

بررسی ارتباط بین تغییرات ابعاد عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس با نیروی ایزومتریک عضلات صاف کننده گردن

اصغر رضا سلطانی^۱، *محسن امیری^۲، خسرو خادمی کلانتری^۱، حسن نامور^۳، الهه سجادی^۴، پریسا میرحاجی مقامجویی^۵

چکیده

هدف: آناتومی ناحیه گردن انسان پیچیدگی خاصی دارد. اولتراسونوگرافی یک تکنیک تصویربرداری مقطعی است که بطور موفقیت آمیز برای تشخیص و اندازه گیری ابعاد آناتومیک عضلات گردن استفاده شده است. هدف از انجام این مطالعه، بررسی تغییرات ابعاد عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در حین اعمال قدرت ایزومتریک عضلات صاف کننده گردن بوده است.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی، شش ورزشکار حرفه ای جوان با انتخاب ساده از نمونه های در دسترس شرکت کردند. با استفاده از دستگاه اولتراسونوگرافی Real-Time (Aloka SSD 1200) ابعاد قدامی - خلفی و طرفی عضله به طور همزمان در حین صاف کردن ستون فقرات گردن به طور ایزومتریک و در درصدهای مختلف انقباضات ارادی ثبت شد.

یافته ها: طبق محاسبات انجام شده، با افزایش نیروی انقباض ایزومتریک عضلات صاف کننده گردن، اندازه عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس به طور همزمان افزایش می یافت. رابطه بین اندازه عضله و نیروی صاف کنندگی آن در ۱۰۰٪ انقباض ارادی حداکثر برابر با $I=0.79$ بود.

نتیجه گیری: استفاده از اولتراسونوگرافی روش مناسبی برای ارزیابی و تعیین میزان عملکرد عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در حین انقباض ایزومتریک عضلات صاف کننده گردن می باشد.

کلیدواژه ها: ابعاد، عضله، گردن، سمی اسپاینالیس کپیتیس، نیروی ایزومتریک

- ۱- دکترای فیزیوتراپی، دانشیار دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
- ۲- دکترای فیزیوتراپی، دانشیار دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی
- ۳- کارشناس ارشد فیزیوتراپی
- ۴- کارشناس فیزیوتراپی
- ۵- کارشناس فیزیوتراپی

دریافت مقاله: ۸۸/۴/۱۴
پذیرش مقاله: ۸۹/۱۲/۲۱

* آدرس نویسنده مسئول:

تهران، اوین، بلوار دانشجو، بن بست کودکبار، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه فیزیوتراپی.
* تلفن: ۲۲۱۸۰۰۳۹

*E-mail: m.amiri@uswr.ac.ir



مقدمه

در مردان مسن مشاهده شده، ولی در مردان جوان چنین رابطه‌ای دیده نشده است (۱۲). در تحقیقی دیگر، یک رابطه معنادار آماری بین ضخامت عضله چهارسر و حداکثر نیروی ایزومتریک در عضلات صاف‌کننده زانو در هر دو جنس با استفاده از اولتراسوند از نوع Real-Time گزارش شده است (۱۳).

در مطالعه‌ای با هدف بررسی تغییرات در قطر مقطع عرضی عضلات مستقیم رانی^۱ و پهن میانی^۹ بین حداکثر استراحت و حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک، افراد سالم مورد مطالعه قرار گرفتند و افزایش معنادار مقطع عرضی^{۱۰} (CSA) از وضعیت حداکثر استراحت به حداکثر انقباض ارادی ایزومتریک در عضلات نشان داده شد. نتایج این مطالعه تاکید می‌کند که اندازه مقطع عرضی می‌تواند یک معیار اندازه‌گیری کمی و قابل اعتماد برای آزمون عضله باشد (۱۴).

اولتراسوند Real-Time از نوع B، یک نوع روش اسکن کردن اندام در تحقیقات عضله و تشخیص پزشکی است و در آن اسکن تهیه شده به صورت متحرک مشاهده می‌شود و تصویر در آن به‌طور زنده تغییر می‌کند. اولتراسونوگرافی Real-Time می‌تواند به راحتی دور تا دور عضلات گردن (که در منطقه‌ای کوچک تعداد زیادی از آنها با اندازه‌های مختلف قرار گرفته‌اند) را نمایش دهد (۱۵، ۱۶). با استفاده از اولتراسونوگرافی عضلات گردنی، ابعاد قدامی - خلفی و ابعاد داخلی - خارجی عضلات را می‌توان اندازه گرفت.

با توجه به مسائل مطرح شده و کاربرد بالای این روش، هدف این مطالعه، ارزیابی تغییرات اندازه عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس همزمان با اعمال حداکثر نیروی ایزومتریک عضلات صاف‌کننده گردن بوده است.

روش بررسی

۶ مرد ورزشکار حرفه‌ای (بین ۱۸ تا ۲۰ سال) با انتخاب ساده از نمونه‌های در دسترس در این مطالعه توصیفی شرکت کردند. ویژگی نمونه‌ها در جدول (۱) ذکر شده است. تمام افراد مورد مطالعه، تمرینات حرفه‌ای را در ۲ سال گذشته بصورت ۶ بار در هفته دنبال می‌کردند.

برای اندازه‌گیری ابعاد خطی عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس شامل ابعاد قدامی - خلفی^{۱۱} (APD) و جانبی^{۱۲} (LD) از دستگاه اولتراسونوگرافی (Real-Time) (Aloka SSD 1200) استفاده شد. پس از استفاده از ژل و قرار دادن پروب دستگاه بر روی پوست، تصویر عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس چپ در سطح سومین

آناتومی گردن انسان یک ساختار پیچیده با آرایش خاصی از استخوان‌ها، بافت‌های نرم و اعضای حیاتی است که در منطقه‌ای کاملاً فشرده قرار می‌گیرند. در این ساختار تعداد زیادی عضلات بزرگ و کوچک در کنار هم کار می‌کنند تا حرکت سر و گردن را به وجود آورند. عضلات گردن در بسیاری از رفلکس‌های شنوایی و بینایی فعال هستند و این خود یک فاکتور پیچیده برای ارزیابی آنها می‌باشد. عضلات خلفی گردنی، از پس‌سر^۱ تا ناحیه شانه‌ای و پشتی امتداد دارند و عملکردشان از نظر بالینی بسیار مهم است (۱).

در بین عضلات خلفی گردن، عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس^۲ ویژگی‌های مکانیکی و فیزیولوژیکی خاصی را در صاف کردن گردن دارد.

تاکنون از نتایج ارزیابی ابعاد آناتومیک عضلات اسکلتی انسان، برای مطالعه عملکرد عضله با استفاده از روش‌های اسکن کردن، مثل اولتراسونوگرافی استفاده‌های بسیاری شده است (۲، ۳). اولتراسوند از نوع Real-Time، یک وسیله ارزشمند در مطالعه رابطه بین نیروی عضله و اندازه آن می‌باشد (۷-۴).

در دهه گذشته رشد قابل ملاحظه‌ای در تحقیقات توانبخشی عصبی - عضلانی - اسکلتی^۳ مرتبط با سلامتی و تغییراتی که منجر به تغییر عملکرد عضلات می‌شوند صورت گرفته است (۸). در این رابطه تصویربرداری اولتراسوند به‌عنوان یک ابزار درمانی و تحقیقاتی در ثبت این تغییرات مورد استفاده قرار گرفته است (۹، ۱۰).

آیکای و فوکونگا در یک مطالعه در زمینه اولتراسونوگرافی، رابطه معناداری بین نیروی ایزومتریک خم‌شدگی^۴ و سطح مقطع عضلات خم‌کننده^۵ بازو کشف کردند. آنها نتیجه گرفتند که نیروی بازو وابسته به سطح مقطع عضلات مربوطه است. به‌علاوه آنها نشان دادند که سطح مقطع عضلات خم‌کننده بازو در ۹۰ درجه خم‌شدگی بازو در مقایسه با سایز عضله در صاف‌شدگی^۶ کامل آرنج حدوداً ۳۴٪ بزرگتر بود. در روش فوق، آنها اندازه عضله را درحالی که نمونه‌ها به شکم خوابیده و بازوهایشان در آب قرار گرفته بود با اولتراسونوگرافی اندازه‌گیری کردند (۵). در تحقیقی دیگر رابطه بین اندازه عضله چهارسر^۷ و نیروی صاف‌کنندگی زانو بررسی شده است. نتایج مطالعه فوق یک ارتباط خطی را بین دو متغیر نشان داد (۷، ۱۱).

در مطالعه‌ای دیگر، رابطه مشخصی بین سطح مقطع عضله چهارسر و حداکثر نیروی ایزومتریک عضلات صاف‌کننده زانو

1- Occiput

5- Flexor

9- Vastus Intermedius

2- Semi Spinalis Capitis (SSCM)

6- Extension

10- Cross-sectional axis

3- Neuromusculoskeletal

7- Quadriceps

11- Anteroposterior Dimension

4- Flexion

8- Rectus Femoris

12- Lateral Dimension



همبستگی بین پارامترهای محاسبه شده از طریق Pearson Product Moment بدست آمد (۱۷).
همینطور از تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی جهت محاسبه ارتباط بین میانگین ابعاد عضله و میانگین قدرت عضلات صاف کننده گردن در هر سطحی از نیرو استفاده شد.
از آزمون تی زوجی برای مقایسه اختلاف بین ابعاد عضله قبل از انقباض و بعد از آن و نیز در حین انقباض استفاده شد. آنالیزهای آماری با استفاده از نسخه دهم برنامه SPSS انجام شد.

یافته‌ها

ضریب همبستگی بین میانگین‌های ابعاد طرفی و قدامی - خلفی و حد اکثر انقباض ارادی (MVC) در اندازه‌گیری‌های تکرار شده برای تمام سطوح (۱۸ بار برای هر نمونه) ۰/۹۷، ۰/۹۴ و ۰/۹۵ بود. ابعاد عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس قبل و در حین انقباض در جدول ۲ نشان داده شده است.
نتایج آزمون تی نشان داد که در نیروی حداکثر صاف‌کنندگی گردن، سایز عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس افزایش می‌یافت، درحالی که نسبت شکلی عضله در مقایسه با حالتی که عضله در استراحت بود، بطور قابل توجهی کاهش پیدا کرده و عضله گردتر می‌شد ($P < 0/001$ و $P < 0/05$). شکل (۱) تصاویر شماتیک و اولتراسونوگرافیک SSCM را در حین انقباض نشان می‌دهد.
رابطه بین میانگین سایز عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در صفر و ۱۰۰٪ از نیروی صاف‌کنندگی گردن در شکل (۲) نشان داده شده است. سطوح همبستگی بین سایز عضله در استراحت و نیروی صاف‌کنندگی گردن در حد اکثر انقباض ارادی (صددرصد) برابر $r = 0/73$ بود. همبستگی بین سایز و نیروی صاف‌کنندگی عضله که هر دو در حد اکثر انقباض ارادی (صددرصد) اندازه‌گیری شده بود، حدود $P = 0/79$ و $r = 0/05$ بود.
هیچ همبستگی بین نسبت شکلی، سطوح حد اکثر انقباض ارادی و نیروی صاف‌کنندگی عضلات گردن دیده نشد.

بحث

اختلالات گردن یکی از مشکلات رایج در جوامع مدرن و صنعتی می‌باشد (۱۸). شواهد تاکید می‌کنند که اختلال در عملکرد عضلات گردن، منجر به کاهش قدرت عضلات می‌شود (۱۹).
مطالعه مدل‌های تجربی درد می‌تواند وسیله‌ای برای افزایش علم و نگرش ما از مکانیسم‌های تغییر فعالیت عضلات در افراد با درد گردن باشد (۲۰). درد گردن حتی می‌تواند باعث مشکلات

مهره گردنی یافته و بصورت یک عکس مرجع در طرف چپ صفحه نمایشگر دستگاه تثبیت می‌شد. سپس سمت راست صفحه نمایشگر فعال می‌شد تا تغییرات اندازه عضله را نشان دهد.
ابعاد خطی (LD و APD) عضله بطور عمود بر هم و بصورت فاصله حداکثر حدود عضله از یک کناره به کناره دیگر بر روی صفحه نمایشگر اولتراسوند اندازه‌گیری شدند. نسبت شکلی عضله از رابطه LD/APD و سایز عضله (MLD) از رابطه $APD \times LD$ محاسبه شد.

اندازه‌گیری‌های ایزومتریک: از دستگاه اندازه‌گیری کننده نیروی عضلات گردن برای تعیین نیروی عضلات صاف‌کننده گردن استفاده شد. برای انجام تست قدرت عضلانی، هر کدام از افراد در وضعیت نشسته قرار می‌گرفتند. سپس در حالی که سر و گردن آنها در وضعیت نوترال قرار گرفته و کمر در وضعیت قائم قرار داشت، تنه بصورت محکم در سطح خار خار و خار کتف ثابت می‌شد. در این حالت هر دو دست آنها روی ران‌ها قرار داشته، زانوها صاف بوده و پاها روی یک چهار پایه با ارتفاع ۱۵ سانتی متر قرار می‌گرفت. نیروی مقاوم در ناحیه پس‌سر (اکسی پوت) وارد شد.

از افراد مورد مطالعه خواسته می‌شد که ۳ انقباض ارادی حداکثر (MVC) برای صاف کردن گردن انجام دهند. هر کدام از انقباضات ۳ تا ۴ ثانیه نگه داشته می‌شد و فاصله بین انقباضات ۵ دقیقه بود. ترتیب تست برای تمام نمونه‌ها مشابه بود. تمام مراحل تصویربرداری سونوگرافیک از چند ثانیه قبل از انقباض شروع شده و تا آخر حداکثر انقباض ادامه پیدا می‌کرد. منحنی نیروی عضله با استفاده از نرم‌افزاری^۳ ثبت و تصاویر سونوگرافی عضله با استفاده از نوار VHS ضبط شدند. از نرم‌افزار ORVO برای همزمان کردن رابطه بین تصاویر عضلات و منحنی قدرت عضله استفاده شد. اگر مراحل همزمان‌سازی ناموفق می‌شد، تصاویر ثبت شده قبول نشده و حذف می‌شدند. تصاویر همزمان شده عضله و مؤلفه‌های نیروی آن، تجزیه و تحلیل می‌شد تا رابطه بین میانگین سایز عضله، ابعاد طرفی و قدامی - خلفی، شکل عضله و نیروی صاف‌شدن گردن در درصدهای مختلف اعمال نیروی عضلانی (درصدهای ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰) ارزیابی شود. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش‌های استاندارد آماری به منظور مقایسه میانگین‌ها و محاسبه انحراف معیار استفاده شد. میزان تکرارپذیری اندازه‌گیری‌های ابعاد عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس و قدرت عضلات صاف‌کننده گردن در هر سطح نیرویی با استفاده از محاسبه ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای^۴ و ضریب

1- Multiplled Linear Dimension
3- Data Aquisition System

2- Maximum Voluntary Contraction
4- Intra-class Correlation Coefficient



شده که در حین حد اکثر انقباض ارادی، زاویه بین فشیای اکوزنیک درون عضلانی در مقایسه با وضعیت استراحت بطور قابل توجه افزایش یافته و طول عضله به مقدار زیادی کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر آن، در زاویه بین فیبرهای عضله پهن خارجی و میانی، از صاف شدگی کامل (کوتاه شدن عضله) تا خم شدن کامل مفصل (کشش عضله)، در انسان کاهش زاویه‌ای قابل توجهی بوجود می‌آید (۲۹،۳۰). متشابهاً، وقتی عضله کوتاه می‌شود، در مقایسه با کشیدگی آن، ابعاد فیزیکی عضله تغییر می‌کند (۵). در مطالعه‌ای مشابه تحقیق حاضر، ثابت شد که سایز عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در حالتی که نمونه‌ها وزن سرشان را در وضعیت خوابیده روی شکم، نگه می‌داشتند، افزایش می‌یافت. همچنین همبستگی قابل توجهی بین سایز عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در حالت استراحت و ۱۰۰٪ حداکثر نیروی ارادی صاف‌کنندگی عضلات گردن به دست آمد ($P < 0.001$ و $r = 0.82$) (۳۱). رصد کردن^۱ انقباض عضلانی با استفاده از اولتراسونوگرافی، شیوه نوینی جهت بازآموزی یا تقویت انتخابی عضلات است (۳۲). در حین انقباض عضلانی، نمونه‌ها می‌توانند تغییرات ابعاد عضله خود را روی صفحه نمایشگر مشاهده کنند که این می‌تواند به صورت یک بازخورد^۲ دیداری برای آموزش فرد عمل کند.

در مطالعه حاضر، ابعاد طرفی و قدامی - خلفی عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در هنگام استراحت و در طی حداکثر نیروی صاف‌کنندگی گردن اندازه‌گیری شد. سایز عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس با نیروی عضلات صاف‌کننده گردن در ۱۰۰٪ MVC ارتباط معنادار آماری داشت. بدین ترتیب که سایز عضله و پارامترهای نسبت شکلی عضله که در جدول (۲) و شکل (۱) آمده‌اند، با ازدیاد درصد انقباضات، افزایش پیدا می‌کردند و در این رابطه کوچک شدن عدد نسبت شکلی عضله به معنای گرد شدن آن در حین انقباض است.

نتیجه‌گیری

استفاده از اولتراسونوگرافی روش مناسبی برای ارزیابی و تعیین میزان عملکرد عضله سمی اسپاینالیس کپیتیس در حین انقباض ایزومتریک عضلات صاف‌کننده گردن می‌باشد.

به نظر می‌رسد که اندازه‌گیری ابعاد عضله در حین انقباض آن به‌طور همزمان روش مناسبی برای تعیین میزان عملکرد عضله باشد. اطلاعاتی که در زمینه خصوصیات فیزیولوژیک و آناتومیک عضلات هستند، می‌توانند به متخصصین کمک کنند تا میزان کارایی عضلات را در بیماران بهتر بشناسند. اندازه‌گیری همزمان نیروی عضله و اندازه ابعاد آن می‌تواند در فهم عملکرد عضله در یک چنین ساختار پیچیده‌ای مانند ستون فقرات گردنی با اهمیت باشد.

تنفسی شود. بیماران با درد مزمن گردن فاکتورهایی دارند که می‌تواند زمینه هدایت آنان به سمت مشکلات تنفسی را فراهم کند. فاکتورهایی مانند کاهش قدرت عضلات عمقی خم‌کننده (فلکسور) و بازکننده (اکستانسور) گردن، فعالیت بیش از حد و افزایش خستگی‌پذیری عضلات خم‌کننده سطحی گردن، محدودیت دامنه حرکتی گردن، کاهش فعالیت حس عمقی، اشکال در کنترل عصبی - عضلانی و فشارهای روانی می‌توانند باعث تشدید اختلالات گردن شوند (۲۱).

در مطالعه‌ای که به منظور فعال‌سازی عضلات عمقی گردنی صورت گرفت، الگوی تغییر در ضخامت عضله مولتی‌فیدوس گردنی با معادله ریاضی توصیف شد (۲۲).

در مطالعه رنکین و همکاران (۲۰۰۵) که با هدف فراهم آوردن دامنه‌ای از ابعاد نرمال و چگونگی شکل و تقارن عضلات خلفی گردن انجام شد، مشخص شد که سطح مقطع عرضی عضلات در مردان به طور معناداری بیشتر از زنان بود، ولی هنگامی که سایز عضله به نسبت وزن بدن نرمال شد، تفاوتی بین دو جنس وجود نداشت. به علاوه همبستگی معناداری بین سطح مقطع عرضی (CSA) و ابعاد خطی عضلات وجود داشت و بیشترین همبستگی بین سطح مقطع عرضی و سایز عضله گزارش شد (۲۳).

گزارشات اندکی نشان‌دهنده رابطه معنادار آماری بین اندازه عضله و نیروی حاصل از آن در افراد سالم هستند. در این مطالعات، اندازه عضله در حین استراحت اندازه‌گیری و با صددرصد نیروی حد اکثر انقباض ارادی بررسی شده‌اند (۲۶-۲۴). برقراری چنین رابطه‌ای بین نیروی عضله و اندازه ابعاد آن ممکن است عملاً زمانی که مهار رفلکسی و درد، انقباض عضلانی و تولید نیروی آن را محدود می‌کند، مقدور نباشد. به علاوه، در بعضی موارد مانند بیماران میوپاتییک، نیروی عضلانی ممکن است به دلیل تغییراتی که در ترکیب‌بندی بافت‌های انقباضی و غیرانقباضی بوجود می‌آید، کاهش یابد. در این صورت، ابعاد بزرگتر عضله لزوماً به این معنا نیست که عضله می‌تواند نیروی عضلانی بزرگتری را تولید کند، چرا که بیشتر ساختمان آن ممکن است از واحدهای انقباضی تشکیل نشده باشد (۲۷).

یک راه ممکن جهت مشخص کردن رابطه واقعی بین اندازه عضله و نیروی آن به این صورت است که عملکرد عضله در حین انقباض آن اندازه‌گیری شود. برای مثال در مطالعه هیکس و همکارانش دامنه اکو عضله چهارسر ران در حین انقباض اندازه‌گیری شد تا از آن طریق عملکرد عضله ارزیابی شود. نتایج حاکی از کاهش قابل ملاحظه‌ای در دامنه اکوی عضله چهارسر حین حداکثر انقباض ارادی در هنگام صاف کردن زانو بود (۲۸). اطلاعات بیشتر در این ارتباط، در مطالعات اولتراسونوگرافیک عضله پهن خارجی^۱ در هنگام استراحت و در حین حد اکثر انقباض ارادی عمل صاف کردن زانو گزارش شده است. مشخص

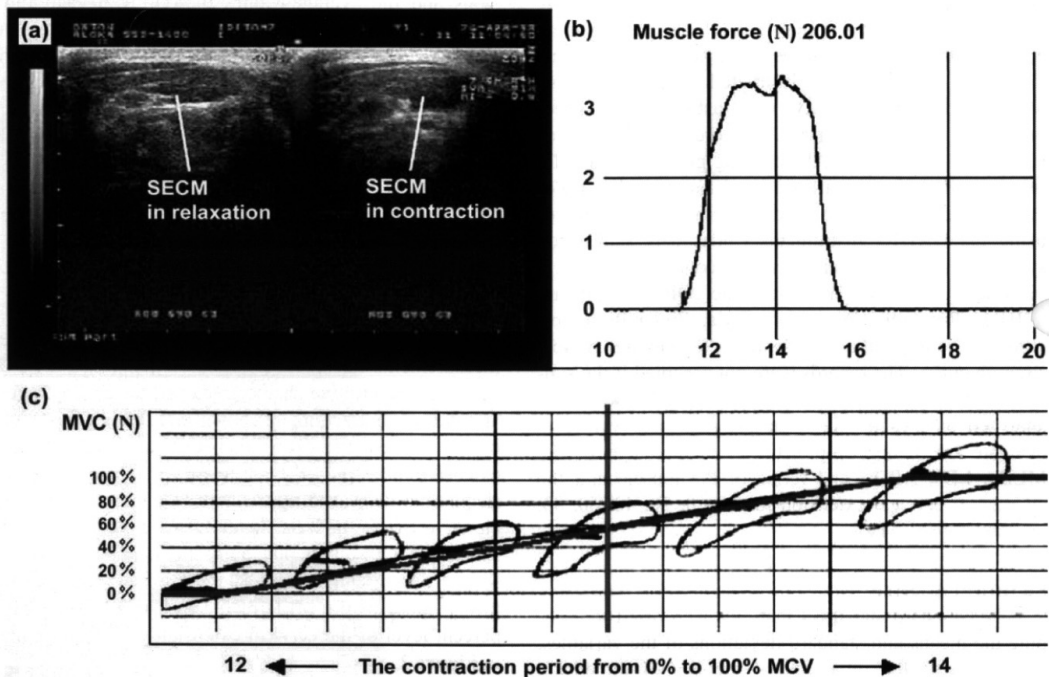


جدول ۱- قد، وزن و شاخص جرم بدن (BMI) در نمونه‌های مطالعه شده

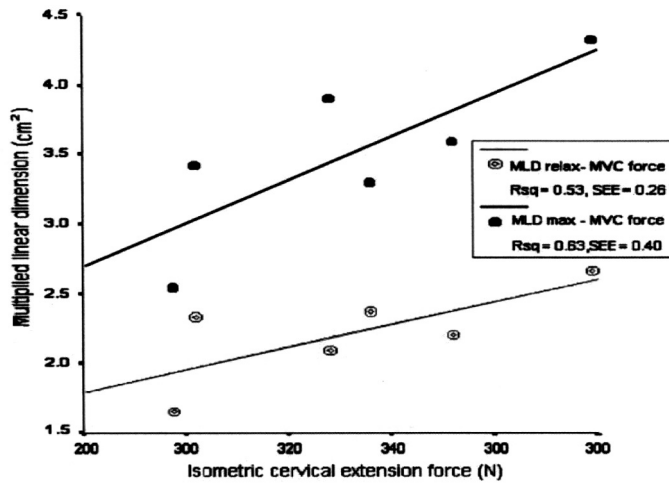
| نمونه‌ها | قد(سانتیمتر) | وزن(کیلوگرم) | شاخص جرم بدن |
|----------|--------------|--------------|--------------|
| ۱ | ۱۸۸/۴ | ۸۴/۹ | ۲۳/۹ |
| ۲ | ۱۷۷ | ۸۳ | ۲۶/۴ |
| ۳ | ۱۸۸/۲ | ۸۳/۵ | ۲۳/۵ |
| ۴ | ۱۸۳/۳ | ۸۳/۲ | ۲۴/۷ |
| ۵ | ۱۸۲/۷ | ۷۵/۷ | ۲۲/۶ |
| ۶ | ۱۹۱/۷ | ۸۴/۵ | ۲۲/۹ |

جدول ۲- میانگین، انحراف معیار و دامنه نیروی صاف‌کنندگی عضلات گردن، حاصلضرب ابعاد محاسبه شده خطی (MLD) و نسبت شکلی عضله سمی اسپاینالیس کپیتهس در سطوح مختلف حداکثر انقباض ارادی (MVC)

| متغیرها | ۰٪ حداکثر انقباض ارادی | ۲۰٪ حداکثر انقباض ارادی | ۴۰٪ حداکثر انقباض ارادی | ۶۰٪ حداکثر انقباض ارادی | ۸۰٪ حداکثر انقباض ارادی | ۱۰۰٪ حداکثر انقباض ارادی |
|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| نیروی صاف‌کنندگی (N) | --- | ۶۶/۲ ± ۵/۷ | ۱۳۲/۰ ± ۱۱/۶ | ۱۹۹/۴ ± ۱۷/۱ | ۲۶۵ ± ۲۲/۵ | ۳۳۲/۳ ± ۲۹/۷ |
| MLD (سانتیمتر مربع) | ۲/۲۲ ± ۰/۳۳ | ۲/۶۶ ± ۰/۵۴ | ۲/۶۸ ± ۰/۵۱ | ۲/۷۷ ± ۰/۵۷ | ۲/۹۶ ± ۰/۶۴ | ۳/۵۱ ± ۰/۵۹ |
| نسبت شکلی | ۵/۶۴ ± ۰/۹۳ | ۴/۲۳ ± ۱/۰۱ | ۳/۸۸ ± ۰/۸۹ | ۳/۶۷ ± ۰/۸۷ | ۳/۶۰ ± ۰/۶۴ | ۳/۳۶ ± ۰/۵۶ |
| | ۴/۳۵ - ۷/۶۹ | ۲/۸۸ - ۴/۰۴ | ۲/۴۴ - ۶/۲۱ | ۲/۳۵ - ۵/۰۸ | ۲/۶۹ - ۴/۷۰ | ۲/۷۱ - ۴/۴۹ |



شکل ۱- نمای التروسونوگرافیک (a)، منحنی قدرت ایزومتریک عضلات صاف‌کننده گردن از ۰٪ تا ۱۰۰٪ حداکثر انقباض ارادی (b) و تصویر شماتیک عضله سمی اسپاینالیس کپیتهس قبل از انقباض و در حین انقباض (c).



شکل ۲- رابطه بین حداکثر قدرت ایزومتریک عضلات صاف کننده گردن (۱۰۰٪) و ابعاد خطی محاسبه شده عضله سمی اسپینالیس کپیتیس که قبل از انقباض (MLD در حالت استراحت) و در حداکثر انقباض ارادی اندازه گیری شده (MLD در حداکثر). SEE= خطای استاندارد محاسبه شده و $Rsq=R^2$.

منابع:

- Kapandji IA. Physiology of joints. In: trunk and the vertebral column. Vol. 3. London. Churchill Livingstone; 1974, pp: 240.
- Kelly SJ, Stokes MJ. Symmetry of anterior tibial muscle size measured by real-time ultrasound imaging in young females. Clin Rehabil 1993; 7: 222-28.
- Kennelly KP, Stokes MJ. Pattern of asymmetry of paraspinal muscle size in adolescent idiopathic scoliosis examined by real-time ultrasound imaging. Spine 1993; 18: 913-17.
- Hakkinen K, Keskinen KL. Muscle cross-sectional area and voluntary force production characteristics in elite strength- and endurance-trained athletes and sprinters. Eur J Appl Physiol 1989; 59: 215-20.
- Ikai M, Fukunaga T. Calculation of muscle strength per unite cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurements. Int Zangew Physiol Arbeitsphysiol 1968; 26: 26-32.
- Maughan RJ. Relationship between muscle strength and muscle cross-sectional area. Implication for training. Sports Med 1984; 1: 263-69.
- Sipila S, Suominen H. Knee extension strength and walking speed in relation to quadriceps muscle composition and training in elderly women. Clin Physiol 1994; 14: 4330-42.
- Whittaker JL. Rehabilitative ultrasound imaging: understanding the technology and its applications. J Orthop Sports Phys Ther 2007;8: 434-49.
- Hides J, Richardson C. Use of real-time ultrasound imaging for feedback in rehabilitation. Man Ther 1998; 3: 125-131.
- Rezasoltani A. The applicability of muscle ultrasonography in physiotherapy research. J Phys Ther Sci 2003; 15: 33-37.
- Young A, Stokes M, Crowe M. The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. Clin Physiol 1985; 5: 145-54.
- Young A, Stokes M, Crowe M. The size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. Eur J Clin Invest 1984; 14: 282-87.
- Freilich RJ, Kirsner RLG, Byrne E. Isometric strength and thickness relationships in human quadriceps muscle. Neuromuscular Disord 1995; 5: 415-22.
- Montes R. Changes in the cross-sectional diameter of muscle according ultrasonography between relaxation and maximum voluntary isometric contraction in normal young subjects. Physiotherapy 2001; 87(4): 172-178.
- Rezasoltani A, Kallinen M, Malkia E, Vihko V. Ultrasonography of the neck splenius capitis muscle in a group of young healthy females. Acta Radiol 1996; 37: 647-50.
- Rezasoltani A, Kallinen M, Malkia E, Vihko V. Neck semispinalis capitis muscle size in sitting and prone position measured by real-time ultrasonography. Clin Rehabil 1998; 12: 36-44.
- Hass M. Statistical methodology for reliability studies. J Manipulative Physiol Ther 1991; 14: 119-28.
- Mäntyselka PT, Kumpusalo EA, Ahonen RS, Takala JK. Direct and indirect costs of managing patients with musculoskeletal pain- challenge for health care. Pain 2002; 2: 141-8.
- Boyd-Clark LC, Briggs CA, Galea MP. Muscle spindle distribution, morphology and density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine. Spine 2002; 27: 694-701.
- Falla D, Jull G, O'leary S, Dall'Alba P. Further evaluation of an EMG technique for assessment of the deep cervical flexor muscles. J Electromyogr Kinesiol 2006; 16: 621-8.
- Kapreli E, Vourazanis E, Strimpakos N. Neck pain causes respiratory dysfunction. Med Hypotheses 2008; 70: 1009-1013.
- Lee JP, Tseng WY, Shau YW, Wang CL, Wang HK, Wang SF. Measurement of cervical multifidus contraction pattern with ultrasound imaging. J Electromyogr Kinesiol 2008; 3: 91-7.
- Rankin G, Stokes M, Newham DJ. Size and shape of the posterior neck muscles measured by ultrasound imaging: normal values in males and females of different ages. Man Ther 2005; 10: 108-15.
- Hides JA, Cooper DH, Stokes MJ. Diagnostic ultrasound imaging for measurement of the lumbar multifidus muscle in normal young adults. Physiotherapy Theory Pract 1992; 8: 19-26.
- Ylinen JJ, Rezasoltani A, Julin MV, Virtapohja HA, Malkia EA. Reproducibility of isometric strength: measurement of neck muscles. Clin Biomech 1999; 14: 217-19.
- Maughan RJ, Watson JS, Weir J. Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. J Physiol 1983; 338: 37-49.
- Stokes M, Young A. The Contribution of reflex inhibition to arthrogenous muscle weakness. Clin Sci 1984; 67: 7-14.
- Hicks JE, Shawker TH, Jones BL, Linzer M, Gerber LH. Diagnostic ultrasound: its use in the evaluation of muscle. Arch Phys Med Rehabil 1984; 65: 129-31.
- Henrikson-Larsen K, Wretling ML, Lorentzon R, Oberg L. Do muscle fiber size and fiber angulation correlate in pennated human muscle? Eur J Appl Physiol 1992; 64: 68-72.
- Rutherford OM, Jones DA. Measurement of the fiber pination using ultrasound in human quadriceps in-vivo. Eur J Appl Physiol 1992; 65: 433-37.
- Rezasoltani A, Ylinen J, Kauhanen H. Real-time ultrasonography of the neck extensor muscles during isometric neck extension. Proceeding of the International Conference on Weightlifting and Strength Training. Lahti. Finland. 1998 Nov 10-12; Lahti: Gummerus Printing; pp: 205-6.
- Bernstein IT. The pelvic floor muscles: muscle thickness in healthy and urinary-incontinent women measured by perineal ultrasonography with reference to the effect of pelvic floor training. Estrogen receptor studies. Neurourol Urodyn 1997; 16: 237-75.