مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان / دوره بیستم / خرداد و تیر ۱۳۹۴/ ۳۹- ۳۲

بررسی تاثیر یک دوره تمرین مقاومتی بر سطح مقطع عضله پهن داخلی و خارجی زنان مبتلا به سندرم درد کشککی - رانی

فاطمه سالاری اسکر[۱]، مهرداد عنبریان[۲]، علی احسان صالح[۳]، منصور صاحب الزمانی[۴]

۱. فوق لیسانس بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲. دانشیار بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. (مولف مسئول)، تلفن ثابت: ۰۸۱-۳۸۳۸۱۴۲۲،

Email:m_anbarian@yahoo.com

۳. دکترای رادیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی بهداشتی همدان، همدان، ایران

۴. دانشیار آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت‌بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: افزایش غیر طبیعی سطح مقطع بخش انتهایی عضله پهن داخلی بدون افزایش در سطح مقطع پهن خارجی با افزایش ریسک آسیب‌های غضروف کشککی و افزایش در حجم استخوان کشککی همراه است. هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرینات اختصاصی عضله پهن داخلی بر روی سطح مقطع عرضی دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی بود.

روش بررسی: ۲۴ زن دارای درد کشککی-رانی در این مطالعه تجربی شرکت کردند. آزمودنی‌ها بطور تصادفی در دو گروه مساوی کنترل (میانگین سنی: ۲/۱±۲۴/۰) و مداخله (میانگین سنی: ۲/۶±۲۴/۱) قرار گرفتند. تمرینات به مدت ۸ هفته و ۳ روز در هفته توسط گروه تمرین انجام شد. تمرینات شامل حرکت پرس پا در ۴۵ درجه انتهایی فلکشن/اکستنشن زانو همراه با آداکشن بیشینه ران بود. سطح مقطع عرضی دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی قبل و بعد از دوره تمرینی در محل ۳۷/۵ میلی‌متر بالاتر از محل اتصال تاندون کشککی به کشکک در دو گروه با استفاده از اولتراسونوگرافی اندازه‌گیری شد. آزمون‌های آماری تی زوجی و تی مستقل جهت تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج: سطح مقطع عرضی هر دو عضله پهن داخلی (p=۰/۰۳) و پهن خارجی(p=۰/۰۱) بعد از دوره تمرینی در گروه تمرینی به طور معناداری افزایش پیدا کرد. افزایش سطح مقطع عضله پهن داخلی نسبت به پهن خارجی بیشتر بود، اما به لحاظ آماری معنادار نبود (P=۰/۱۲۸). گروه کنترل هیچگونه اختلاف معناداری را نشان نداد(p>۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: سطح مقطع هر دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی بعد از دوره تمرینی تفاوت معنی داری نداشت. به همین دلیل احتمالاً این تمرینات می‌توانند برای زنان دچار سندرم درد کشککی -رانی مفید باشند.

واژگان کلیدی: سندرم درد کشککی -رانی، سطح مقطع عرضی، عضله پهن داخلی، عضله پهن خارجی.

وصول مقاله:۹۳/۷/۱۹ اصلاحیه نهایی:۹۳/۱۰/۱۶ پذیرش:۹۳/۱۱/۱۲

مقدمه

سندرم درد کشککی رانی[1] (PFPS) یکی از شایع‌ترین ناهنجاری‌های اثرگذار بر اندام تحتانی افراد است (۱). مبتلایان به این بیماری بطور معمول از دردی مبهم در قسمت خلفی کشکک و اطراف آن شکایت دارند که در فعالیت-هایی نظیر بالا و پایین رفتن از پله و دویدن تشدید می‌شود. اگر چه علت این سندرم هنوز نامشخص است اما جابجایی غیرطبیعی کشکک می‌تواند از دلایل اولیه آن باشد (۲). با این حال راستای نامناسب[2] کشکک که ناشی از عدم تعادل عصبی-عضلانی بین دو عضله پهن داخلی و خارجی است و آتروفی عضله پهن داخلی نسبت به پهن خارجی می‌تواند یکی از عوامل بیومکانیکی اثرگذار باشد (۳). به منظور تقویت و رفع عدم تعادل عضلانی پهن داخلی نسبت به پهن خارجی، معمولاً به صورت سنتی از تمریناتی نظیر اکستنشن زانو جهت تقویت عضلات چهارسرران استفاده می‌شود (۴). اما در طراحی تمرینات سنتی مورد استفاده برای بهبود درد کشککی- رانی، بطور عموم روی افزایش قدرت گروه عضلات چهارسرران تکیه شده است بدون در نظر گرفتن این نکته که عضله پهن خارجی به طور طبیعی قوی‌تر از عضله پهن داخلی است. بنابراین در تمرینات ارائه شده، باید به تقویت عضلات چهارسرران با رعایت ایجاد تعادل نسبت قدرت عضله پهن خارجی به پهن داخلی توجه ویژه داشت. اگر نسبت نیروهای خارجی و داخلی اعمال شده از سوی عضله پهن داخلی نسبت به پهن خارجی روی کشکک متعادل و مناسب نباشد، سبب افزایش جابجایی خارجی کشکک در شیار قرقره‌ای ران شده و در نتیجه امکان افزایش درد ناشی از سندرم کشککی-رانی وجود دارد. به همین دلیل انجام این تمرینات به شکل سنتی و بدون رعایت اصل تناسب بین نیروی عضلات پهن داخلی و خارجی برای بیماران دچار درد کشککی رانی توصیه نمی شود (۵). عضله پهن داخلی به صورت انتخابی می‌تواند بوسیله اجرای تمرینات خاص آداکشن تقویت شود (۶). به عنوان مثال سایم[3] و همکاران در سال ۲۰۰۹ به مقایسه یک دوره تمرینات اختصاصی عضله پهن داخلی و یک دوره تمرینات عمومی گروه عضلات چهارسرران در بیماران مبتلا به سندرم درد کشککی رانی پرداختند. نتیجه مطالعه آنان نشان داد که هر دو شیوه تمرینی سبب بهبود عملکرد و کاهش شدت درد می شوند (۶). پنگ[4] و همکاران در سال ۲۰۱۲ میزان فعالیت عضله پهن داخلی و پهن خارجی را هنگام اجرای حرکت پرس پا همراه با آداکشن ران در افراد سالم بررسی کردند. مطالعه آنان نشان داد که اجرای حرکت پرس پا همراه با حداکثر آداکشن مفصل ران در کل حرکت بر نسبت فعالیت عضله پهن داخلی به پهن خارجی اثرگذار نیست اما نسبت فعالیت این دو عضله در ۴۵ درجه انتهایی حرکت (فلکشن/اکستنشن) افزایش معناداری را نشان داد (۷). از طرفی باید این نکته را هم در نظر داشت که تمرینات ویژه یک عضله، ممکن است منجر به تغییر نسبت طبیعی بین سطح مقطع دو عضله پهن خارجی و پهن داخلی شود و یا اینکه سبب بروز آسیب گردد (۶). نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده اند که افزایش غیر طبیعی سطح مقطع بخش انتهایی عضله پهن داخلی بدون افزایش در سطح مقطع پهن خارجی با افزایش ریسک آسیب‌های غضروف کشکک و افزایش در حجم استخوان کشکک همراه است (۸). با وجود این، جواب این سئوال که تمرینات اختصاصی عضله پهن داخلی منجر به افزایش بیش از حد سطح مقطع این عضله می‌شود یا خیر؛ هنوز به طور دقیق و قطعی بررسی نشده است. یکی از روش‌های سنجش سطح مقطع عضلانی استفاده از تکنیک اولتراسونوگرافی است (۹). اولتراسونوگرافی بطور موثری به کار می‌رود تا تغییرات مورفولوژیکی در ضخامت یا جابجایی عضله (۱۰)، تار عضله (۱۳-۱۱)، زاویه بالی (۱۴) و سطح مقطع عضله را

[1] - Patellofemoral pain syndrome
[2] - Malalignment
[3] - Syme
[4] - Peng

ارزیابی نماید (۹). همچنین پیشنهاد شده است که پارامترهای اولتراسونوگرافی ممکن است قابلیت تشخیص درد، آسیب و نقص عملکرد را دارا باشند (۱۷-۱۵). با این وجود، اولتراسونوگرافی همراه با الکترومایوگرافی استفاده می‌شود تا اطلاعات جامع‌تری را در باره فعالیت و ویژگی‌های عضله اسکلتی فراهم آورد (۱۸).

هدف پژوهش حاضر بررسی اثر ۸ هفته تمرینات اختصاصی عضله پهن داخلی بر روی سطح مقطع دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی در زنان دچار درد کشککی- رانی بود. در این پژوهش تنها به بررسی متغیرهای مورد مطالعه بر روی زنان پرداخته شد. علت انتخاب زنان برای این پژوهش، شیوع بالاتر سندرم درد کشککی-رانی در زنان نسبت به مردان (۳) از یک سو و تفاوت‌های بیومکانیکی موجود بین زنان و مردان از سوی دیگر بود.

روش بررسی

جامعه آماری در این تحقیق تجربی، کلیه زنان با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال شهرستان همدان بود. از جامعه آماری، تعداد ۲۶ نفر به شیوه در دسترس انتخاب شده و نمونه آماری پژوهش را تشکیل دادند. این افراد بطور تصادفی در دو گروه کنترل (۱۲ نفر) و مداخله (۱۴ نفر) قرار گرفتند. در پایان دوره تمرینی ۱۲ نفر از گروه مداخله، تمرینات خود را به پایان رساندند و بقیه افراد به دلیل عدم شرکت منظم در تمرینات از پژوهش کنار گذاشته شدند.

شرایط پذیرش آزمودنی‌ها جهت شرکت در پژوهش به ترتیب زیر بود: ۱- معرفی توسط پزشک متخصص (بررسی-های کلینیکی شامل بررسی سابقه درد و نشانه‌های سندرم در فرد و همچنین لمس کشکک، سنجش طول عضله، مشاهده وضعیت ایستاده و آزمون‌های عملکردی). ۲- درد در ناحیه قدامی زانو و یا زیر کشکک طی حداقل ۲ تا از فعالیت‌های بالا و پایین‌رفتن از پله، اجرای حرکت اسکات، دویدن، زانو زدن، لی‌لی کردن یا پریدن. ۳- آغاز نشانه‌های درد که با آسیب‌های ناشی از ضربه مرتبط نبوده و فرد حداقل به مدت دو ماه نشانه‌های درد را داشته است. سطح درد در هنگام گزینش با توجه به مقیاس بینایی درد[1] ۱۰ سانتی‌متری، حداقل ۳/۹ یا و بیشتر از آن بود (۲۰و۱۹). شرایط خروج از مطالعه شامل موارد زیر بود: سابقه جراحی مفصل کشککی - رانی، سابقه دررفتگی کشکک، آسیب‌های مینیسک یا بافت‌های داخل مفصلی، آسیب لیگامنت‌های متقاطع و جانبی زانو، کوتاهی نوار ایلیوتیبیال (آزمون اوبر[2])، عفونت - های مفصل ران، زانو و مچ‌پا.

گروه مداخله به مدت ۸ هفته، هر هفته سه جلسه و هر جلسه به مدت ۴۵-۳۰ دقیقه تمرینات خود را انجام دادند. آزمودنی‌ها در طی ۴ هفته اول تمرینی با وزنه‌ای معادل ۴۰ درصد یک تکرار بیشینه (طی اجرای حرکت پرس پا با حداکثر آداکشن مفصل ران) و در سه ست (هر ست شامل ۱۰ تکرار) تمرینات خود را انجام دادند. بین هر ست حدود ۳ ۵ دقیقه استراحت وجود داشت (۲۱). هنگام اجرای حرکت پرس پا با حداکثر آداکشن ران، آزمودنی‌ها ابتدا به پشت بر روی دستگاه پرس پا درازکشیده به شکلی که زانوها دارای ۴۵ درجه فلکشن بودند (۷) و فاصله بین دو پا به اندازه عرض شانه‌ها بود. در این وضعیت این امکان وجود نداشت که زانوها هنگام اجرای حرکت پرس پا از جلوی پا عبور نمایند یا به عبارت دیگر زانوها عمود بر پنجه پا بودند (۲۲). حرکت پرس پا در همان ۴۵ درجه انتهایی حرکت پرس پا انجام می‌شد در حالیکه یک توپ مدیسین‌بال ۲ کیلوگرمی در بین ران‌های آزمودنی قرار داشت که باید با حداکثر فشار به توپ حرکت خود را اجرا می‌کرد. علت اجرای حرکت پرس پا در این وضعیت این بود که پنگ و همکاران در سال ۲۰۱۲ گزارش کردند که در این زاویه، نسبت فعالیت عضله پهن داخلی به پهن خارجی نسبت به سایر زوایا بیشتر است (۷). در انتهای هفته چهارم مقادیر یک تکرار بیشینه مجدداً اندازه‌گیری شد و برنامه تمرینی با مقادیر یک تکرار بیشینه جدید و همانند ۴ هفته اول ادامه

1 - Visual Analog Scale (VAS)
2 - Ober test

پیدا کرد (۲۱). مقادیر یک تکرار بیشینه یک هفته قبل از شروع برنامه تمرینی مورد اندازه گیری قرار گرفت. این اندازه‌گیری با استفاده از رابطه زیر انجام شد (۲۳). در این رابطه باید وزنه‌ای انتخاب شود که تعداد تکرار توسط آزمودنی بیشتر از ۴ و کمتر از ۱۲ باشد (۲۳).

$$1RM = \frac{\text{مقدار بار}}{\text{(تعداد تکرار) ۰/۰۲-۱}}$$

سطح مقطع عرضی[1] عضله توسط متخصص رادیولوژی (نویسنده سوم) و با استفاده از دستگاه اولتراسونوگرافی (مدل MY LAB 50 XVISON) با پروپ خطی ۷/۵ هرتز قبل و پس از دوره برنامه تمرینی اندازه‌گیری شد.

محور طولی پروب اولتراسوند[2] به طور عمود بر محور طولی تارهای عضلات پهن داخلی و خارجی و در فاصله ۳۷/۵ میلی‌متری بالای کشکک مورد ارزیابی قرار گرفت. ژل اولتراسوند بین پروب و پوست استفاده شد تا سبب وضوح بیشتر تصویر گردد (۲۴). پروب با دقت بالایی تنظیم شد تا بطور بهینه‌ای سطح مقطع عضلانی مشاهده شود و آنگاه محل مشخص شده علامت‌گذاری شد تا این اطمینان حاصل گردد که پروب در هنگام سنجش همواره بر همان مکان اولیه قرار گیرد (۲۵). تمامی تصاویر در وضعیت ایستاده مورد سنجش قرار گرفت تا با سطح عضلات در طی فعالیت‌های روزانه شباهت بیشتری را داشته باشند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ انجام شد. برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شپیرو-ویلک[3] استفاده گردید. به منظور مقایسه متغیرهای مورد مطالعه در دو گروه کنترل و مداخله از تست تی مستقل و برای مقایسه متغیرهای مورد مطالعه طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه، از تست تی همبسته استفاده شد. سطح معناداری برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

ویژگی‌های دو گروه کنترل و مداخله در جدول ۱ آورده شده است.

در میزان سطح مقطع عرضی عضلات پهن داخلی و پهن خارجی بین دو گروه کنترل و مداخله در پیش‌آزمون اختلاف معناداری از نظر آماری نداشت ($P>0/05$). مقایسه سطح مقطع عرضی عضلات پهن داخلی و پهن خارجی طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه های تحقیق در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، سطح مقطع دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی در گروه کنترل طی پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون اختلاف معناداری را نشان نداد ($P>0/05$). اما در گروه مداخله، سطح مقطع عرضی دو عضله پهن‌داخلی ($P=0/03$) و پهن‌خارجی ($P=0/01$) پس از ۸ هفته تمرینات اختصاصی عضله پهن داخلی افزایش یافته است.

مقایسه تغییرات سطح مقطع عضلانی دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی در گروه مداخله نشان داد که سطح مقطع عضله پهن داخلی ۴۵/۷±۱۶۴/۸ میلی‌متر مربع افزایش و سطح مقطع عضله پهن خارجی ۲۷/۲±۹۸/۰ میلی‌متر مربع افزایش را در مرحله پس‌آزمون در مقایسه با پیش‌آزمون داشته است.

[1] - Cross Sectional Area
[2] - Ultrasound probe
[3] - Shapiro-wilk

جدول ۱: ویژگی‌های گروه های تحقیق

ویژگی‌ها	گروه کنترل	گروه تمرین
سن (سال)	۲۴/۰±۲/۱	۲۴/۱±۲/۶
جرم (کیلوگرم)	۶۰/۵±۵/۸	۶۲/۷±۵/۵
قد(سانتی‌متر)	۱۶۴/۹±۶/۱	۱۷۰/۲±۶/۰
شدت درد (VAS)	۳/۱۷±۰/۲۸	۳/۳۳±۰/۳۹

جدول ۲: مقایسه سطح مقطع عضلات پهن داخلی و پهن خارجی (بر حسب میلی‌متر مربع) طی پیش‌آزمون و پس‌آزمون در گروه های تحقیق

گروه	عضلات	پیش آزمون	پس آزمون	میزان t	سطح معناداری
کنترل	پهن داخلی	۱۰۹۷/۵±۲۰۹/۵	۱۰۸۴/۲±۲۷۳/۸	۰/۲۰۹	۰/۸۳۸
	پهن خارجی	۶۵۴/۷±۱۷۰/۴	۶۵۰/۹±۱۶۲/۵	۰/۱۶۰	۰/۸۷۶
مداخله	پهن داخلی	۱۲۲۸/۶±۲۵۸/۲	۱۳۱۱/۵±۲۵۵/۹	-۲/۳۶۲	*۰/۰۳۸
	پهن خارجی	۵۵۱/۴±۱۱۱/۴	۵۷۸/۶±۱۱۶/۵	-۲/۹۰۶	*۰/۰۱۴

*سطح معناداری P<۰/۰۵

بحث

این تحقیق با هدف بررسی اثر ۸ هفته تمرینات اختصاصی عضله پهن داخلی بر روی سطح مقطع عرضی دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی انجام شد. نتایج، افزایش سطح مقطع عرضی عضلات پهن‌داخلی و پهن‌خارجی را پس از اجرای تمرینات نشان داد که این افزایش در عضله پهن داخلی بیشتر بود. تحقیقات پیشین، افزایش در قدرت عضلانی را در گروه‌های سنی مختلف پس از یک دوره تمرینات مقاومتی فزاینده گزارش کرده‌اند. این افزایش در قدرت عضلانی، به‌ویژه در هفته‌های آغازین تمرین در نتیجه سازگاری‌های عصبی است، در حالیکه پس از آن، هایپرتروفی (افزایش سطح مقطع فیزیولوژیک عضله) و در نتیجه افزایش سطح مقطع تارهای عضلانی سبب افزایش قدرت می شود (۲۷و۲۶). سطح مقطع عرضی عضله معیاری معتبر مرتبط با میزان نیروی تولیدی شناخته می‌شود (۲۸). برای مثال، نشان داده شده است که سطح مقطع عرضی گروه عضلات چهارسر ران در بخش میانی ران اندازه گیری شده توسط MRI با حداکثر نیروی اکستنسوری زانو مرتبط است (۳۰و۲۹و۳).

نتایج پژوهش‌های پیشین نشان داده است که افزایش سطح مقطع عرضی بخش انتهایی عضله پهن داخلی بدون افزایش در سطح مقطع پهن خارجی با آسیب غضروف مفصلی کشکک و افزایش حجم استخوان کشکک مرتبط است (۸). افزایش حجم استخوان کشکک در نتیجه افزایش سطح مقطع عضله پهن داخلی توسط قانون ولف[1] توجیه‌پذیر است. این قانون اینگونه بیان می‌کند که هر چه میزان بار وارده بر استخوان بیشتر باشد، حجم استخوان افزایش پیدا کرده و ساختار آن قوی‌تر می‌شود (۳۱). این در حالی است که هیچگونه ارتباط معناداری بین سطح مقطع عضله پهن خارجی و ساختار کشکک گزارش نشده است. با وجود این، به دلیل اینکه بسیاری از پژوهش‌ها یکی از دلایل ابتلا به سندرم درد کشککی- رانی را ضعف در عضله پهن داخلی می دانند، بسیاری از مقالات اخیر بر ارائه تمرینات به منظور تقویت عضله پهن داخلی بطور اختصاصی در افراد مبتلا به این سندرم متمرکز شده اند (۷و۶). از سوی دیگر همانطور که پیش تر ذکر شد، افزایش سطح مقطع عضله پهن داخلی

1 - Wolff's law

بدون در نظرگرفتن سطح مقطع عضله پهن خارجی می‌تواند سبب آسیب بیشتر غضروف مفصلی کشکک شود؛ همین امر توصیه برنامه تمرین اختصاصی برای عضله پهن داخلی در افراد دارای درد کشککی رانی را با تردید مواجه ساخته است (۶). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هرچند سطح مقطع عضله پهن داخلی بطور معناداری افزایش پیدا کرد اما افزایش معناداری هم در سطح مقطع عضله پهن خارجی دیده شد. بنابراین فرضیه مبتنی بر اینکه شیوه تمرینی اختصاصی مقاومتی عضله پهن داخلی ممکن است سبب افزایش نامتناسب نسبت سطح مقطع این عضله به پهن خارجی و در نتیجه سبب تخریب غضروف مفصلی کشکک گردد را ممکن است با تردید مواجه کند. همچنین یافته های این تحقیق نشان داد که تمرینات اعمال شده قادر بوده تا سطح مقطع عضله پهن داخلی را حدود دو برابر سطح مقطع عضله پهن خارجی افزایش دهد. این موضوع ضمن اینکه افزایش قدرت متناسب پهن خارجی را سبب شده می‌تواند سبب بهبود ضعف عضله پهن داخلی در زنان دچار سندرم درد کشککی - رانی شود. البته برای ارزیابی هر چه بهتر این موضوع نیاز به تحقیقات بیشتر است و بهره گیری از متغیرهای کینماتیکی،کینتیکی و فعالیت میوالکتریکی عضلات این افراد متعاقب تمرینات اختصاصی می تواند کمک کننده باشد.

نتیجه‌گیری

تمرینات اختصاصی تقویت عضله پهن داخلی به کار رفته در این تحقیق قادر بود سطح مقطع هر دو عضله پهن داخلی و پهن خارجی را بطور معناداری افزایش دهد. میزان افزایش سطح مقطع بیشتر در عضله پهن داخلی نسبت به پهن خارجی ناشی از تمرینات ارائه شده در این تحقیق مبین مفید و مناسب بودن احتمالی این تمرینات برای زنان دچار درد کشککی - رانی است.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد بود که بدینوسیله از مسئولین محترم دانشگاه بوعلی سینا و کلیه آزمودنی‌هایی که در اجرای این مطالعه کمال همکاری و مساعدت را داشتند تشکر می‌نماییم.

References

1. Levinger P, Gilleard W. The heel strike transient during walking in subjects with patella femoral pain syndrome.PhysTher Sport 2005; 6:83–8.
2. Ahmad CS, Kwak SD, Ateshian GA, Warden WH, Steadman JR,Mow VC.Effects of patellar tendon adhesion to the anterior tibia on knee mechanics.Am J Sports Med 1998; 26:715-724.
3. Callaghan MJ, Oldham JA. Quadriceps atrophy: to what extent does it exist in patella femoral pain syndrome? Br J Sports Med 2004; 38:295-9.
4. Claudon B, Poussel M, Grumillier CB, Beyaert C, Paysant J. Knee kinetic pattern during gait and anterior knee pain before and after rehabilitation in patients with patellofemoral pain syndrome. Gait & Posture 2012; 36: 139–143.
5. Pan J, Stehling C, Muller-Hocker C, Schwaiger BJ, Lynch J, McCulloch CE, et al. Vastuslateralis/vastusmedialis cross-sectional area ratio impacts presence and degree of knee joint abnormalities and cartilage T2 determined with 3T MRI–an analysis from the incidence cohort of the Osteoarthritis Initiative. Osteoarthritis and Cartilage 2011; 19: 65-73.
6. Syme G, Rowe P, Martin D, Daly G. Disability in patients with chronic patellofemoral pain syndrome: A randomised controlled trial of VMO selective training versus general quadriceps strengthening. Man Therap 2009; 14: 252-263.

7. Peng HT, Kernozek TW, Song CY. Muscle activation of vastusmedialisobliquus and vastuslateralis during a dynamic leg press exercise with and without isometric hip adduction. PhysTher Sport 2013; 14: 44-9.
8. Berry PA, Hanna FS, Teichtahl AJ, Wluka AE, Urquhart DM, Bell RJ, et al. Vastusmedialis cross-sectional area is associated with patella cartilage defects and bone volume in healthy women. Osteoarthritis and Cartilage 2008; 16: 956-960.
9. Narici MV, Binzoni T, Hiltbrand E, Fasel J, Terrier F, Cerretelli P. In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. J Physiol 1996; 496:287–97.
10. Mannion AF, Pulkovski N, Gubler D, Gorelick M, O'Riordan D, Loupas T, et.al. Muscle thickness changes during abdominal hollowing: an assessment of between-day measurement error in controls and patients with chronic low back pain. Eur Spine J 2008; 17: 494–501.
11. Okita M, Nakano J, Kataoka H, Sakamoto J, Origuchi T, Yoshimura T. Effects of therapeutic ultrasound on joint mobility and collagen fibril arrangement in the endomysium of immobilized rat soleus muscle. Ultrasound Med Biol 2009; 35: 237–44.
12. Ichinose Y, Kawakami Y, Ito M, Fukunaga T. Estimation of active force-length characteristics of human vastuslateralis muscle. ActaAnat1997; 159: 78–83.
13. Maganaris CN. Force–length characteristics of in vivo human skeletal muscle.ActaPhysiolScand 2001; 172: 279–85.
14. Mahlfeld K, Franke J, Awiszus F. Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. Muscle Nerve 2004; 29: 597–600.
15. Barton RS, Ostrowski ML, Anderson TD, Ilahi OA, Heggeness MH.Intraosseous innervation of the human patella: a histologic study. Am J Sports Med 2007; 35: 307–311.
16. Diaz JFJ, Rey GA, Matas RB, De La Rosa FJB, Padilla EL, Vicente JGV. New technologies applied to ultrasound diagnosis of sports injuries. AdvTher 2008;25: 1315–30.
17. Bernathova M, Felfernig M, Rachbauer F, Barthi SD, Martinoli C, Zelger B, etal.Sonographic imaging of abdominal and extraabdominal desmoids. Ultraschall Med 2008; 29: 515–9.
18. Andrade AS, Gaviao MBD, Derossi M, Gameiro GH. Electromyographic activity and thickness of masticatory muscles in children with unilateral posterior crossbite.ClinAnat 2009; 22: 200–6.
19. Bolgla LA, Malone TR, Umberger BR, Uhl TL. Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. J Orthop Sports PhysTher 2008; 38(1): 12–8.
20. Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, Crossley KM, McConnell J. Delayedonset of electromyographic activity of vastusmedialisobliquus relative to vastuslateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. Arch Phys Med Rehabil 2001; 82: 183–9.
21. Cacchio A, Don R, Ranavolo A, Guerra E, McCaw ST, Procaccianti R, et al. Effects of 8-Week strength training with two models of chest press machines on muscular activity pattern and strength. J ElectromyogrKinesiol 2008; 18: 618-627.
22.Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Lander JE, Barrentine SW, Andrews JR, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. Med Sci Sports Exerc 2001; 33: 1552-1566.

23. Baechle TR, Groves BR.Arazi H. Weight Training Instruction: Steps to Success (Steps to Success Activity Series). 1st ed. Tehran:Physical Education Organization of I.R. Iran, 1994:p122.
24. Guo JU, Zheng YP, Xie HB, Chen X. Continuous monitoring of electromyography (EMG), mechanomyography (MMG), sonomyography (SMG) and torque output during ramp and step isometric contractions. Med Eng Phys 2010; 32: 1032–1042.
25. Hodges PW, Pengel LHM, Herbert RD, Gandevia SC. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. Muscle Nerve 2003; 27: 682–92.
26. Keen D, Yue G, Enoka. Training related enhancements in the control of motor output in elderly humans. JApplPhysiol 1994; 77: 2648-2658.
27. Hakkinen K, Hakkinen A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. ElectromyogrClinNeurophysiol 1995; 35: 137-147.
28. Bamman MM, Newcomer BR, Larson-Meyer DE, Weinsier RL, Hunter GR. Evaluation of the strengthesize relationship in vivo using various muscle size indices. Med Sci Sports Exerc 2000; 32: 1307-13.
29. Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatrone MA, Evans W, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: a 12 yr longitudinal study. J ApplPhysiol 2000; 88: 1321-6.
30. Harridge SD, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. Muscle Nerve 1999; 22: 831-9.
31. Frost HM. From Wolff's law to the Utah paradigm: insightsabout bone physiology and its clinical applications.Anat Rec 2001; 262: 398-419.