

Anticipatory Postural Adjustments of Trunk Muscles during Unilateral Arm Flexion

Sanaz Davarian¹, Nader Maroufi*², Esmail Ebrahimi Takamjani³, Mohammad Parnianpour⁴, Farzam Farahmand⁴

1. Assistant Professor of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (Corresponding Author) n-maroufi@tums.ac.ir
3. Professor of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Professor of Biomechanics, Department of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.

Article received on: 2013.5.11

Article accepted on: 2013.12.11

ABSTRACT

Background and Aim: Controversy regarding feedforward activation of transversus abdominis and limited studies regarding bilateral activation of trunk muscles during unilateral arm movement lead us to perform a study to evaluate bilateral anticipatory activity of trunk muscles during unilateral arm flexion.

Materials and Methods: Eighteen healthy subjects participated in this study. The electromyographic activity of the right Anterior Deltoid (AD) and bilateral trunk muscles including the Transversus Abdominis/Obliquus Internus (TA/OI), Superficial Lumbar Multifidus (SLM) and Lumbar Erector Spinae (LES) during rapid flexion of the right upper limb in response to a visual stimulus was recorded and the onset latency and anticipatory activity of the recorded trunk muscles were calculated.

Results: The contralateral TA/OI was the first muscle activated in anticipation of the right arm flexion. The ipsilateral TA/OI activated significantly later than all other trunk muscles ($P < 0.0005$). In addition, anticipatory activity of the ipsilateral TA/OI was significantly lower than all other trunk muscles ($P < 0.0005$). There was no significant difference in either onset latency or anticipatory activity among other trunk muscles ($P > 0.05$).

Conclusion: Normal anticipatory activity during unilateral arm flexion was not bilateral anticipatory co-activation of TA/OI. Further surveys are required to detect normal muscle activation pattern in healthy subjects prior to prescribing bilateral activation training of Transversus Abdominis for subjects with chronic low back pain.

Key words: Anticipatory Postural Adjustments, Motor Control, Low Back, Internal Perturbation

Cite this article as: Sanaz Davarian, Nader Maroufi, Esmail Ebrahimi Takamjani, Mohammad Parnianpour, Farzam Farahmand. Anticipatory Postural Adjustments of Trunk Muscles during Unilateral Arm Flexion. J Rehab Med. 2014; 2(4): 22-30.

تنظیمات پاسچرال پیش بینانه عضلات تنه در حرکت فلکسیون یکطرفه اندام فوقانی

ساناز دویاریان^۱، نادر معروفی^{۲*}، اسماعیل ابراهیمی تکامجانی^۳، محمد پرنیانپور^۴، فرزاد فرهمند^۴

۱. استادیار فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲. استادیار فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

۳. استاد فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران

۴. استاد بیومکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

مقدمه و اهداف

تناقضات در مورد فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی و وجود مطالعات محدود در زمینه فعالیت عضلات تنه در دو سمت ستون فقرات حین حرکت یک طرفه اندام فوقانی محققان این مطالعه را بر آن داشت تا تحقیقی را به منظور ارزیابی فعالیت پیش بینانه عضلات تنه بصورت دو طرفه حین فلکسیون یکطرفه اندام فوقانی انجام دهند.

مواد و روش ها

۱۸ فرد سالم در این مطالعه شرکت کردند. فعالیت الکترومیوگرافی عضله دلتوئید قدامی راست و همچنین عضلات عرضی شکمی / مایل داخلی، مالتی فیدوس سطحی کمری و ارتکوراسپاین کمری دوطرف حین حرکت فلکسیون یکطرفه اندام فوقانی راست با حداکثر سرعت در پاسخ به یک سیگنال نوری ثبت گردید و داده های زمان تأخیر شروع فعالیت پیش بینانه و شدت فعالیت پیش بینانه عضلات تنه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته ها

عضله عرضی شکمی / مایل داخلی سمت مقابل، اولین عضله ای بود که در حین حرکت فلکسیون یکطرفه اندام فوقانی بصورت پیش بینانه وارد عمل شد. عضله عرضی شکمی / مایل داخلی همان سمت دیرتر از تمامی عضلات تنه وارد عمل گردید ($P < 0.005$). علاوه بر این، فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی / مایل داخلی همان سمت بطور معنی داری کمتر از سایر عضلات تنه بود ($P < 0.005$). تفاوت معنی داری بین سایر عضلات تنه در زمان تأخیر شروع و شدت فعالیت پیش بینانه مشاهده نشد ($P > 0.05$).

نتیجه گیری

فعالیت پیش بینانه نرمال حین فلکسیون یک طرفه اندام فوقانی، هم انقباضی پیش بینانه دو طرفه عضله عرضی شکمی نمی باشد. از آنجاکه فعالیت همزمان دوطرفه این عضله به عنوان یکی از تمرینات مهم درمانی در بیماران کمردرد مزمن مکانیکی مطرح می باشد، پیشنهاد می شود که قبل از توصیه به تجویز این تمرین مطالعات بیشتری در زمینه فعالیت عضله عرضی شکمی در افراد سالم صورت گیرد تا در زمینه الگوی نرمال فعالیت عضلانی عرضی شکمی توافق عمومی حاصل گردد.

واژگان کلیدی

تنظیمات پاسچرال پیش بینانه، کنترل حرکتی، کمر، اغتشاش داخلی

پذیرش مقاله ۱۳۹۲/۹/۲۰*

* دریافت مقاله ۱۳۹۲/۲/۲۱

نویسنده مسئول: میدان مادر، خیابان شاه نظری، کوچه نظام، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، گروه فیزیوتراپی، کدپستی ۱۵۸۷۵۴۳۹۱

شماره تماس: ۰۲۱-۲۲۲۲۸۰۵۱

آدرس الکترونیکی: n-maroufi@tums.ac.ir

مقدمه و اهداف

یک حرکت ارادی از دو بخش موضعی و پاسچرال تشکیل شده است [۱-۳]. بخش موضعی بخش یا بخشهایی هستند که در آن حرکت موضعی در جهت دستیابی به هدف فضایی انجام می‌گیرد و بخش پاسچرال بخشهایی غیر از بخش موضعی هستند [۱-۳]. در انجام یک حرکت ارادی، باید دو بخش موضعی و پاسچرال بطور هماهنگ با هم عمل کنند [۱-۳]. بخش موضعی باعث ایجاد یک اغتشاش در سیستم می‌شود که بخش پاسچرال باید با آن مقابله نماید تا تعادل حفظ گردد [۱-۳]. پاسخهای پاسچرال ناشی از یک حرکت ارادی یا اغتشاش داخلی تحت عنوان تنظیمات پاسچرال مطرح می‌شوند و در سه دوره زمانی پیش‌بینانه^{۱۶}، همزمان^{۱۷} و متوالی^{۱۸} قابل ارزیابی هستند [۱].

مشاهده شده است که در افراد سالم، عضلات پاسچرال تنه و اندام تحتانی در پاسخ به یک اغتشاش داخلی مانند حرکت ارادی اندامها، کمی زودتر از عضله حرکت دهنده اصلی یا تا چند میلی ثانیه بعد از آن وارد عمل می‌شوند که این همان محدوده تنظیمات پاسچرال پیش‌بینانه است [۴-۶]. هدف از تنظیمات پاسچرال پیش‌بینانه فقط حفظ پایداری مرکز ثقل بدن [۳، ۷] نیست و در کنترل فضایی تنه [۸، ۹]، پایداری مفاصل هیپ و زانو [۱۰] و به جلو بردن مرکز ثقل در داخل سطح اتکا در حرکاتی مثل دراز کردن دستها [۱۱، ۱۲] نیز تأثیرگذار هستند.

با وجود اینکه فعالیت پیش‌بینانه عضلات تنه و اندام تحتانی در حین انجام حرکات اندام فوقانی در افراد سالم یافته جدیدی نیست، اما فعالیت پیش‌بینانه عضله عرضی شکمی در سالهای اخیر بسیار چالش برانگیز می‌باشد. گروهی از مطالعات نشان داده اند که عضله عرضی شکمی برخلاف سایر عضلات سطحی تنه، مستقل از جهت حرکت فعالیت می‌نماید [۵، ۶، ۹، ۱۳]. این درحالی است که مطالعات اخیر نشان داده اند که عضله عرضی شکمی در دو طرف بصورت غیرقرینه عمل می‌کند و فعالیت آن وابسته به جهت حرکت است [۱۴، ۱۵]. این تناقضها در خصوص عضله عرضی شکمی به این دلیل اهمیت بسزایی دارد که عضله مذکور سالهاست که به عنوان مهمترین عضله در حفظ پایداری ستون فقرات مطرح شده است و براساس مطالعاتی که فعالیت این عضله را مستقل از جهت حرکت عنوان می‌کنند، تمرینی تحت عنوان *abdominal hollowing* که انقباض همزمان دوطرفه عضله عرضی شکمی است برای درمان بیماران مبتلا به کمردرد مزمن پیشنهاد شده است.

به منظور ارزیابی این تناقضها لازم است که عضلات تنه بصورت دوطرفه مورد بررسی قرار گیرند. اکثر مطالعاتی که فعالیت پیش‌بینانه عضلات تنه را در حین فلکسیون اندام فوقانی مورد بررسی قرار داده اند؛ عضلات تنه را بصورت یک طرفه ثبت نموده اند. Allison و همکاران [۱۴] و Morris و همکاران [۱۵] فعالیت پیش‌بینانه عضله عرضی شکمی را بصورت دوطرفه ثبت نمودند، اما تعداد نمونه مطالعات آنان بسیار کم و محدود بود. تعداد شرکت کنندگان در مطالعه Allison و همکاران ۷ نفر و در مطالعه Morris و همکاران ۶ نفر بود. همچنین، در مطالعه Morris و همکاران مشاهده شد که ۲ نفر از ۶ شرکت کننده هم انقباضی دوطرفه عضله عرضی شکمی داشتند و در ۴ شرکت کننده این هم انقباضی دیده نشد. با توجه به ماهیت تغییرپذیر الکترومیوگرافی به نظر نمی‌رسد که این تعداد محدود نمونه بتواند قابل تعمیم به کل افراد سالم باشد. مطالعه دیگری که عضلات کمری و شکمی را بصورت دوطرفه مورد ارزیابی قرار داده است مطالعه Silfies و همکاران [۱۶] می‌باشد، اما در این مطالعه بدلیل اینکه محققان تفاوت معنی داری در زمان تأخیر شروع فعالیت، بین دو سمت در گروههای عضلانی مستقیم شکمی، مالیتی فیدوس کمری و ارکتور اسپاین ندیدند داده‌های حاصل از دو سمت را باهم ادغام نمودند. بنابراین، امکان مقایسه فعالیت الکترومیوگرافی این عضلات در دو سمت مقدور نشد.

فرض محققان این مطالعه این بود که عملکرد خالص عضله عرضی شکمی در ایجاد پایداری ستون فقرات (بصورت افزایش فشار داخل شکمی) پاسخ مشابه دوطرفه این عضله را می‌طلبد، در صورتیکه عملکرد پیچیده تر این عضله ممکن است بصورت تفاوت در فعالیت این عضله در دو سمت مشاهده شود. به منظور آزمون این فرضیه ثبت عضلانی باید بصورت دوطرفه (از هر دو سمت) انجام می‌شد. هدف از این مطالعه بررسی الگوی نرمال فعالیت پیش‌بینانه عضلات تنه بصورت دوطرفه حین انجام حرکت یک طرفه اندام فوقانی بود.

مواد و روشها

شرکت کنندگان - ۱۸ فرد سالم (۱۳ زن و ۵ مرد) پس از آگاهی از روند انجام کار و امضای رضایت نامه کتبی در این مطالعه شرکت نمودند. معیارهای خروج از مطالعه شامل سابقه شکستگی / جراحی / تروما در ستون فقرات و اندام تحتانی، فتق دیسک بین مهره ای حاد کمری، اسپوندیلولیزیس، اسپوندیلولولیسستزیس، عفونتها، بدخیمی ها، بیماریهای تنفسی، بیماریهای قلبی- عروقی، مشکلات روانشناختی، بیماریهای نرولوژیک و دیگر بیماریهای سیستمیک، ناهنجاری های ساختاری آناتومیک، ضایعات ژنتیکی ستون فقرات، اختلالات سیستم وستیبولار، سرگیجه وضعیتی و بارداری بودند. قبل از شروع به انجام مطالعه، کل روند تحقیق به تأیید کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی تهران رسید.

¹⁶ Anticipatory Postural Adjustments

¹⁷ Synchronous Postural Adjustments

¹⁸ Consecutive Postural Adjustments

پروتکل تحقیق: از همه شرکت کنندگان خواسته شد تا بصورت ریلکس درحالیکه پاها به اندازه ۵۰ درصد عرض شانه ها باز است بایستند و در پاسخ به یک سیگنال نوری سبز رنگ، دست راست خود را با حداکثر سرعت تا دامنه حدود ۹۰ درجه فلکسیون شانه بالا ببرند. تمرکز اصلی بر سرعت حرکت بود تا تکمیل دامنه حرکتی. انتخاب ۵۰ درصد عرض شانه ها به منظور یکسان سازی نحوه ایستادن افراد، تشابه بیشتر این وضعیت به الگوهای عملکردی ایستادن در فعالیتهای روزمره و همچنین نزدیک کردن افراد به مرزهای ناپایداری در مقایسه با فاصله ای برابر با عرض شانه ها بود. به تمامی افراد ابتدا یک هشدار کلامی داده می شد و سپس به فاصله زمانی ۲ تا ۳/۵ ثانیه بعد یک سیگنال نوری سبز رنگ و یا قرمز رنگ بطور تصادفی ظاهر می گردید. انتخاب فاصله زمانی تصادفی بین هشدار کلامی و سیگنال نوری و همچنین انتخاب دو سیگنال تحریکی سبز رنگ و قرمز رنگ، به منظور به حداقل رساندن فعالیت زمینه ای عضلات و کاهش سطح پیش بینی واکنش بود. سیگنال نوری سبز رنگ به معنای "حرکت" بوده و از افراد خواسته می شد که به محض مشاهده این سیگنال، حرکت فلکسیون اندام فوقانی راست را انجام دهند. سیگنال نوری قرمز رنگ به معنای "ایست" بوده و از افراد خواسته می شد که به محض مشاهده این سیگنال، هیچگونه حرکتی انجام ندهند. فاصله زمانی بین هشدار کلامی تا سیگنال تحریکی نوری در مطالعات مختلف تا ۴ یا ۵ ثانیه نیز انتخاب شده است. انتخاب زمان ۲ تا ۳/۵ ثانیه به این دلیل بود که از یک سو باعث کم کردن فعالیت زمینه ای در عضلات شود و از سوی دیگر پیش بینی زمانی به اندازه ای سخت نباشد که باعث تغییر در استراتژیهای حرکتی گردد. Maeda و Fujiwara^[۱۷] نشان دادند که با افزایش فاصله زمانی بین هشدار کلامی تا تحریک اصلی، پیش بینی زمانی برای حرکت سخت تر شده و فعالیت عضلات پاسورال زودتر ظاهر می شود. تعیین دامنه ۹۰ درجه فلکسیون شانه برای افراد با استفاده از طنابی که به دو پایه چوبی متصل بود صورت گرفت. این پایه های چوبی در جلوی هر فرد به نحوی قرار می گرفتند که دست افراد در وضعیت ۹۰ درجه با طناب تماسی برقرار ننماید. طناب متصل به پایه های چوبی در وضعیت حدود ۹۰ درجه اندام فوقانی ثابت می شد و از شرکت کنندگان خواسته می شد تا دست خود را تا جایی که طناب قرار داشت بالا بیاورند بدون اینکه دست آنها به طناب برخورد داشته باشد. قبل از شروع تستها مرحله آشناسازی بود که تمامی افراد با حرکت مورد نظر، هشدار کلامی و سیگنال نوری تحریکی آشنا می شدند.

به منظور اجرای حرکت جدولی طراحی شد که در آن تعداد ۲۵ تکرار با چیدمان تصادفی سیگنالهای نوری قرار داشت. ۱۵ تکرار ابتدایی این جدول به گونه ای چیدمان شده بود که ۱۰ سیگنال سبز رنگ و ۵ سیگنال قرمز رنگ بطور تصادفی قرار گیرند. تمامی افراد باید حداقل تا تکرار ۱۵ را انجام می دادند و ۱۰ تکرار انتهایی جدول در مواردی اجرا می شد که افراد، در ۱۵ تکرار ابتدایی، واکنش نامناسبی نسبت به سیگنال سبز رنگ نشان می دادند. در این موارد آن حرکت حذف می گردید و تکرار دیگری جایگزین آن می شد. تکرارهای مربوط به سیگنال قرمز رنگ فقط به منظور به حداقل رساندن سطح پیش بینی افراد بوده و مورد ثبت قرار نمی گرفتند. واکنش های نامناسب در پاسخ به سیگنال سبز رنگ نیز ثبت نمی شدند. در نهایت، براساس جدول چیدمان تصادفی سیگنالهای نوری، تعداد ۱۰ تکرار مناسب در پاسخ به سیگنال سبز رنگ ثبت می شدند. فاصله زمانی استراحت بین هر تکرار ۱۰ ثانیه بود.

فعالیت الکترومیوگرافی عضله دلتوئید قدامی راست و همچنین عضلات عرضی شکمی / مایل داخلی، مالتی فیدوس سطحی کمری و ارکتوراسپاین کمری دوطرف با استفاده از الکترودهای سطحی نقره - کلرید نقره (Biometrics Data Link, UK) با قطر ۱۰ میلیمتر و فاصله مرکز تا مرکز ۲۰ میلیمتر مورد ثبت قرار گرفت. به منظور به حداقل رساندن تغییرات بین فردی در الکتروگذاری، تمام مراحل آماده سازی و پاکسازی پوست، تعیین لندمارکهای استخوانی و قرار دادن الکترودها توسط یک فرد انجام گرفت. الکترودها برای عضلات دلتوئید قدامی در ۲ سانتیمتر قدام و پایین اکرومیون^[۱۸]، عرضی شکمی / مایل داخلی در ۲ سانتیمتر داخل و پایین خار خاصه قدامی - فوقانی^[۴]، مالتیفیدوس سطحی کمری در سطح L5 موازی با خطی که خار خاصه خلفی - فوقانی را به فضای L1-L2 متصل می نماید^[۱۹] و ارکتوراسپاین کمری در ۳ سانتیمتر خارج L3^[۲۰، ۲۱] قرار می گرفتند. عرض باند سیگنال الکترومیوگرافی ۲۰ تا ۴۵۰ هرتز و فرکانس نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز بود.

آنالیز داده ها - زمان بین لحظه وقوع سیگنال نوری سبز رنگ و شروع فعالیت عضله دلتوئید قدامی به عنوان زمان واکنش حرکت عضله دلتوئید قدامی در نظر گرفته شد. در صورتی که افراد در هر یک از تکرارها زمان انجام حرکت را پیش بینی می کردند آن تکرار حذف می شد. اگر زمان واکنش عضله دلتوئید قدامی کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه نسبت به سیگنال نوری ظاهر می شد یا در صورت گزارش خود افراد، تکرار به عنوان حرکت پیش بینی شده در نظر گرفته می شد و حذف می گردید^[۶]. از سوی دیگر، تکرارهایی که در آنها زمان واکنش دیرتر از ۳۰۰ میلی ثانیه نسبت به سیگنال نوری ظاهر می شد نیز حذف می گردیدند.

زمان شروع و شدت فعالیت عضلانی با استفاده از نرم افزار MATLAB (version 7.10.0; MathWorks, MA, USA) محاسبه گردید. زمان شروع فعالیت عضلانی با استفاده از الگوریتم نسبت احتمال تعمیم تقریبی^{۱۹} [۲۲] در نرم افزار MATLAB تعیین و با مشاهده چشمی مورد تأیید قرار گرفت.

زمان تأخیر شروع فعالیت عضلات تنه با محاسبه فاصله زمانی بین لحظه شروع فعالیت عضلات تنه و عضله دلتوئید قدامی به دست آمد. پنجره زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه قبل تا ۵۰ میلی ثانیه بعد از لحظه شروع فعالیت عضله دلتوئید قدامی به عنوان محدوده پیش بینانه در نظر گرفته شد [۲۵].^{۲۱، ۲۳}

به منظور محاسبه فعالیت پیش بینانه عضلانی، تمامی سیگنال ها یک سوپه شدند. سپس، انتگرال فعالیت الکترومیوگرافی سیگنال یک سوپه شده برای یک عضله خاص در محدوده پیش بینانه (پنجره زمانی ۱۰۰ میلی ثانیه قبل تا ۵۰ میلی ثانیه بعد از لحظه شروع فعالیت دلتوئید قدامی) و محدوده فعالیت زمینه ای (پنجره زمانی ۵۰۰ میلی ثانیه قبل از لحظه شروع فعالیت دلتوئید قدامی) محاسبه گردید. نهایتاً، فعالیت پیش بینانه هر عضله در یک تکرار با استفاده از فرمول زیر بدست آمد:

$$IEMG_{ij} = \int_{+50}^{100} |EMG_{ij}(t)| dt - 3 \int_{-450}^{-500} |EMG_{ij}(t)| dt$$

در این فرمول t و j به ترتیب نشانگر عضله و تکرار هستند.

سپس، انتگرال فعالیت پیش بینانه هر عضله در یک تکرار به حداکثر مقدار مطلق انتگرال فعالیت در بین ۱۰ تکرار نرمالیزه گردید.

$$IEMG_{norm\ ij} = IEMG_{ij} / \max(|IEMG_{i1}|, |IEMG_{i2}|, \dots, |IEMG_{ij}|, |IEMG_{i10}|)$$

$$j = 1, \dots, 10$$

بنابراین، مقادیر فعالیت پیش بینانه در محدوده -۱ تا +۱ بدست آمد که مقادیر منفی نشانگر مهار فعالیت پیش بینانه و مقادیر مثبت نشانگر فعالیت پیش بینانه بودند.

آنالیز آماری داده ها - به منظور بررسی نرمال بودن داده ها از آزمون Kolmogorov Smirnov (K-S) استفاده شد. از آزمون آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر نیز برای بررسی هرگونه تفاوت در متغیرهای زمان تأخیر شروع و شدت فعالیت پیش بینانه عضلات تنه استفاده شد.

یافته ها

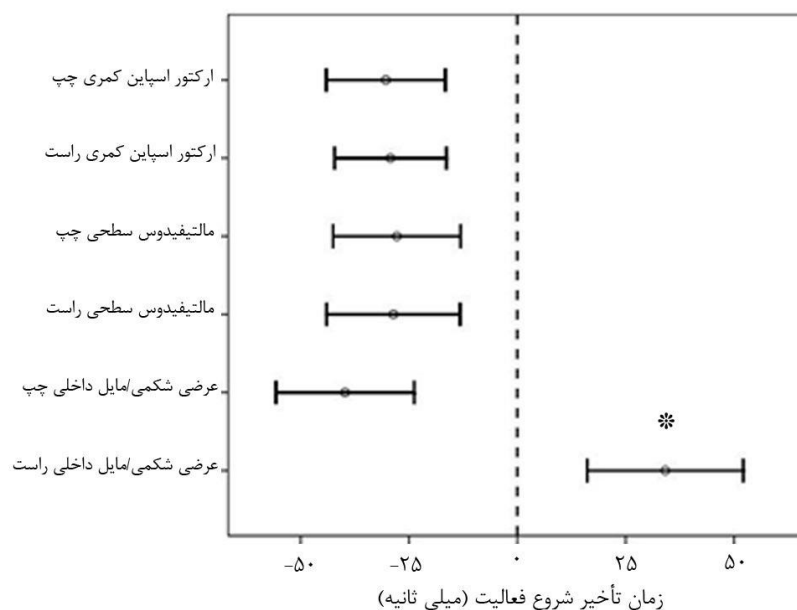
شرکت کنندگان در این مطالعه سن $25 \pm 3/96$ سال، وزن $54 \pm 7/81$ کیلوگرم، قد $165 \pm 8/78$ سانتیمتر و شاخص توده بدنی $20 \pm 2/04$ کیلوگرم بر متر مربع داشتند.

آزمون K-S برای هیچ کدام از داده ها معنی دار نشد.

در مورد متغیر زمان تأخیر شروع فعالیت پیش بینانه، اثر معنی دار برای عضله مشاهده شد ($Wilk's\ Lambda = 0/04$ ، $F(5,13) = 56/75$ ، $P < 0/0005$ ، $multivariate\ partial\ eta\ squared = 0/96$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که عضله عرضی شکمی / مایل داخلی راست بطور معنی داری دیرتر از سایر عضلات تنه وارد عمل گردید ($P < 0/0005$). همچنین اولین عضله ای که فعالیت خود را در حرکت فلکسیون اندام فوقانی راست آغاز نمود عضله عرضی شکمی / مایل داخلی چپ بود البته این تفاوت از نظر آماری فقط با عضله عرضی شکمی / مایل داخلی راست معنی دار به دست آمد. نمودار ۱ ترتیب وارد عمل شدن عضلات تنه حین حرکت فلکسیون اندام فوقانی راست را نشان می دهد.

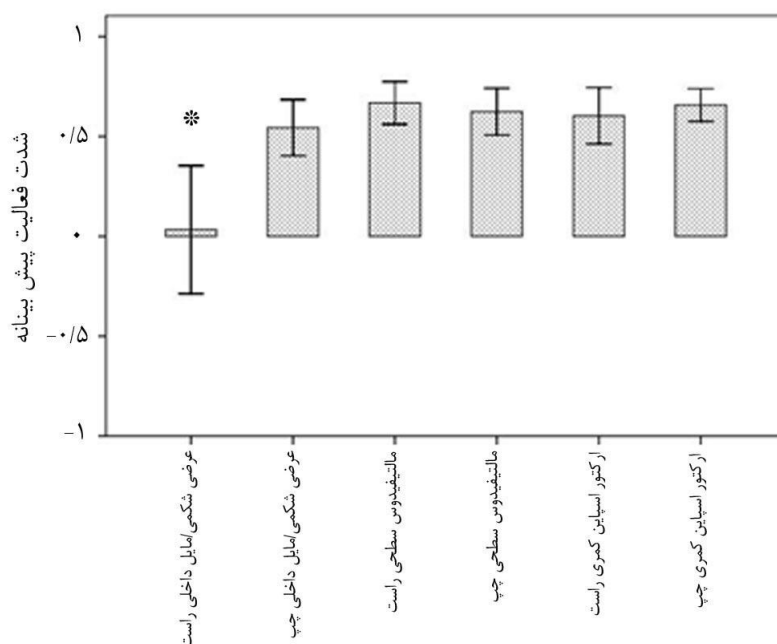
¹⁹ Approximated Generalized Likelihood Ratio (AGLR)

نمودار ۱. ترتیب وارد عمل شدن عضلات تنه حین حرکت فلکسیون اندام فوقانی راست. خط چین عمودی نشانگر لحظه شروع فعالیت عضله دلتوئید قدامی است. علامت * نشانگر تفاوت معنی دار بین عضله عرضی شکمی / مایل داخلی راست با سایر عضلات تنه است.



در مورد متغیر شدت فعالیت پیش بینانه، اثر معنی دار برای عضله مشاهده شد $F(5,13) = ۱۵/۸$ ، $Wilk's\ Lambda = ۰/۱۴$ ، $multivariate\ partial\ eta\ squared = ۰/۸۶$ ، $P < ۰/۰۰۰۵$. نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که شدت فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی / مایل داخلی راست بطور معنی داری کمتر از سایر عضلات تنه بود ($P < ۰/۰۰۰۵$). تفاوت معنی داری در مورد سایر عضلات تنه مشاهده نشد. نمودار ۲ شدت فعالیت پیش بینانه عضلات تنه حین حرکت فلکسیون اندام فوقانی راست را نشان می دهد.

نمودار ۲. شدت فعالیت پیش بینانه عضلات تنه حین حرکت فلکسیون اندام فوقانی راست. علامت * نشانگر تفاوت معنی دار بین عضله عرضی شکمی / مایل داخلی راست با سایر عضلات تنه است.



- فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی / مایل داخلی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عضله عرضی شکمی / مایل داخلی سمت مقابل اغتشاش اولین عضله ای بود که در حین حرکت فلکسیون اندام فوقانی وارد عمل گردید و این یافته با نتایج مطالعات پیشین [۵، ۶، ۲۶] همخوانی دارد. عضله عرضی شکمی / مایل داخلی همان سمت اغتشاش دیرتر از سایر عضلات تنه و حتی عضله حرکت دهنده اصلی (دلتوئید قدامی) وارد عمل گردید که این یافته نیز با مطالعات پیشین در این زمینه [۴، ۱۴، ۱۶] همخوانی دارد. همچنین، شدت فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی / مایل داخلی همان سمت بطور معنی داری کمتر از سمت مقابل بود که با نتایج مطالعه Allison و همکاران [۱۴] که شدت فعالیت این عضله را بصورت دو طرفه مورد ارزیابی قرار دادند همخوانی دارد.

اگرچه مطالعه فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی موضوع جدیدی نمی باشد اما اینکه این عضله بصورت مستقل از جهت حرکت یا وابسته به آن فعالیت می نماید یکی از چالش های بزرگ اخیر دانشمندان است. Hodges و همکاران مطالعات متعددی را انجام دادند که در آنها فعالیت پیش بینانه عضلات تنه در سمت مقابل اغتشاش در حین حرکات یکطرفه اندام فوقانی در جهات مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که عضله عرضی شکمی سمت مقابل اغتشاش زودتر از سایر عضلات تنه وارد عمل می شود که به دلیل وضعیت قرارگیری فیبرهای آن و تأثیری که بر فاشیای توراکولومبار و افزایش فشار داخل شکمی می گذارد. در پایداری سگمنتال ناحیه کمری نقش داشته و برخلاف عضلات سطحی تنه مستقل از جهت حرکت عمل می کند [۵، ۶، ۲۶]. همچنین آنان نشان دادند که فعالیت یک طرفه این عضله نمی تواند بطور مؤثر پایداری ناحیه کمری را فراهم نماید و نیاز به حرکت دوطرفه آن است [۲۷]. در مقابل Allison و همکاران [۱۴] و Morris و همکاران [۱۵] یافته های خود را اینگونه تفسیر نمودند که عضله عرضی شکمی بصورت غیرمتقارن فعالیت می نماید و فعالیت پیش بینانه آن وابسته به جهت حرکت می باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در حین حرکت فلکسیون اندام فوقانی، عضله عرضی شکمی / مایل داخلی همان سمت اغتشاش دیرتر و با شدت فعالیت کمتری نسبت به عضله همان سمت وارد عمل می شود. این یافته نشانگر عدم تقارن دو طرفه این عضله بوده و با مطالعات Allison و همکاران [۱۴] و Morris و همکاران [۱۵] مطابقت دارد. عدم تقارن در فعالیت پیش بینانه این عضله احتمالاً نشانگر این مطلب است که هدف از فعالیت آن تنها حفظ پایداری ناحیه ستون فقرات از طریق افزایش فشار داخل شکمی نبوده و عملکرد پیچیده تری دارد. Morris و همکاران [۱۵] یک مدل تئوریتیکال جدید برای فعالیت پیش بینانه این عضله مطرح نمودند که در این مدل عضله عرضی شکمی به عنوان بخشی از یک سینرژی عضلانی به منظور مقابله با گشتاور چرخشی وارد عمل می شود. مطالعات گذشته نشان داده اند که در حین فلکسیون اندام فوقانی چپ، گشتاور فلکسیون [۵]، فلکسیون طرفی به چپ [۵] و روتاسیون در خلاف جهت عقربه های ساعت [۵، ۱۵] به تنه اعمال می شود.

براساس یافته های تحقیق حاضر و مطالعات پیشین [۵، ۶، ۱۴، ۱۵، ۲۶]، به نظر می رسد که تفاوت در کنترل نرمال فعالیت پیش بینانه عضله عرضی شکمی به دلیل تفاوت در یافته های مطالعات نباشد بلکه به دلیل تفاسیر متفاوت از یافته ها باشد.

بدن انسان و بخصوص ناحیه تنه یک سیستم پیچیده است و عضلات این ناحیه redundancy زیادی نشان می دهند [۲۸]. بنابراین، عضلات متعدد عملکرد یکسانی را بر عهده دارند. همچنین یک عضله منفرد در یک سیستم پیچیده عملکردهای مختلفی دارد. بنابراین، محققان این مطالعه پیشنهاد می کنند که عضله عرضی شکمی علاوه بر اینکه از طریق افزایش فشار داخل شکمی در کنترل سگمنتال ستون فقرات نقش دارد، به عنوان بخشی از یک سینرژی عضلانی نیز به منظور مقابله با گشتاور ناشی از اغتشاش در حرکات مختلف اندام وارد عمل می شود.

همچنین براساس مطالعات پیشین در زمینه فعالیت مستقل از جهت حرکت عضله عرضی شکمی در پیش بینی حرکات اندام فوقانی [۵، ۶، ۲۶] و یافته های *in vivo* روی حیوانات که نشان دادند فعالیت دوطرفه این عضله اهمیت بسزایی در کنترل سگمنتال ستون فقرات دارد [۲۷]، تمرینی با عنوان "abdominal hollowing" برای بیماران مبتلا به کمردرد مزمن و ورزشکاران و افراد سالمی که مستعد ابتلا به دردهای ستون فقرات کمری هستند پیشنهاد گردید که امروزه مورد استفاده بالینی فراوانی دارد. نکته مهم اینجاست که تمامی مطالعاتی که بر اساس آنها این تمرین پیشنهاد گردید عضله عرضی شکمی را در سمت مقابل اغتشاش مورد ارزیابی قرار داده اند. یافته های تحقیق حاضر و مطالعاتی که این عضله را بصورت دوطرفه مورد ثبت قرار داده اند [۱۴، ۱۵] نشان می دهد که این عضله بصورت دو طرفه در پیش بینی حرکت یکطرفه اندام فوقانی وارد عمل نمی شود. این یافته ها این سؤال را در ذهن مطرح می نماید که اگر استراتژی معمول مورد استفاده افراد سالم در حین یک اغتشاش داخلی یک طرفه، هم انقباضی دو طرفه پیش بینانه عضله عرضی شکمی نمی باشد، چرا کلینیسیین ها و فیزیوتراپیستها به بیماران مبتلا به کمردرد مزمن توصیه می کنند که این عضله را قبل از هرگونه حرکت اندام بصورت دوطرفه منقبض نمایند. به نظر می رسد که قبل از ارائه یک تمرین درمانی روتین، مطالعات بیشتری جهت تعیین الگوی نرمال فعالیت عضلات تنه مورد نیاز باشد.

– فعالیت پیش بینانه عضلات خلفی تنه

عضلات خلفی تنه قبل از عضله حرکت دهنده اصلی (دلتوئید قدامی) و بطور معنی داری زودتر و با شدت فعالیت پیش بینانه بیشتری نسبت به عضله عرضی شکمی/ مایل داخلی همان سمت اغتشاش وارد عمل شدند. البته تفاوتی در زمان شروع و شدت فعالیت پیش بینانه این عضلات بین دو سمت مشاهده نشد.

فعالیت پیش بینانه عضلات ارکتور اسپاین و مالتی فیدوس کمری در حین حرکت فلکسیون شانه در مطالعات پیشین نیز مشاهده شده است [۱۶]. فعالیت عضلات خلفی تنه قبل از شروع فعالیت عضله حرکت دهنده اصلی احتمالاً به منظور کنترل اغتشاش ناشی از حرکت صورت می گیرد. Hodges و همکاران [۱۵] با ارزیابی حرکت preparatory تنه و ثبت الکترومیوگرافی عضلات شکمی و ارکتور اسپاین در حین انجام حرکات اندام فوقانی نشان دادند که حین فلکسیون اندام فوقانی، فعالیت عضله ارکتور اسپاین قبل از اکستانسیون preparatory تنه رخ می دهد. فعالیت پیش بینانه این عضلات می تواند یک اغتشاش ثانویه به سیستم تحمیل نماید که باید توسط فعالیت سایر عضلات پاسیوال کنترل شود. به عبارت دیگر، گشتاورهای ناخواسته ناشی از فعالیت عضلات آگونیست باید بطور کارآمد توسط فعالیت مناسب سایر سینرژیستها کنترل شود تا پایداری پاسیوال مطلوب فراهم گردد. همچنین عدم مشاهده تفاوت بین دو سمت در گروههای عضلانی ارکتور اسپاین و مالتی فیدوس سطحی کمری بیانگر این مطلب است که احتمالاً اغتشاش روتاری ناشی از فلکسیون یکطرفه اندام فوقانی نتوانسته است فعالیت بیشتر این عضلات را ایجاد نماید.

یکی از محدودیتهای تحقیق حاضر عدم انجام ثبت سوزنی از عضله عرضی شکمی با استفاده از الکترودهای fine wire بود. ثبت سطحی از این عضله به دلیل همپوشانی فیبرهای آن با فیبرهای عضله مایل داخلی نمی تواند فعالیت خالص آن را نشان دهد. محل الکتروگذاری در این مطالعه بر اساس مطالعه Marshal و Murphy [۴] صورت گرفت که نشان دادند که ثبت سطحی در ۲ سانتیمتر داخل و پایین خار خار قدامی – فوقانی می تواند نشانگر ثبت داخل عضلانی این عضله باشد. با این وجود ما نمی توانیم نتیجه گیری نماییم که هرآنچه در مطالعه حاضر مشاهده شده است فقط مربوط به عضله عرضی شکمی می باشد. البته باید ذکر نمود که ثبت سوزنی نیز محدودیتهای خاص خود را دارد و در این نوع ارزیابی منطقه مورد ثبت به قدری کوچک است که نمی توان آن را به کل عضله تعمیم داد [۱۵].

نتیجه گیری

در افراد سالم هم انقباضی پیش بینانه دو طرفه عضله عرضی شکمی در حرکت فلکسیون یکطرفه اندام فوقانی مشاهده نشد. این یافته از این جهت اهمیت دارد که بسیاری از تمرینات درمانی در بیماران مبتلا به کمردرد مزمن و در افراد سالمی که مستعد ابتلا به کمردرد هستند بر فعالیت دوطرفه این عضله تأکید دارند. تحقیقات بیشتری به منظور دستیابی به الگوی نرمال فعالیت پیش بینانه عضلانی در افراد سالم مورد نیاز است. همچنین، فعالیت پیش بینانه عضلات خلفی تنه برای کنترل اغتشاش ناشی از فلکسیون اندام فوقانی مورد نیاز است.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی تهران صورت گرفت. بدینوسیله از کلیه شرکت کنندگان و همچنین همکارانی که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Bouisset, S. and M.C. Do, Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Clinical Neurophysiology*, 2008. 38: p. 345-362.
2. Nana-Ibrahim, S., et al., Target size modifies anticipatory postural adjustments and subsequent elementary arm pointing. *Experimental brain research*, 2008. 184: p. 255-260.
3. Yiou, E., A. Hamaoui, and S.L. Bozec, Influence of base of support size on arm pointing performance and associated anticipatory postural adjustments. *Neuroscience Letters*, 2007. 423: p. 29-34.
4. Marshall, P. and B. Murphy, The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2003. 13(5): p. 477-489.
5. Hodges, P., et al., Three dimensional preparatory trunk motion precedes asymmetrical upper limb movement. *Gait and Posture*, 2000. 11(2): p. 92-101.
6. Hodges, P. and C. Richardson, Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Experimental Brain Research*, 1997. 114(2): p. 362-370.
7. Aruin, A.S. and M.L. Latash, Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Experimental Brain Research*, 1995. 103: p. 323-32.

8. Cresswell, A., L. Oddsson, and A. Thorstensson, The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. *Experimental Brain Research*, 1994. 98(2): p. 336-341.
9. Hodges, P., A. Cresswell, and A. Thorstensson, Preparatory trunk motion accompanies rapid upper limb movement. *Experimental brain research*, 1999. 124(1): p. 69-79.
10. Pozzo, T., M. Ouamer, and C. Gentil, Simulating mechanical consequences of voluntary movement upon whole-body equilibrium: the arm-raising paradigm revisited. *Biological Cybernetics*, 2001. 85(1): p. 39-49.
11. Stapley, P., et al., Does the coordination between posture and movement during human whole-body reaching ensure center of mass stabilization? *Experimental Brain Research*, 1999. 129(1): p. 134-146.
12. Stapley, P., T. Pozzo, and A. Grishin, The role of anticipatory postural adjustments during whole body forward reaching movement. *Neuroreport*, 1998. 9: p. 395-401.
13. Crommert ME, Ekblom MM, and A. Thorstensson, Activation of transversus abdominis varies with postural demand in standing. *Gait and Posture*, 2011. 33: p. 473-477.
14. Allison, G.T., S.L. Morris, and B. Lay, Feedforward responses of transversus abdominis are directionally specific and act asymmetrically: implications for core stability theories. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 2008. 38(5): p. 228-237.
15. Morris, S.L., B. Lay, and G.T. Allison, Corset hypothesis rebutted - Transversus abdominis does not co-contract in unison prior to rapid arm movements. *Clinical Biomechanics*, 2012. 27(3): p. 249-254.
16. Silfies, S.P., et al., Differences in feedforward trunk muscle activity in subgroups of patients with mechanical low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2009. 90(7): p. 1159-1169.
17. Maeda, K. and K. Fujiwara, Effects of preparatory period on anticipatory postural control and contingent negative variation associated with rapid arm movement in standing posture. *Gait and Posture*, 2007. 25(1): p. 78-85.
18. Sjødahl, J., et al., The postural response of the pelvic floor muscles during limb movements: A methodological electromyography study in parous women without lumbopelvic pain. *Clinical Biomechanics*, 2009. 24(2): p. 183-189.
19. O'Sullivan, P., et al., Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine*, 2006. 31(19): p. E707-E712.
20. Grenier SG and S. McGill, Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2007. 88: p. 54-62.
21. Morris, S.L. and G.T. Allison, Effects of abdominal muscle fatigue on anticipatory postural adjustments associated with arm raising. *Gait and Posture*, 2006. 24: p. 342-348.
22. Staude, G., V. Kafka, and W. Wolf, Determination of premotor silent periods from surface myoelectric signals. *Biomedical Techniques*, 2000. 45(2): p. 228-232.
23. Kanekar, N., M.J. Santos, and A.S. Aruin, Anticipatory postural control following fatigue of postural and focal muscles. *Clinical Neurophysiology*, 2008. 119: p. 2304-2313.
24. Hodges, P.W. and C.A. Richardson, Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1999. 80: p. 1005-12.
25. Strang, A.J. and W.P. Berg, Fatigue-induced adaptive changes of anticipatory postural adjustments. *Experimental Brain Research*, 2007. 178: p. 49-61.
26. Hodges, P.W. and C.A. Richardson, Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neuroscience Letters*, 1999. 265(2): p. 91-94.
27. Hodges, P., et al., Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: in vivo porcine studies. *Spine*, 2003. 28(23): p. 2594-2601.
28. Hodges, P.W., Pain and motor control: from the laboratory to rehabilitation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2011. 21(2): p. 220-228.