, Dick RW, Corlette J, Schmalz R. Comparison of the incidence, nature and cause of injuries sustained on grass and new generation artificial turf by male and female football players. Part 2: training injuries. *Br J Sports Med* 2007; 41: 27-32.
- [17] Walsh M, Boling MC, McGrath M, Blackburn JT, Padua DA. Lower extremity muscle activation and knee flexion during a Jump-landing task. *J Athl Train* 2012; 47:406-413.
- [18] Hanson AM, Padua DA, Troy Blackburn J, Prentice WE, Hirth CJ. Muscle activation during side-step cutting maneuvers in male and female soccer athletes. *J Athl Train* 2008;43: 133-143.
- [19] Palmieri-Smith RM, McLean SG, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Association of quadriceps and hamstrings cocontraction patterns with knee joint loading. *J Athl Train* 2009; 44:256-263.
- [20] Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Nick TG, Hewett TE. The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes. *Am J Sports Med* 2008; 36:1073-1080.
- [21] Vera-Garcia FJ, Moreside JM, McGill SM. MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *J Electromyogr Kinesiol* 2010; 20:10-16.

Effects of perturbation training on quadriceps and hamstring electromyographic ratios

Amir Letafatkar (M.Sc)^{*1}, Reza Rajabi (Ph.D)², Esmail Ebrahimi Tekamejani (Ph.D)², Hooman Minoonejad (Ph.D)³

1-Health and Sport Medicine, University of Kharazmi, Tehran, Iran

2 - Health and Sport Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

3 - Physical Therapy and electrophysiology, Dept. of Tehran Physical Therapy, Faculty of Physical Therapy, Tehran, Iran

(Received: 8 Sep 2013; Accepted: 29 Dec 2013)

Introduction: It seems knee joint stability through co-contraction (CC) of hamstrings and quadriceps may be necessary for athletes with quadriceps dominance (QD) neuromuscular deficit. The lower CC and muscle activity ratio in medial compartment of knee can predispose this joint to excessive valgus position that exaggerates anterior cruciate ligament (ACL) injury. The purpose of this study was to determine the effects of perturbation training on quadriceps and hamstring ratios in QD deficit athletes.

Materials and Methods: EMG data of quadriceps and hamstrings (during single limb drop landing) of 53 (26 control and 27 experimental) athletes with quadriceps dominance deficit (identified with tuck jump test) acquired in pre-test and post-test. After completing 6 weeks of perturbation training in experimental group, the repeated-measures analyses of variance, independent sample t-test and paired sample t tests used for statistical analysis.

Results: After perturbation training, the lateral knee compartment CC decreased and medial knee compartment CC increased (both in feed-forward and feedback phases). The medial to lateral knee compartment ration increased after six weeks of perturbation training. Also in the post test, the higher effect size observed in studied variables.

Conclusion: Improvement in CC in knee medial compartment can limit the knee valgus and also anterior shear force that led to ACL optimal control. Considering the extremely large effect size of the perturbation group, we recommend that this program be used in the correction of QD deficit women in future.

Keywords: Anterior cruciate ligament injury, Quadriceps muscle, Exercise therapy methods, Muscle contraction, Knee joint, Electromyography

*Corresponding author. Fax: +98 21 22269545 Tel: +98 9195394692

letafatkaramir@yahoo.com

How to cite this article:

Letafatkar A, Rajabi R, Ebrahimi Tekamejani E, Minoonejad H. Effects of perturbation training on quadriceps and hamstring electromyographic ratios . koomesh. 2014; 15 (4) :469-481

URL http://koomeshjournal.semums.ac.ir/browse.php?a_code=A-10-2143-1&slc_lang=fa&sid=1