نشریه پژوهش در توانبخشی ورزشی
دوره ۸، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۳۹۹
۶۶ - ۵۵

WWW.RSR.BASU.AC.IR

تأثیر دو نوع تمرینات اصلاحی رایج و NASM بر زاویه Q داینامیک و حس وضعیت دانش‌آموزان دختر دارای ژنووالگوم

حسین شاهرخی[۱*]، حسین مهرابیان[۲]، نرجس عبدالهی نطنزی[۳]

۱. استادیار گروه آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران
۲. دکترای آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۳. کارشناس ارشد آسیب شناسی و حرکات اصلاحی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رجاء، قزوین، ایران

دریافت ۱۵ فروردین ۱۳۹۹؛ پذیرش ۱۰ آذر ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

واژگان کلیدی

تمرینات اصلاحی

NASM

حس وضعیت

زاویه Q

ژنووالگوم

چکیده

زمینه و هدف: ژنووالگوم، منجر به ایجاد تغییراتی در ساختار و عملکرد عضلات اطراف زانو، حس عمقی، عملکرد عصبی - عضلانی و کنترل اندام تحتانی می‌شود. از این‌رو، هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی رایج و NASM بر زاویه Q داینامیک و حس وضعیت دانش‌آموزان دختر دارای ژنووالگوم بود.

روش بررسی: ۴۵ نفر دانش‌آموز دختر ۱۶-۱۲ سال دارای ژنووالگوم، به‌طور داوطلبانه در تحقیق شرکت کردند و با همگن‌سازی به گروه تجربی یک (رایج) و گروه تجربی دو (NASM) و یک گروه کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تجربی هشت هفته تحت تمرینات اصلاحی رایج و NASM قرار گرفتند. در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، زاویه Q داینامیک و حس وضعیت مفصل زانو مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آمار توصیفی، آزمون t همبسته، تحلیل واریانس و تست تعقیبی توکی در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تمرینات اصلاحی رایج و NASM در پس‌آزمون منجربه کاهش زاویه Q داینامیک شد ولی تفاوت معناداری بین سه گروه جود نداشت اما با مقایسه میانگین‌ها، در گروه NASM نسبت‌به رایج کاهش بیشتری مشاهده شد. همچنین، تأثیر هر دو نوع تمرین در پس‌آزمون بر حس وضعیت معنادار بود و بین سه گروه تفاوت معناداری وجود داشت که از نظر میانگین، فقط بین گروه NASM و کنترل تفاوت معنادار مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست آمده، هر دو نوع تمرین منجربه بهبود زاویه Q داینامیک و حس وضعیت شدند ولی تأثیر تمرینات اصلاحی NASM بیشتر بود. از این‌رو، توصیه می‌گردد در بهبود ژنووالگوم از هر دو نوع تمرین به‌ویژه تمرینات اصلاحی NASM استفاده شود.

* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۵۱۴۴۰۱۲۷۵۶
پست الکترونیکی: h.shahrokhi@hsu.ac.ir
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/RSR.2020.21359.1499

مقدمه

در ژنووالگوم[1]، امتداد والگوس محور مکانیکی اندام تحتانی نسبت به خط مفصلی زانو، بیش از حد شیب‌دار شده است (جبل عاملی و همکاران، ۲۰۱۳) و سبب تغییر محل مرکز ثقل بدن می‌گردد (بختیاری و همکاران، ۲۰۱۲). به‌همین علت، تغییراتی در نحوه عملکرد عضلات زانو ایجاد می‌شود (میرکوبندی و همکاران، ۲۰۱۶). در این ناهنجاری، استخوان کشکک ممکن است به‌سمت خارج نیمه‌دررفتگی پیدا کند و تحمل وزن به‌صورت غیرطبیعی انجام شود (بختیاری و همکاران، ۲۰۱۲). یافته‌های حاصل از مطالعات نام‌آوریان و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که در افراد مبتلا به ژنووالگوم، ساختار و عملکرد عضلات اطراف زانو، نیروی مفصلی، بازخوردهایی که از مفاصل لگن و زانو منشأ می‌گیرند و میزان آگاهی از حس عمقی، تحت تأثیر قرار گرفته و منجر به ایجاد تغییراتی در عملکرد عصبی عضلانی و کنترل اندام تحتانی می‌شود. ناهنجاری‌های اندام تحتانی در بچه‌ها، به‌خصوص ناهنجاری‌های زانو و پا، از جمله مشکلات شایع مراجعین به مراکز ارتوپدی است که بسیاری از آنها فیزیولوژیک می‌باشد و با رشد طبیعی تصحیح می‌گردند. اما درصد کمی نیز بدون اصلاح باقی می‌مانند و در طولانی‌مدت برای بیمار مشکلات ایجاد می‌کنند (نام‌آوریان و همکاران، ۲۰۱۴). ژنووالگوم در کودکان دو تا هشت سال طبیعی است و بعد از ۸ سالگی، منجربه بروز تغییرات ساختاری می‌گردد. موارد پیشرفته فیزیولوژیک پس از سن هشت سالگی ممکن است منجر به بد قرار گرفتن کشکک[2] و ناپایداری لیگامنت‌های زانو گردد که سبب اشکال در راه رفتن و دویدن و نیز، بدشکلی اندام تحتانی می‌شود (بختیاری و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، اهمیت موضوع کنترل بدن در کهنسالی، لزوم توجه به نوجوانان دارای والگوس زانو و بکارگیری شیوه‌هایی برای بهبود تعادل و کنترل بدن را می‌طلبد (ربیعی و همکاران، ۲۰۱۲). از جمله مواردی که موجب تشدید والگوس زانو می‌شود عدم راستای طبیعی مفصل زانو مانند افزایش زاویه Q[3] است (شهیدی زندی و همکاران، ۲۰۱۷).

زاویه Q در ارتوپدی معیاری کمی برای بررسی راستای طبیعی ساق، ران[4] و نیز انحرافات زانو به‌شمار می‌رود. این زاویه در مردان ۱۴-۱۰ درجه و در زنان ۱۷-۱۵ درجه، طبیعی است. زاویه بالاتر از آن، زاویه بیش از حد محسوب می‌گردد (المیدا[5] و همکاران، ۲۰۱۶). اهمیت بالینی این زاویه به‌خاطر تأثیر آن بر بیومکانیک مفصل زانو و به‌خصوص کشکک است. قدرت عضلات ران در کنترل حرکت زانو در صفحه فرونتال نقش مهمی دارد (هلمن[6] و همکاران، ۲۰۰۹). به‌طوری‌که، هلمن و همکاران (۲۰۰۹) توان و قدرت عضلات سرینی بزرگ[7] و سرینی میانی[8] را با کاهش والگوس مرتبط دانستند. زاویه Q، شاخص مهمی از عملکرد زانو یا حرکت غیرمعمول زانو است که با افزایش خطر آسیب اندام تحتانی مرتبط است و به‌طور گسترده‌ای به‌منظور ارزیابی بیماران دارای مشکلات زانو مورد استفاده قرار می‌گیرد (ربیعی و همکاران، ۲۰۱۲؛ المیدا و همکاران، ۲۰۱۶). باریئوس[9] و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که در زنان دارای ژنووالگوم، هنگام راه رفتن، دویدن و فرود تک‌پا، زانو و ران از راستای طبیعی خود منحرف می‌شوند که با الگوی والگوس داینامیک مرتبط است. به‌علت این ساختار غیرطبیعی در زانو و ضعف تعدادی از عضلات اندام تحتانی در افراد دارای ژنووالگوم، ممکن است ویژگی‌های عصبی - عضلانی افراد تغییر یافته و سبب اختلال در کنترل بدن به‌ویژه حس وضعیت مفصل[10] این افراد گردد (ربیعی و همکاران، ۲۰۱۲).

حس وضعیت مفصل، جنبه‌ای از حس عمقی[11] است که از طریق عمل عضلات و لیگامنت‌های اطراف مفصل، در سرتاسر دامنه حرکتی‌شان، نقش مهمی را در ثبات پویای مفصل ایفا می‌کند. حس عمقی درک آگاهانه و ناآگاهانه از وضعیت اندام در فضا است که شامل آگاهی از وضعیت و حرکت مفصل می‌باشد و از مجموع پیام نورون‌های آوران از گیرنده‌های عضلات، تاندون‌ها، کپسول مفصلی، لیگامنت‌ها، اتصالات مینیسکی و پوستی ناشی می‌شود (زاهدی و همکاران، ۲۰۱۸) که موقعیت، جهت، شدت و سرعت حرکات و مفاصل را به‌خوبی مشخص می‌نماید (مرادی و

1. Genu valgum
2. Patella
3. Quadriceps angle

4. Femur
5. Almeida
6. Hollman
7. Gluteus maximus
8. Gluteus medius
9. Barrios
10. position sense of joint
11. proprioception

همکاران، ۲۰۱۵). براساس تحقیقات پیشین، افرادی که با کاهش دقت حس عمقی در اندام تحتانی خود مواجهند، قادر به تشخیص به‌موقع نوسانات بدن نیستند و نمی‌توانند نیروی پایدارکننده مناسبی برای حفظ تعادل بدن را به خوبی ایجاد نمایند (بیرانوند و همکاران، ۲۰۱۸). در تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی حس وضعیت، از روش «بازسازی زاویه تست شده» استفاده شده است. بهارلوئی و همکاران (۱۳۹۳) پایایی روش بازسازی زاویه در زوایای مختلف را نشان دادند. ناهنجاری‌های اسکلتی عضلانی چنان‌چه به‌موقع شناسایی شوند، احتمالاً بتوان با درمان صحیح و ارائه رهنمودهای حرکتی و اصلاحی از بروز آنها جلوگیری به‌عمل آورد.

تمرین و فعالیت بدنی از جمله عواملی است که با تغییر کیفیت عملکرد دستگاه‌های مختلف بدن و اعمال فشار بر آنها، موجبات ایجاد تغییرات و سازگاری این دستگاه‌ها را فراهم می‌آورد. اختصاصی بودن تمرینات ورزشی نیز می‌تواند بر سیستم اسکلتی عضلانی تأثیرگذار باشد (حکیمی‌پور و همکاران، ۲۰۱۶). زنجیره تمرینات اصلاحی NASM[1] شامل چهار مرحله مهار، طویل شدن، فعالسازی و انسجام می‌باشد. تمامی مراحل مورد استفاده در این مدل، به‌شکلی ویژه طراحی شده‌اند تا از اصول بیومکانیکی، فیزیولوژیکی و عملکردی سیستم حرکتی انسان، پیروی نمایند (کلارک[2] و همکاران، ۲۰۱۴). در بررسی اسدکرمی و همکاران (۱۳۹۶) تمرینات آکادمی طب ورزش آمریکا منجر به بهبود سربه‌جلو، کایفوز، لوردوز، راستای لگن و کیفیت زندگی افراد شده بود. باتوجه به اهمیت تشخیص و درمان ژنووالگوم، تأثیر آن بر کیفیت زندگی و عوارض ناشی از عدم درمان آن مانند اختلالات حرکتی، آرتروز زانو و در موارد پیشرفته، نیاز به جراحی، احتمالاً تمرینات اصلاحی بتواند در رفع این ناهنجاری مؤثر باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی رایج و NASM بر زاویه Q داینامیک و حس وضعیت دانش‌آموزان دختر دارای ژنووالگوم است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون با گروه کنترل است. نمونه‌های تحقیق شامل ۴۵ دانش‌آموز دختر ۱۶-۱۲ سال دارای ژنووالگوم بودند. آنها از مراجعه‌کنندگان به کانون حرکات اصلاحی آموزش و پرورش ناحیه ۴ کرج بودند که با تکمیل فرم اطلاعات فردی و پزشکی و فرم رضایت‌نامه، به‌طور داوطلبانه در طرح تحقیقاتی شرکت کردند. این تحقیق در سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ در محل کانون حرکات اصلاحی آموزش و پرورش ناحیه ۴ کرج اجرا شد. تحقیق حاضر دارای تأییدیه اخلاقی از کمیته اخلاق پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی به شماره IR.SSRI.1398.590 و همچنین ثبت شده در مرکز کارآزمایی بالینی ایران با کد IRCT20200107046035N1 است.

نمونه‌ها دارای فاصله بین قوزکی ۲/۵ و بیشتر بودند. آنها نباید در طول دوره تمرینی در برنامه درمانی یا تمرینی دیگری شرکت می‌کردند و همچنین، در شش ماه گذشته دچار آسیب‌دیدگی نشده باشند. محدودیت‌های غیرقابل کنترل در این تحقیق، میزان استراحت و فعالیت آزمودنی‌ها در خارج از برنامه تمرینی، مسائل روحی و روانی آزمودنی‌ها، تغذیه و سطح انگیزشی آنها نسبت به اجرای طرح تحقیقی بود. پیش از شروع تمرینات در پیش‌آزمون، قد (با قدسنج)، وزن (با ترازو)، فاصله بین قوزک‌های داخلی (با کولیس)، زاویه Q داینامیک و حس وضعیت مفصل زانو در نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها به‌علت تفاوت در سن، قد، وزن، شاخص توده‌بدنی با همگن‌سازی به سه گروه شامل گروه تجربی یک (رایج) و گروه تجربی دو (NASM) و گروه کنترل تقسیم شدند. گروه‌های تجربی به‌مدت هشت هفته تحت تمرینات اصلاحی قرار گرفتند. از گروه کنترل خواسته شد در طول دوره تمرینی، فعالیت‌های روزمره خود را انجام دهند و برنامه تمرینات اصلاحی نیز انجام ندهند. همچنین، بر اساس ملاحظات کمیته اخلاق و به پاس قدردانی از همکاری آنها، در صورت مثبت بودن اثر تمرینات تحقیق، بعد از پایان دوره تحقیق تحت تمرینات اصلاحی قرار می گرفتند.

افراد در صورت آسیب و دو جلسه متوالی یا سه جلسه غیرمتوالی غیبت از ادامه طرح تحقیقی کنار گذاشته می‌شدند. بعد از اتمام دوره تمرینی، از گروه‌های تجربی و

1. National Academy of Sports Medicine
2. Clark

کنترل، پس‌آزمون به‌عمل آمد تا تأثیر اعمال تمرینات اصلاحی بر متغیرهای وابسته مورد بررسی قرار گیرد. اعمال تمرینات و تمام اندازه‌گیری‌ها با ابزار یکسان و در یک مکان و زمان مشخص توسط محقق صورت گرفت.

اندازه‌گیری زاویه Q داینامیک

از آزمودنی خواسته شد بر روی یک پله ۱۵ سانتی‌متری قرار گیرد، پاها را به‌اندازه عرض شانه باز کرده و به جلو نگاه کند. سپس پاها را به‌صورت موازی و زانوهای صاف تنظیم نماید. بر روی ASIS، مرکز کشکک و برجستگی بزرگ تیبیا آزمودنی علامت‌گذاری نمودیم. سپس از وی خواستیم تا از پله پایین بیاید. هنگام پایین‌آمدن از پله روی یک پا، آزمودنی باید دقت می‌کرد تا تنه به جلو، عقب و طرفین خم نشود و پاشنه پای عقب روی پله باشد. داده‌ها به‌وسیله دوربین فیلمبرداری ضبط و ازطریق تحلیل‌گر (Prosuit ver .5.2.0. Dartfish، سوئیس) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و ثبت شد. به این صورت که، در نرم‌افزار، در لحظه برخورد پاشنه پای جلویی به زمین فیلم نگه‌داشته می‌شد و زاویه تشکیل شده بین خط اتصال مرکز کشکک به ASIS و خط اتصال مرکزکشکک به برجستگی بزرگ تیبیا در پای عقب که روی پله قرار دارد اندازه‌گیری شد (وون[1] و همکاران، ۲۰۱۴) میزان پایایی این روش اندازه‌گیری با نرم‌افزار دارت‌فیش بالا (ICC=0/94) و قابلیت اطمینان آن ۹۵ درصد گزارش شده است (زلو[2] و همکاران، ۲۰۲۰) (تصویر ۱).

تصویر ۱: اندازه‌گیری زاویه Q داینامیک

اندازه‌گیری حس وضعیت

آزمودنی در وضعیت طاقباز قرار گرفت. ۳ عدد مارکر به‌ترتیب در ۱/۴ فوقانی خط اتصال تروکانتر بزرگ به نقطه میانی خط مفصلی خارجی زانو، گردن فیبولا و قسمت فوقانی قوزک خارجی چسباندیم. سپس آزمودنی در انتهای تخت نشسته و در حالی‌که، زانوی او در زاویه ۹۰° قرار دارد مارکر چهارم برروی باند ایلیوتیبیال برروی قسمت فوقانی چین پوپلیته‌آل چسباندیم. تست در دو وضعیت semi squat (تقریباً ۶۰°) و standing (صفر درجه) انجام گرفت. از آزمودنی خواسته شد تا در وضعیت ایستاده و با چشمان بسته، تمام وزن خود را برروی اندام مورد ارزیابی منتقل کرده، پای سمت دیگر را از زمین جدا کند و برای حفظ تعادل دست غیر تست را به دیوار تکیه دهد. سپس، بدون اینکه سر و تنه را به‌سمت جلو یا عقب حرکت دهد (جهت کنترل سیستم وستیبولار و کنترل گشتاورهای اطراف مفاصل اندام تحتانی) در وضعیت semi squat قرار گیرد. پس از آن، از این وضعیت با سرعت آرام و کنترل شده، بدون تغییر در وضعیت سر و تنه، به‌سمت Extention زانو حرکت کند. با استفاده از الکتروگونیامتر در زاویه ۳۰° به فرد دستور توقف داده شد تا ۵ ثانیه در این وضعیت قرار گیرد و موقعیت را به‌خاطر بسپارد. از این موقعیت توسط دوربین دیجیتال (Canon MVi 750 8 M Pixel) که عمود بر صفحه حرکتی زانو برروی سه پایه تراز شده بود عکس گرفته شد. دوربین با فاصله ۱۸۵ سانتی‌متر از زانو و ۶۵ سانتی‌متر از سطح زمین قرار داده شده بود. سپس از فرد خواسته شد در وضعیت اکستانسیون صفر درجه قرار گرفته و ۷ ثانیه استراحت کند.

سپس، از وضعیت semi squat، زاویه تست شده (۳۰°) را بازسازی کرده و آن را اعلام نماید. از زاویه بازسازی شده

1. Kwon
2. Ze Lu

نیز عکس گرفته شد. زاویه تست[1] و هر پاسخ آن ۳ بار تکرار گشت.

بعد از یک دقیقه راه رفتن، تست وضعیت دوم انجام شد که در آن زاویه شروع از وضعیت standing (صفر درجه) به سمت زاویه تست شده انجام شد.

بعد از تهیه عکس‌ها، زاویه بازسازی شده، با تعیین حدود مارکرها و از طریق نرم‌افزار AutoCAD اندازه‌گیری شد. میزان پایایی این روش اندازه‌گیری با نرم‌افزار اتوکد بالا (ICC=0/97) گزارش شده است (هادیان و همکاران، ۲۰۰۷). با کسر مقدار زاویه تست شده از مقدار زاویه بازسازی شده یا زاویه پاسخ[2] در هر تکرار تست زاویه، میزان خطای مطلق، بدون دارا بودن علامت + یا - ، محاسبه گردید (هادیان و همکاران، ۲۰۰۷؛ باوردی مقدم و همکاران، ۲۰۱۷) (تصویر ۲).

تصویر ۲: اندازه‌گیری حس وضعیت مفصل زانو

جلسات تمرینی به‌مدت هشت هفته اجرا شد. در هر جلسه ابتدا، حدود ۱۰ دقیقه گرم‌کردن انجام می‌شد که از تمرینات ساده و ابتدایی انتخاب شده بود، سپس ۱۰ تا ۴۰ دقیقه تمرینات اصلاحی اجرا می‌شد و در انتهای جلسه تمرینی، به‌منظور پایین آوردن ضربان قلب و حرکات انعطاف‌پذیری برای افزایش دامنه حرکتی و کاهش خطر آسیب در درازمدت، حدود ۱۰ دقیقه سرد کردن انجام می دادند. در جلسات اول، اصول کلی و اجرای صحیح تمرینات توسط مربی توضیح داده شد که این اصول تا پایان دوره تمرینی رعایت می‌گردید. به‌منظور رعایت اصل اضافه بار و ایجاد انگیزه در آزمودنی‌ها برای شرکت در جلسات تمرینی، برنامه تمرینی به‌صورت پیشرونده از حرکات ساده به مشکل اجرا شد.

روش تمرینات اصلاحی رایج

برنامه تمرینات اصلاحی رایج شامل مجموعه‌ای از تمرینات کششی و تقویتی است که مربوط به ناحیه کمری - لگنی، رانی و زانو می‌باشد. جلسات تمرینی به‌مدت هشت هفته، هر هفته ۲ جلسه در چهار هفته اول و ۳ جلسه در چهار هفته دوم و هر جلسه به‌مدت ۶۰-۳۰ دقیقه برگزار گردید (سرداری و همکاران، ۲۰۱۲).

1. test angle

2. response angle

جدول ۱: تمرینات اصلاحی رایج

هفته تمرین	تمرینات
هفته اول تا چهارم	۱- از آزمودنی خواسته شد در وضعیت نشسته به حالت چهار زانو با کمک دست‌ها یک ران را بالا آورده و زانو را به سینه نزدیک کنند و تنه حالت قائم داشته باشد. ۲- در وضعیت نشسته با پاهای کاملاً باز و دور از هم یکی را اندکی بلند کرده و آن را از خط وسط عبور دهند و بکوشند آن را به پای دیگر نزدیک کنند. ۳- آزمودنی در وضعیت نشسته همانند تمرین قبل، هر دو پا را بالا آورده و سپس، به‌صورت قیچی آنها را تا حد ممکن از روی هم عبور دهند. ۴- آزمودنی در وضعیت خوابیده به پشت، دست‌ها را در دو طرف بدن باز کرده و پاها را کاملاً صاف و کشیده نگه دارند سپس بکوشند با بلند کردن یک پا و عبور آن از روی بدن، به پنجه دست مخالف نزدیک کنند. ۵- آزمودنی در وضعیت خوابیده به پهلو یک پا را در امتداد خط افق بالاتر برده و سپس، به طرف پایین و عقب ببرند. ۶- در وضعیت نشسته از آزمودنی خواسته می‌شود کف پاها را به‌هم بچسباند و ضمن این‌که، پاشنه‌ها را نزدیک بدن نگه می‌دارد، بکوشد به آرامی زانوها را به زمین نزدیک کند، چند ثانیه در این حالت باقی مانده و دوباره حرکت را تکرار کند. ۷- به آزمودنی توصیه شد: ۱- روی لبه خارجی پا راه برود. ۲- از کفی‌هایی که لبه داخلی ضخیم‌تری دارند استفاده نمایند. ۳- از نشستن به‌حالت قورباغه‌ای پرهیز نماید.
هفته پنجم تا هشتم	۸- آزمودنی درحالت نشسته با پاهای کشیده و کاملاً باز، همراه با یک چرخش خارجی به ران عضلات چهارسر را به‌صورت انقباض هم طول منقبض نماید. ۹- آزمودنی در حالت نشسته کف پاها را به‌هم چسبانده و زانوها را از هم دور کند. سپس، با فشار دست‌ها به زانو و ایجاد مقاومت، بکوشد ران‌ها را به‌هم نزدیک نماید. ۱۰- از آزمودنی خواسته می‌شود در وضعیت نشسته در حالی‌که زانوها خم و کف پاها روی زمین است، توپ یا شیئی انعطاف‌پذیر را میان زانوها گرفته و با فشار به آن بکوشند زانوها را به‌هم نزدیک نمایند. ۱۱- از آزمودنی خواسته می‌شود در وضعیت نشسته در حالی‌که زانوها خم و کف پاها روی زمین است، توپ یا شیئی انعطاف‌پذیر را میان زانوها گرفته و با فشار به آن بکوشند زانوها را به‌هم نزدیک نمایند. ۱۲- آزمودنی به شکم خوابیده و ساق پا را به‌سمت داخل بچرخاند و زانو را خم کند و مقاومت در برابر خم کردن زانو توسط آزمونگر یا فرد دیگری اعمال می‌شود.

روش تمرینات اصلاحی NASM

پروتکل تمرینی NASM از چهار مرحله اصلی شامل تکنیک‌های مهاری، افزایش طول، فعالسازی و انسجام تشکیل می‌شود (کلارک و همکاران، ۲۰۱۴). تمرینات مربوط به ناحیه رانی، زانو و مچ پا است. جلسات تمرینی به‌مدت هشت هفته، هر هفته ۳ جلسه و هرجلسه به‌مدت ۶۰-۴۵ دقیقه برگزار گردید. در این برنامه ابتدا تکنیک رهاسازی مایوفاشیال توسط فرد برروی عضلات دوقلو/نعلی، اداکتورها، دوسررانی، TFL[1]/ باند ایلیوتیبیال اجرا شد. سپس، به‌منظور افزایش طول، بر روی همین عضلات کشش ایستا اعمال گردید. عضلات سرینی میانی، سرینی بزرگ، درشت‌نی قدامی، درشت‌نی خلفی تحت تمرینات تقویتی مجزا قرار گرفتند. در پایان از حرکات منسجم پویا شامل پرش پیشرونده (پرش در مقابل دیوار، پرش جفت‌پا، پرش طول و حفظ وضعیت، پرش ۱۸۰ درجه، لی‌لی با یک پا) و حرکات عملکردی پیشرونده (اسکات با توپ، پله، لانج و اسکات با یک پا) استفاده گردید (کلارک و همکاران، ۲۰۱۴).

1. Tensor Fascia Latae

جدول ۲: برنامه تمرینات اصلاحی آکادمی ملی طب ورزش آمریکا (NASM)

مرحله	کیفیت	تمرین / عضلات	متغیرهای حساس
مهار	رهاسازی مایوفاشیال توسط فرد	دوقلو/ نعلی، اداکتورها، دوسررانی، TFL/ باند ایلیوتیبیال	ناحیه حساس را به مدت ۳۰ ثانیه حفظ نمایند
افزایش طول	کشش ایستا یا عصبی-عضلانی- اسکلتی	دوقلو/نعلی، اداکتورها، دوسررانی (سر کوتاه، TFL/باند ایلیوتیبیال	۳۰ ثانیه حفظ کنند یا پس از ۷ تا ۱۰ ثانیه انقباض ایزومتریک، به مدت ۳۰ ثانیه حفظ نمایند
فعالسازی	ایزومتریک وضعیتی و/ یا تقویتی مجزا	سرینی میانی، سرینی بزرگ، درشت نی قدامی، درشت نی خلفی	۴ تکرار با شدت فزاینده‌ی ۲۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ یا ۱۰ تا ۱۵ تکرار به همراه ۲ ثانیه انقباض ایزومتریک و ۴ ثانیه انقباض اسنتریک
انسجام	حرکات منسجم پویا	پرش پیشرونده (پرش در مقابل دیوار، پرش جفت پا، پرش طول و حفظ وضعیت، پرش ۱۸۰ درجه، لی‌لی با یک پا) حرکات عملکردی پیشرونده (اسکات با توپ، پله، لانج و اسکات با یک پا)	۱۰ تا ۱۵ تکرار کنترلی

پس از جمع‌آوری داده‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون، برای تجزیه تحلیل‌های آماری از آزمون t همبسته، تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول ۳ اطلاعات دموگرافیک آزمودنی‌ها در سه گروه نشان داده شده است.

جدول ۳: میانگین و انحراف استاندارد ($\bar{X} \pm SD$) ویژگی‌های فردی آزمودنی‌ها

متغیر	تمرینات NASM	تمرینات رایج	کنترل
تعداد	۱۵	۱۵	۱۵
سن (سال)	۱۳/۶۶±۱/۴۴	۱۳/۵۳±۱/۴۰	۱۳/۶۰±۱/۴۰
قد (سانتی‌متر)	۱۵۵/۱۰±۶/۰۰	۱۵۵/۰۰±۴/۵۷	۱۵۵/۸۶±۵/۴۴
وزن (کیلوگرم)	۶۱/۰۶±۷/۹۹	۶۰/۰۴±۱۰/۸۸	۶۱/۱۶±۱۰/۹۵
BMI	۲۵/۴۲±۳/۰۳	۲۴/۹۶±۴/۱۶	۲۵/۱۶±۴/۱۰

همچنین، به‌منظور برررسی تأثیر تمرینات بر متغیرهای وابسته از آزمون t همبسته استفاده شده است. نتایج نشان داد که تمرینات اصلاحی رایج و NASM بر زاویه Q داینامیک و حس وضعیت زانو در دانش‌آموزان دارای ژنووالگوم تأثیر دارند.

در جدول ۴ اطلاعات مربوط به نمرات آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون و آزمون t همبسته در سطح معناداری ۰/۰۵ نشان داده شده است.

جدول ۴: نمرات آزمودنی‌ها در پیش‌آزمون و پس‌آزمون و آزمون t همبسته

	گروه	پیش‌آزمون	پس‌آزمون	اختلاف میانگین	t	p
زاویه Q داینامیک	NASM	۱۵/۸۷±۲/۹۰	۱۱/۷۰±۲/۶۵	۴/۱۶	۲۷/۸	<۰/۰۰۱
	رایج	۱۴/۷۸±۲/۸۲	۱۲/۴۸±۲/۶۰	۲/۳۰	۸/۸۷	<۰/۰۰۱
	کنترل	۱۳/۴۲±۱/۹۰	۱۳/۶۴±۲/۰۷	۰/۲۲	۱/۲۹	۰/۲۱۵
حس وضعیت semi squat	NASM	۵/۹۳±۲/۰۶	۳/۱۰±۱/۵۵	۲/۸۲	۷/۶۷	<۰/۰۰۱
	رایج	۵/۸۸±۳/۰۸	۴/۹۴±۲/۵۴	۰/۹۴	۳/۱۹	<۰/۰۰۲
	کنترل	۵/۹۵±۲/۲۳	۵/۷۵±۲/۱۵	۰/۲	۰/۸۸۱	۰/۳۹۳
حس وضعیت standing	NASM	۵/۶۵±۱/۴۲	۲/۹۹±۱/۰۳	۲/۶۵	۷/۱۵	<۰/۰۰۱
	رایج	۵/۲۱±۲/۰۹	۴/۰۸±۲/۱۸	۱/۱۳	۵/۱۶	<۰/۰۰۱
	کنترل	۵/۲۴±۱/۴۷	۵/۲۴±۱/۴۰	۰	۰	۱/۰

از آزمون تحلیل واریانس و آزمون تعقیبی توکی (جدول ۳) برای مقایسه سه گروه استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس در متغیرهای زاویه Q داینامیک، حس وضعیت و عملکرد حرکتی در پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود نداشت. تحلیل آماری داده‌ها حاکی از آن است که بین زاویه Q داینامیک سه گروه در پس‌آزمون تفاوت معناداری وجود ندارد. در هر دو متغیر حس وضعیت semi squat و standing بین سه گروه در پس‌آزمون تفاوت معناداری مشاهده شد که مقایسه دو به دو گروه‌ها نشان می‌دهد تفاوت معنادار فقط بین گروه تمرینات اصلاحی NASM با گروه کنترل وجود دارد.

جدول ۵: مقایسه متغیرها در پس‌آزمون

متغیر وابسته		F	P	گروه‌ها	اختلاف میانگین‌ها	p
زاویه Q داینامیک	بین گروهی	۲/۳۶	۰/۱۰۷	---	---	---
	درون گروهی			---	---	---
	مجموع			---	---	---
حس وضعیت semi squat	بین گروهی	۶/۱۰	۰/۰۰۵	رایج - کنترل	۰/۸۱	۰/۵۵۳
	درون گروهی			NASM - کنترل	۲/۶۴	۰/۰۰۴
	مجموع			رایج - NASM	۱/۸۳	۰/۰۵۸
حس وضعیت standing	بین گروهی	۷/۲۴	۰/۰۰۲	رایج - کنترل	۱/۱۵	۰/۱۳۵
	درون گروهی			NASM - کنترل	۲/۲۴	۰/۰۰۱
	مجموع			رایج - NASM	۱/۰۸	۰/۱۶۸

با مقایسه میانگین تغییر زاویه Q داینامیک و نیز با مقایسه میانگین تغییر خطای مطلق بازسازی زاویه‌ای در حس وضعیت semi squat و standing در سه گروه، تأثیر تمرینات اصلاحی NASM نسبت به تمرینات اصلاحی رایج بیشتر بود.

بحث

یافته‌ها نشان داد که تمرینات اصلاحی رایج و NASM بر کاهش زاویه Q داینامیک در دانش‌آموزان دارای ژنووالگوم تأثیر معناداری داشته و باعث بهبود آن شده‌اند.

در تحقیق مهدوی و همکاران (۱۳۹۷) شش هفته تمرین کششی مجموعه عضلانی سه سر ساقی بر والگوس پویای زانو تأثیر معناداری نداشت و این مخالف با نتایج تحقیق حاضر است. علت این اختلاف، می‌تواند این باشد که آنها فقط تأثیر تمرینات کششی و همچنین، صرفاً عضله خاصی را بررسی نمودند. عضله دوقلو، در سراسر دامنه حرکتی فلکشن و اکستنشن زانو، نیروی قدامی روی تیبیا اعمال می‌کند و به‌طور همزمان، در نقطه مقابل، عضلات چهارسر ران و سه سر ساقی، نیروی قابل توجهی را اعمال می‌کنند. لذا، نقش عملکردی این عضلات بر زانو در صفحه ساجیتال است و در صفحه فرونتال کارایی اندکی دارند (مهدوی و همکاران، ۲۰۱۸). در حالی‌که در این تحقیق، علاوه بر مجموعه عضلانی سه سر ساقی، عضله دوسررانی اداکتورهای ران و عضله کشنده پهن نیام نیز تحت کشش قرار گرفته‌اند و عضله سرینی بزرگ و سرینی میانی تقویت شده‌اند که در صفحه فرونتال نقش مهمی را ایفا می‌کنند. تحقیق دیگری کورش‌فرد و همکاران (۱۳۹۴) با اعمال تمرینات اصلاحی فیدبکی بر عضلات اندام تحتانی تفاوت معناداری در والگوس پویای زانو نشان ندادند. علت این اختلاف ممکن است برنامه تمرینی و شیوه ارزیابی آنها باشد. همچنین، تمرین درمانی در تحقیق مزیدی و همکاران (۱۳۹۰) منجربه کاهش زاویه Q شد که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

کنترل حرکتی زانو در صفحه فرونتال، به‌ویژه در جهت والگوس، باعث ایجاد فشار برروی بافت‌های غیرفعال و نیز، حرکت انتقالی درشت‌نی قدامی و کشیدگی ACL می‌گردد (کلایبرن[1] و همکاران، ۲۰۰۶). هنگام فعالیت‌های تحمل وزن، به‌منظور پاسخ‌گویی به نیازهای لحظه‌ای بیرونی، عضلات منقبض می‌شوند تا راستای بین ران و لگن در

1. Claiborne

صفحات ساجیتال، فرونتال و عرضی حفظ شود. ارتباط بین عملکرد عضلات ران و والگوس زانو بسیار مهم است. عضله سرینی بزرگ منجر به چرخش خارجی و ابداکش ران می گردد و عضله سرینی میانی به ابداکشن و چرخش داخلی ران کمک می‌کند (هلمن و همکاران، ۲۰۰۹؛ کاپل[1] و همکاران، ۲۰۰۷). برخی از مطالعات، بین فراخوانی عضله سرینی بزرگ با حرکات زانو در صفحه فرونتال همبستگی نشان دادند، به‌طوری‌که فعالیت بیشتر این عضله با کاهش والگوس زانو مرتبط بود. همچنین، عضله سرینی میانی علاوه بر کنترل حرکات لگن در صفحه فرونتال، با افزایش خم شدن ران، به‌جای ابداکشن ران، بیشتر نقش کنترل چرخش داخلی ران را به‌عهده دارد (کورش‌فرد و همکاران، ۲۰۱۵).

تمرینات اصلاحی رایج و NASM شامل مجموعه‌ای از تمرینات کششی و تقویتی عضلات هستند که می‌تواند منجر به بهبود تعادل عضلانی و در نتیجه کنترل حرکتی مفصل گردد. از تکنیک‌های کششی به‌منظور اصلاح الگوهای حرکتی نادرست و همچنین، افزایش طول بافت‌های نورومایوفاشیال کوتاه شده استفاده می‌شود که می‌توانند موجب افزایش دامنه حرکتی گردند. فعالسازی، به تحریک بافت مایوفاشیال کم‌فعال، اشاره دارد. از آنجا که ناهنجاری‌های سیستم حرکت انسان، هم از عضلات بیش‌فعال و هم از عضلات کم‌فعال ناشی می‌شود، به‌همین دلیل، یک راهبرد اصلاحی جامع، باید عضلات کم‌فعال را نیز در نظر داشته باشد (کلارک و همکاران، ۲۰۱۴). در تحقیق حاضر، احتمالاً تمرینات اصلاحی با تقویت عضلات بیش‌فعال و طویل کردن عضلات کم‌فعال با تغییر در الگوی انقباضی عضلات و نزدیک‌کردن آن به الگوی طبیعی، سبب بهبود زاویه Q داینامیک در آزمودنی‌ها شده‌اند. با وجود اینکه از نظر آماری تفاوتی بین تأثیر دو نوع تمرین اصلاحی بر زاویه Q داینامیک وجود ندارد اما با بررسی میانگین زاویه Q داینامیک در هر دو گروه تمرینی، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که تمرینات اصلاحی NASM در مدت‌زمانی هشت هفته نسبت به تمرینات اصلاحی رایج تأثیر بیشتری داشته است. علت آن، احتمالاً استفاده از تکنیک رهاسازی مایوفاشیال است که با حفظ فشار روی بخش‌های حساس بافت (نقاط ماشه‌ای) و کاهش فعالیت این نقاط، امکان بکارگیری تکنیک کششی همچون کشش ایستا را به‌منظور افزایش قابلیت طویل شدن عضله کوتاه شده فراهم کرده است. همچنین، در این نوع تمرینات، حرکت منسجم پویا به‌کار رفته است که شامل استفاده از مجموع تمرینات پویای بدن می‌باشد. این تمرینات با استفاده از حرکات چند مفصلی در تمام صفحات حرکتی می‌باشد که شامل حرکت کنترل شده و با بار کم در وضعیت بدنی ایده‌آل است تا مفاصل در راستای صحیح باقی بمانند و بکارگیری عضلات همکار، به‌شکل مطلوب صورت گیرد. این کار، به افزایش هماهنگی بین عضلانی و بازآموزی سیستم عصبی - عضلانی جهت حفظ راستای بدن در هنگام فعالیت‌های عملکردی کمک می‌کند. اهمیت این حرکات، در الگوهای حرکتی و پیشرفت این الگوها مهم می‌باشد. همچنین، در تمرینات انسجام، به‌منظور رفع غلبه عملکرد لیگامنت، به فرد آموزش داده می‌شود تا زانوی خود را به‌عنوان یک مفصل لولایی، فقط در یک صفحه (ساجیتال) خم و باز کند، و از حرکات زانو در صفحه فرونتال و در جهت والگوس و واروس، جلوگیری نماید. در این تمرینات، با ارائه بازخورد، به فرد این امکان را می‌دهد تا حرکت مناسب زانو که برای انجام تمرین مورد نیاز است را به‌صورت شناختی، پردازش نماید و اصلاحات عصبی – عضلانی - اسکلتی را ایجاد کند (کلارک و همکاران، ۲۰۱۴).

یافته‌ها نشان داد که تمرینات اصلاحی رایج و NASM بر حس وضعیت مفصل زانو در دو وضعیت semi squat و standing در دانش‌آموزان دارای ژنووالگوم تأثیر معناداری داشته و باعث بهبود در هر دو وضعیت شده‌اند. در عین حال، بین تأثیر تمرینات اصلاحی NASM و گروه کنترل بر حس وضعیت مفصل زانو در هر دو وضعیت تفاوت معناداری وجود دارد ولی این تأثیر بین تمرینات اصلاحی رایج و گروه کنترل معنادار نبود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تأثیر تمرینات اصلاحی NASM بر بهبود حس وضعیت بیشتر بوده است.

یونس اصلان[2] و همکاران (۲۰۱۸) بر روی اثرات حاد دو تکنیک کشش (پویا و PNF) فلکسور ران دریافتند که هر دو تکنیک اثر معناداری بر حس وضعیت مفصل زانو نداشتند که این یافته با نتایج تحقیق حاضر مخالف است. احتمالاً علت این اختلاف این باشد که در این تحقیق از

1. Chappell

2. Younis Aslan

تمرینات کششی در مدت‌زمان کوتاهی استفاده شده است. لذا، ممکن است تأثیر کافی بر گیرنده‌های مکانیکی در گروه‌های عضلانی اطراف زانو نداشته‌اند. در حالی‌که در تحقیق حاضر، تمرینات به‌مدت طولانی‌تر (هشت هفته) اعمال شده است و از تمرینات تقویتی نیز، استفاده گردیده است. بنابر پیشنهاد برخی محققان، مدت‌زمان لازم برای تمرین فاکتورهای عصبی عضلانی شش هفته است که با مدت‌زمان لازم برای افزایش نیروی عضلات مرتبط می‌باشد و به مدت‌زمان لازم برای هایپرتروفی عضلات و ایجاد استقامت ارتباطی ندارد (پانیکس و همکاران، ۲۰۰۸).

در حس عمقی، دوک‌های عضلانی مسیرهای حسی را ایجاد می‌کنند و منجر به پاسخ‌های افراد بر اساس این مسیرها می‌گردند که دقیقاً بیانگر جهت حرکتی اندام و وضعیت ایستا است. دوک‌های عضلانی هنگام کشش و انقباض عضلانی، با افزایش و کاهش فعالیت، سیگنال‌ها را با طول و سرعت عضلات مرتبط می‌کنند. همچنین، گیرنده‌های مفصلی و پوستی نیز در حس عمقی نقش دارند (فونتس[1] و همکاران، ۲۰۱۰). کپسول و لیگامنت‌های اطراف مفصل زانو، علاوه بر اینکه نقش محافظتی دارند، دارای فیدبک حسی نیز می‌باشند که با ایجاد رفلکس عضلانی باعث کنترل اجزای دینامیک ثبات مفصلی می‌شود (قدیری و همکاران، ۲۰۱۴).

تمرینات تقویتی، حساسیت گیرنده‌های مکانیکی (به‌ویژه حساسیت دوک عضلانی) را افزایش می‌دهد، با افزایش توده عضلانی، ممکن است قادر به افزایش تعداد واحدهای دوک عضلانی شود (باوردی مقدم و همکاران، ۲۰۱۷). هنگام کشش عضلات اطراف هر مفصل، دوک‌های عضلانی تحریک و باعث ارسال درون‌دادهای حسی به سیستم عصبی مرکزی و به‌دنبال آن تحریک گیرنده‌های عصبی حرکتی می‌شوند که می‌توانند بر روی حس عمقی مفاصل مربوطه اثرگذار باشند (مرادی و همکاران، ۲۰۱۵). زاویه ۳۰ درجه فلکشن زانو، دامنه ابتدایی حرکت در مفصل زانو در فعالیت‌هایی از قبیل راه رفتن، دویدن و شوت زدن است و مفصل زانو در این دامنه فعالیت بیشتری دارد (نیسی[2] و همکاران، ۲۰۰۶). از حالت اکستنشن صفر درجه زانو به سمت فلکشن ۳۰° نیروی انقباضی کمتری ایجاد می‌شود و گیرنده‌های حس عمقی کمتری تحریک می‌شوند (فونتس و همکاران، ۲۰۱۰). احتمالاً برنامه تمرینات اصلاحی رایج و NASM با اعمال تمرینات کششی و تقویتی منجر به افزایش دوک‌های عضلانی و تحریک گیرنده‌های عصبی حرکتی شده‌اند و بر حس وضعیت تأثیر گذاشته‌اند. در زاویه فلکشن ۶۰° نیروی انقباضی بیشتری ایجاد می‌شود و به دنبال آن، گیرنده‌های حس عمقی بیشتری تحریک می‌شوند (فونتس و همکاران، ۲۰۱۰). در تمرینات انسجام، بین زوایای حدود ۳۰° و ۶۰° بیشترین تکرار حرکت را داشته است. تکرار یک الگوی حرکتی می‌تواند منجر به بهبود حس وضعیت گردد. می‌توان یکی از دلایل تأثیر بیشتر تمرینات اصلاحی NASM در وضعیت semi squat نسبت به تمرینات اصلاحی رایج را همین موضوع دانست. یکی از دلایل دیگر، می‌تواند استفاده از تمرینات تقویتی مانند تمرینات با تراباند و تمرینات انسجام باشد. این نوع تمرینات تقویتی با افزایش حساسیت کششی دوک عضلانی و تقویت عضلات اطراف مفصل زانو، باعث افزایش کارایی عصبی عضلانی و بهبود عملکرد عضلانی گشته و به‌دنبال آن منجر به بهبود در عملکرد و کاهش خطای حس وضعیت مفصل زانو می‌گردد (باوردی مقدم و همکاران، ۲۰۱۷). همچنین، بخشی از تمرینات انسجام، شامل تمرینات پرشی است. تمرینات پرشی، به‌دلیل نوع و ماهیت تمرین، فشار زیادی بر مفصل زانو و دیگر مفاصل اندام تحتانی وارد می‌کنند، که این باعث تأثیر بر گیرنده‌های مکانیکی و عضلانی می‌شود، سیستم عصبی-عضلانی را بهبود می‌بخشد و در نتیجه، می‌تواند سبب بهبود بیشتر حس وضعیت در گروه تمرینات اصلاحی NASM گردد (زاهدی و همکاران، ۲۰۱۸).

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، در اثر اعمال تمرینات اصلاحی رایج و NASM کاهش میزان زاویه Q داینامیک و خطای مطلق زاویه‌ای در هر دو حس وضعیت semi squat و standing نشان داده شده است. اگرچه، تفاوت معناداری بین تأثیر هر دو نوع تمرین بر زاویه Q داینامیک و حس وضعیت مشاهده نشد ولی مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از تأثیر بیشتر تمرینات اصلاحی NASM بر زاویه Q داینامیک و حس وضعیت می‌باشد.

1. Fuentes
2. Neisi

تشکر و قدردانی

از همکاری اداره آموزش و پرورش ناحیه ۴ کرج و کلیه دانش‌آموزانی که در انجام این پژوهش همکاری کردند، کمال تشکر را داریم.

References

Abbaszadeh, A; Seifodini, MR; Nikui, R. (2019). "Comparison of Selected Lnee Kinematic Factors during Single Leg Landing after Six Weeks of Multi-Angled Isometric Exercises on Knee Joint Flexor and Extensor Muscle Groups". Journal of Rehabilitation Medicine. 8(2): 182-190. (In Persian)

Almeida, GP; Silva, AP; Franca, FJ; Magalhaes, MO; Burke, TN; Marques, AP. (2016). "Q-angle in patellofemoral pain relationship with dynamic knee valgus, hip abductor torque, pain and function". Journal of Revista Brasileira de Ortopediam, 51(2): 181-186.

AsadKaram, S; Ghasemi, G. (2018). "Effect of Eight Weeks of National Academy of Sport Medicine Exercises on Sway Back of High School Female Students". Journal of Rehabilitation Medicine. 7(3): 208-216. (In Persian)

Baharlouei, J; Khayambashi, KH; Lanjan, SH. (2014). "Comparison of accuracy of knee joint position sense at three angles of 15, 45 and 60 degrees". Journal of Sports Medicine Studies. 11: 35-44. (In Persian)

Bakhtiary, AH; Fatemi, E Reza; Sattani, A. (2012). "Genu varum deformity may increase posture sway and falling risk". Journal of Semnan University of Medical Sciences; 13(3): 330-338. (In Persian)

Barrios, JA; Heitkamp, CA; Smith, BP; Sturgeon, MM; Suckow, DW; Sutton, CR. (2016). "Three-dimensional hip and knee kinematics during walking, running, and single-limb drop landing in females with and without genu valgum". Journal of clinical biomechanics. 31: 7-11.

Bavardi Moghadam, E; Shojaedin, S, Ali; Akbarnejad, A. (2017). "Evaluation of a period of Traband training on knee Proprioception Changes in Older men with knee Osteoarthritis". Journal of Rehabilitation Medicine, 5(9): 75-84. (In Persian)

Beyranvand, R; Sahebozamani, M; Daneshjoo, A. (2018). "The Role of Ankle and Knee Joints Proprioceptive Acuity in Improving the Elderly Balance after 8-Week Aquatic Exercise". Journal of AGEING. 13(3): 372-383. (In Persian)

Chappell, JD; Creghton, RA; Giuliani, C; Yu, B; Garrett, WE. (2007). "Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for anterior cruciate ligament injury". Journal of Sports Med. 35: 235-241.

Claiborne, TL; Armstrong, CW; Gandhi, V; Pincivero, DM. (2006). "Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat": Journal of Appl Biomech. 22(1): 41-50.

Clark, MA; Luset, SC. (2014). *NASM Essentials of Corrective Exercise Training. Alizadeh*; M, Mirkarimpour; H, Fallahmohammadi; M. PA: Hatmi. (In Persian)

Fuentes, CT; Bastian, AJ. (2010). "Where is your arm? Variation in proprioception across space and takes". Journal of Neurophysiol. 103(1): 164-71.

Ghadiri, Y; Shahrjerdi, Sh; Golpaygani, M. (2013). "Effect of proprioception training on knee joint position sense of athletes with Genuvarum". Journal of Sport Rehabilitation. 2(3): 67-73. (In Persian)

Hadian, M; Mir, S; Talebian, S; Naseri, N. (2007). "Functional assessment of knee joint position sense following anterior cruciate ligament reconstruction". Journal of Modern Rehabilitation. 1(1): 59-69. (In Persian)

Hakimipour, M; Irandoost, R; Minoo Nezhad, H; Rajabi, R. (2016). "Comparison of posture in elite female taekwondo players and non-athletes". Journal of Research in Sport Medicine and Technology. 14(12): 23-31. (In Persian)

Hollman, JH; Ginos, BE; Kozuchowski, J; Vaughn, AS; Krause, DA; Youdas, JW. (2009). "Relationships between Knee Valgus, Hip-Muscle Strength, and Hip-Muscle Recruitment during a Single-Limb Step-Down". Journal of Sport Rehabilitation. 18(1): 104-117.

Jabalameli, M; Bagheri Fard, A; Jahansouz, A; Mokhtari, T. (2013). "Distal femoral Varus Osteotomy in 27 young patients with Genu Valgum". Journal of Tehran University Medical. 71(11): 713-717. (In Persian)

Koorosh-fard, N; Ali-Zadeh, MH; Rajabi, R; Shirzad, E. (2015). "Effect of Feedback Corrective Exercise on Knee Valgus and Electromyographic Activity of Lower Limb Muscles in Single Leg Squat". Journal of Rehabilitation. 16(2): 138-147. (In Persian)

Kwon, O; Yun, M; Lee, W. (2014). "Correlation between intrinsic patellofemoral pain syndrome in young adults and lower extremity biomechanics". Journal of Physical Therapy Science. 26(7): 961-964.

Mahdavi, A; Hadadnezhad, M; Eftekhari, F. (2018). "Effect of 6 week stretching training of Gastrocnemius-Soleus complex on dorsiflexion range of motion, ankle proprioception, knee valgus and function in athletes with limited dorsiflexion". Journal of Rehabilitation Medicine. 6(11): 21-32. (In Persian)

Mazidi, M; Alizadeh, MH; Rajabi, R. (2012). "Effect of one period of exercise therapy program on Q and popliteal angle in athlethes with patellofemoral pain syndrome". Journal of Scientific Information Database. 7(2): 206-214. (In Persian)

Mazloum, V; Rahnama, N. (2014). "Comparison of the Effects of Therapeutic exercise and Pilates Training on Function and Proprioception in Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial". Jornal of Rehabilitation. 15(1): 53-62. (In Persian)

Mirkoobandi, S; Taheri, M; Irandost, Kh. (2016). "A Comparison of Locomotion Fundamental Skills between Children with Lower Extremities

Deformities and Healthy Children". Journal of Rehabilitation Medicine. 8(2): 301-313. (In Persian)

Moradi, A; Rajabi, R; Minoonejad, H; Beyranvand, R. (2015). "The immediate effect of dynamic stretching of Quadriceps, Hamstrings and Gastrocnemius muscles on the knee joint Proprioception", Journal of Rehabilitation Medicine. 4(2): 86-96. (In Persian)

Namavrian, N; Soltani, AR; Rakabi Zadeh, M. (2014). "A study of the function of the muscles around the knee in the deformations of the genu valgrum and genu valgum". Journal of Modern Rehabilitation. 8(3): 1-9. (In Persian)

Neisi, K; Ebrahimi, A; Goharpey, SH. (2006). "Survery effect of start degree and aim degree on knee joint posision sense assessment in healthy men". Journal of University Medical Science. 5(3): 621-627.

Panics, G; Tallay, A; Pavlik, A; Berkes, I. (2008). "Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players". Journal of Sport Medicine. 42: 472-476.

Rabiei, M; Jafarnejhad, T; Binabaji, H; Hosseininejad, E; Anbarian, M. (2012). "Assessment of postural response after sudden perturbation in subjects with genu valgum". Journal of Shahrekord University of Medical Sciences. 14(2): 90-100. (In Persian)

Sardari, S; Sadeghi, H; Matin Homaei, H. (2012). "Effect of one period of flat foot deformity corrective exercises on static and dynamic balance of young active and inactive girl students of university". Sixth national conference of physical education and sports science students of Iran. (In Persian)

Shahidi Zandi, Z; Amir Seyfaddini, MR; Amiri Khorasani, MT. (2017). "Evaluation of Lower Extremity Kinematic Characteristics during Single-Leg Landing from Different Heights in Patients with Knee Valgus Deformity". Journal of Rehabilitation Medicine, 6(1): 122-131. (In Persian)

Younis Aslan, HI; Buddhadev, H; Suprak, DN; San Juan, JG. (2018). "Acute effects of two hip flexor stretching techniques knee joint position sense and balance". Journal of Sports Physical Therapy. 13(5): 846-859.

Zahedi, M; Daneshjoo, A; Sahebozamani, M; Sadeghi-Gogheri, M. (2018). "Comparison of the Effects of Hopping and Box Jump Training on the Proprioception in Males with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction". Journal of Management System, 7(3): 1-9. (In Persian)

Ze Lu, MSe; Goris Nazari, PT; Joy, C. (2020). "Measurement Properties of a 2-Dimensional Movement Analysis System: A Systematic Review and Meta-analysis". Journal of Science Direct. 101(9): 1603-1627.