

تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه پس از انجام تمرینات ثباتی در بیماران مبتلا به کمر درد غیر اختصاصی تکرار شونده

رزینا هدایتی^۱، صدیقه کهریزی^{۲*}، محمد پرنیاپور^۳، فریبا بهرامی^۴، انوشیروان کاظم‌نژاد^۵، بهرام مبینی^۶

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیوتراپی، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۲- استادیار، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۳- استادیار، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
- ۴- استادیار، گروه برق، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۵- استاد، گروه آمار حیاتی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۶- استادیار، گروه ارتوپدی، دانشکده پزشکی، دانشگاه ایران، تهران، ایران

پذیرش مقاله: ۸۸/۱۲/۰۹

دریافت مقاله: ۸۸/۱۰/۱۹

چکیده

هدف: انجام تمرینات درمانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مداخلات درمانی در بیماران مبتلا به کمر درد مزمن مطرح شده است. از جمله مهم‌ترین تمرینات کاربردی در این بیماران، تمرینات ثباتی است. بررسی تأثیر این تمرینات بر تغییرپذیری استراتژی‌های وضعیتی عضلات تنه و توانایی آن در بازگرداندن این استراتژی‌ها به وضعیت طبیعی از جمله ابهاماتی است که تاکنون به آن پاسخ داده نشده است. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر انجام تمرینات ثباتی بر تغییرپذیری استراتژی‌های کنترل وضعیت در این بیماران است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق به‌صورت تجربی روی ۲۱ بیمار (۱۴ مرد و ۷ زن) مبتلا به کمر درد غیر اختصاصی تکرار شونده انجام شد. فعالیت الکترومیوگرافی عضلات دلتوئید، مایل خارجی و مایل داخلی/عرضی شکم و ارکتور اسپاین طی حرکت پرتابی بالا بردن بازو با حداکثر شتاب به تعداد ۷۵ مرتبه در هر فرد ثبت شد. سپس ۱۴ نفر از این افراد پس از قرعه‌کشی در گروه آزمایش و ۷ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند. افراد گروه آزمایش، تمرینات به داخل کشیدن شکم و انقباض همزمان عضلات شکم را به‌صورت ایزوله، طی ۲۰ جلسه و در حضور فیزیوتراپیست با استفاده از دستگاه پس‌خواراند فشاری، در وضعیت‌های طاق‌باز، نشسته روی صندلی، ایستاده ثابت و ایستاده همراه با بالا بردن اندام فوقانی با حداکثر سرعت، یک بار در روز انجام دادند. پس از پایان دوره تمرین درمانی متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق در هر دو گروه آزمایش و کنترل مجدداً ارزیابی شد. انحراف معیار زمان تأخیر پاسخ عضلات تنه نسبت به عضله دلتوئید در دو گروه با استفاده از آزمون آماری t وابسته مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج: بررسی نتایج نشان داد که انجام تمرینات ثباتی در افراد گروه آزمایش، تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه عضله عرضی شکم/مایل داخلی را افزایش می‌دهد ($P=0/037$). در حالی که تغییرپذیری در عضلات مایل خارجی ($P=0/346$) و ارکتور اسپاین ($P=0/673$) این بیماران تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نداد. تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در عضلات عرضی شکم/مایل داخلی ($P=0/199$)، مایل خارجی ($P=0/702$) و ارکتور اسپاین ($P=0/465$) بیماران گروه کنترل نیز تغییر معنی‌داری را نشان نداد.

*نشانی مکاتبه: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه فیزیوتراپی، کدپستی: ۱۴۱۱۷۱۳۱۱۶

نتیجه‌گیری: بررسی نتایج نشان داد که کاهش تغییرپذیری در سیستم کنترل وضعیت بیماران مبتلا به کمر درد غیراختصاصی تکرار شونده که یکی از عوامل تداوم کمردرد است، می‌تواند با انجام تمرینات ثباتی هدفمند بهبود یابد.

کلیدواژگان: تغییرپذیری، وضعیت، تمرین‌درمانی، کمر درد

۱- مقدمه

خصوصیات سیستم‌های تصادفی (Random) و بی‌ثبات است و هر دو خصوصیت، منجر به کاهش قدرت تطابق به اغتشاش می‌شود. اولین مطالعه در خصوص تغییرپذیری تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه (Anticipatory Postural Adjustments) توسط مزلی (Moseley) و همکارانش در سال ۲۰۰۶ انجام گرفت [۶]. این محققان با مطالعه تغییرپذیری پاسخ‌های پیش‌خوراند عضله مایل خارجی در ۱۶ فرد جوان سالم نشان دادند که افرادی که در آن‌ها القای درد موجب کاهش تغییرپذیری استراتژی‌های وضعیتی شده بود، حتی در زمان فروکش درد به استراتژی طبیعی باز نمی‌گردند [۶]. آن‌ها این کاهش تغییرپذیری در خروجی حرکتی را از عوامل مؤثر در عدم توانایی تطابق سیستم کنترل وضعیت با شرایط محیطی موجود معرفی کردند. جاکوبز (Jacobs) و همکارانش در سال ۲۰۰۹ تغییرپذیری تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه را در بیماران مبتلا به کمر درد مزمن مطالعه نمودند [۷]. این محققان با بررسی انحراف معیار تأخیر پاسخ عضلات مایل داخلی و ارکتور اسپاین (Erector Spinae) در ده بیمار مبتلا به کمر درد در حین پرتاب سریع اندام فوقانی نشان دادند که کاهش تغییرپذیری در زمان بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه عضله مایل داخلی بیماران مبتلا به کمر درد مزمن نیز رخ می‌دهد [۷]. با وجود آن که کاهش تغییرپذیری پاسخ‌های وضعیتی در بیماران مبتلا به کمر درد به اثبات رسیده است، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در خصوص بهبود آن انجام نشده است. انجام تمرینات درمانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مداخلات درمانی در بیماران مبتلا به کمر درد مزمن مطرح است. از جمله مهم‌ترین تمرینات کاربردی در این بیماران، تمرینات ثباتی است. کاهش درد، بهبود فعالیت‌های عملکردی و کاهش ناتوانی از جمله آثار

مطالعات بسیاری در خصوص کنترل وضعیت (Posture) افراد مبتلا به کمر درد، انجام شده است. از زمانی که بلینکی (Blinki) در سال ۱۹۶۷ نشان داد که فعالیت عضلات کنترل کننده وضعیت پیش از فعالیت عضلات اصلی در حرکات ارادی بازو رخ می‌دهد، مطالعات در خصوص نقش عملکردی این عضلات آغاز شد [۱].

تغییر فعالیت عضلات کنترل کننده وضعیت تنه طی انجام تکالیف (Task) عملکردی در بیماران مبتلا به کمر درد، اولین بار توسط محققانی چون نیلسن - آرنه (Nilsen-Ardnet) در سال ۱۹۶۶ هاجز (Hodges) و ریچاردسون (Richardson) در همان سال مطرح شد [۱]. این تغییرات اغلب به صورت تأخیر فعالیت عضلات عمقی و تشدید فعالیت برخی عضلات سطحی تنه است [۱]. با وجود آن که تغییرات پاسخ پیش‌خوراند (Feedforward) عضلات تنه و مکانیسم‌های ثبات وضعیت در بیماران مبتلا به کمر درد در مقالات متعددی مورد توجه قرار گرفته است [۱-۵]، به نظر می‌رسد که این پاسخ‌های وضعیتی هنوز در بسیاری از ابعاد ناشناخته بوده و روش‌های درمانی حاضر در بازگرداندن این استراتژی‌ها به وضعیت طبیعی، ناکام مانده است. یکی از ابعادی که اخیراً در بررسی سلامت سیستم کنترل وضعیت مورد توجه قرار گرفته است، تغییرپذیری (Variability) پاسخ‌های وضعیتی است. تغییرپذیری جزء جدایی‌ناپذیر حرکات انسان است و این اعتقاد وجود دارد که مهارت‌های حرکتی تکامل یافته با میزان تغییرپذیری حرکتی کافی و مناسبی همراه است. کاهش تغییرپذیری از خصوصیات سیستم‌های زیستی سخت (Rigid) و غیر قابل تغییر است و بیش از حد مطلوب آن نیز از

آگاهانه، در این تحقیق که مراحل انجام آن توسط کمیته اخلاق پزشکی دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تأیید شده بود، شرکت کردند.

۲-۲- روش‌های آزمون

نحوه انجام آزمایش به این صورت بود پس از علامت‌گذاری محل الکترودها و سمباده کشیدن و پاک‌سازی آن، الکترودهای سطحی در جهت قرارگیری فیبرهای عضلانی روی عضله دلتوئید اندام فوقانی غالب و عضلات مایل خارجی (۱۰-۱۳ سانتی‌متر از ناف روی خطی که ناف را به خار قدامی - فوقانی استخوان لگن (Anterior Superior Iliac Spine) (ASIS) وصل می‌کند) و مایل داخلی/عرضی شکم (Transvers Abdominal/Internal Oblique: TrA/IO) (۲ سانتی‌متر پایین و داخل ASIS) و ارکتور اسپاین (۳ سانتی‌متر خارج زائده خاری مهره سوم کمری) سمت مقابل قرار گرفت تا نوحه‌های (Artifact) حاصل از حرکت اندام به حداقل برسد [۹، ۱۰]. سپس یک شتاب‌سنج روی مچ دست سمت غالب نصب شد (شکل ۱). در این مرحله هر فرد در حالی که در محل مورد نظر ایستاده بود، اندام فوقانی غالب خود را از حالت خنثی (دست در کنار بدن) با حداکثر شتاب ممکن، در پاسخ به پیام شنیداری «رو» تا حدود ۹۰ درجه بالا بردن (Flexion) بازو بالا برده و در پاسخ به پیام شنیداری «ایست» بدون حرکت باقی می‌ماند. ترتیب و زمان ظهور پیام‌های شنیداری کاملاً تصادفی بود تا احتمال پیش‌بینی زمان حرکت را در فرد به حداقل برساند. فعالیت الکترومیوگرافی (Electromyography: EMG) عضلات مورد نظر در طی حرکت بالا بردن بازو ثبت شد. حرکات پرتابی بازو تا حدود ۹۰ درجه محدود شد چرا که در حرکات بالاتر از ۹۰ درجه به علت تغییر جهت گشتاور واکنشی، پیچیدگی پاسخ‌های وضعیتی افزایش یافته و احتمال بروز تغییر بین تکرارها افزایش یابد.

مفیدی است که پس از تمرین‌درمانی عضلات به دست می‌آید [۸]. بررسی تأثیر این تمرینات بر تغییرپذیری استراتژی وضعیتی عضلات تنه که فرد را قادر می‌سازد خود را با نیازهای متغیر محیطی تطبیق دهد و توانایی آن در بازگرداندن این استراتژی‌ها به وضعیت طبیعی از جمله ابهاماتی است که تاکنون به آن پاسخ داده نشده است. چنانچه بتوان روش‌های آموزشی را به بیماران پیشنهاد کرد که بتواند توانایی تطابق پاسخ‌های وضعیتی این افراد را نیز علاوه بر زمان‌بندی و ترتیب وارد عمل شدن عضلات آنها تحت تأثیر قرار دهد، می‌توان پیامدهای درمانی موفق‌تری را انتظار داشت. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر انجام تمرینات ثباتی بر تغییرپذیری استراتژی وضعیتی عضلات تنه در بیماران مبتلا به کمر درد غیراختصاصی تکرار شونده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آزمودنی‌ها

این تحقیق به صورت تجربی روی ۲۱ بیمار (۱۴ مرد و ۷ زن) مبتلا به کمر درد غیراختصاصی تکرار شونده که در تاریخچه خود حملات کمر درد را گزارش کرده و هیچ علت مشخصی در مورد بیماری آنها ذکر نشده و در زمان انجام آزمون درد نداشته یا حداکثر شدت درد آنها براساس مقیاس دیداری درد (Visual Analogue Scale) دو یا کمتر بود انجام گرفت. روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده بود. میانگین سن در بیماران 27 ± 7 سال و میانگین شاخص جرم بدن در بیماران $21/8$ کیلوگرم در هر متر مربع و میانگین مدت زمان ابتلا به کمر درد در آنها $3/3 \pm 5$ سال بود. افراد با مشکلات تنفسی، عصبی، روماتیسم (Rheumatism) و سایر بیماری‌های سیستمیک و متابولیک، بدخیمی، عفونت، ناهنجاری‌های ساختاری ستون فقرات، سابقه جراحی ستون فقرات، شکستگی و ضربات حاد، حذف شدند. افراد مورد مطالعه در ساعات مشابهی از شبانه روز در آزمایشگاه بیومکانیک حاضر شده و پس از اخذ رضایت

حداکثر شتاب این حرکت و انحراف معیار آن در هر فرد مشخص شود. این تکرار آزمون‌ها به تعداد حداقل ۲۰ مرتبه (که پیش از شروع ۷۵ ثبت اولیه انجام شد) به دو منظور محاسبه میانگین حداکثر شتاب و از بین بردن اثر یادگیری انجام شد. طی هر مرحله از انجام آزمایش، چنانچه در هر تکراری از وضعیت‌های آزمون، میزان حداکثر شتاب اندام کمتر از ۲ برابر انحراف معیار میانگین شتاب فرد بود، آن تکرار حذف می‌شد. برای جلوگیری از بروز خستگی، هر فرد حداقل پس از انجام ۲۰ تکرار استراحت کرده و در صورت لزوم زمان بیشتری برای استراحت به آن‌ها داده شد. با توجه به یکسان بودن میانگین تغییرات ده تکرار اول از ۷۵ تکرار هر فرد با ده تکرار آخر همان فرد، از عدم اثر پدیده‌های خستگی و یادگیری اطمینان حاصل شد.



شکل ۱. نمایی از وضعیت ثبت اطلاعات

ثبت فعالیت عضلات توسط یک دستگاه هشت کاناله EMG ساخت شرکت بیومتریکس (Biometrics Co, UK) انجام گرفت. فرکانس نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز بوده و پهنای باند ۲۰-۴۵۰ کیلوهرتز در نظر گرفته شد. علایم (Signals) شتاب‌سنج نیز در فرکانس ۲۰۰ هرتز جمع‌آوری شدند.

شاخصی که به‌عنوان تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در نظر گرفته شد، انحراف معیار زمان شروع فعالیت عضلات تنه نسبت به عضله دلتوئید، در ۷۵ تکرار بود. به‌منظور تحلیل سطح تکرارپذیری متغیرهای مورد بررسی از ضریب همبستگی درون گروهی (Intra Class Correlation: ICC) استفاده شد. پس از انجام ثبت اولیه ۱۴ نفر از افراد شرکت کننده با انجام قرعه‌کشی در گروه تمرین‌درمانی و ۷ نفر در گروه کنترل قرار گرفتند.

۲-۳- روش‌های مداخله تمرین‌درمانی

تمرین‌درمانی شامل انقباض ارادی و ایزوله عضله عرضی شکم به‌صورت انجام تمرین به داخل کشیدن شکم (Abdominal Hollowing) و فعال کردن عضلات شکمی اطراف ستون فقرات به‌صورت انجام تمرین انقباض همزمان

از آنجایی که زمان‌بندی پاسخ عضلانی تحت تأثیر فعالیت پایه EMG قرار می‌گیرد، این فعالیت پایه در شروع هر آزمایش کنترل شده و در صورت مشاهده تغییرات زمینه‌ای، پس‌خوراند (Feedback) لازم برای شل کردن عضلات به افراد داده شد. حرکت بالا بردن بازو و ثبت فعالیت EMG عضلات مذکور به تعداد ۷۵ مرتبه در هر فرد انجام شد. در هر ثبت چنانچه زمان شروع فعالیت عضله دلتوئید کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه یا بیش از ۲۰۰ میلی‌ثانیه پس از ظهور پیام شنیداری اتفاق می‌افتاد، آن ثبت منظور نمی‌شد. چرا که در آزمون‌های سریع‌تر، احتمال ظهور پاسخ پیش از پیام صوتی و در آزمون‌های با تأخیر احتمال آن که فرد نتوانسته است از حداکثر شتاب خود استفاده نماید، مطرح است. همچنین چنانچه زمان شروع فعالیت عضلات تنه بیش از ۱۰۰ میلی‌ثانیه قبل از زمان شروع فعالیت عضله دلتوئید یا بیش از ۲۰۰ میلی‌ثانیه پس از آن رخ می‌داد، آن ثبت نیز منظور نمی‌شد، چرا که بعید به‌نظر می‌رسد که فعالیت عضلات تنه خارج از این پنجره زمانی ناشی از اغتشاش اعمال شده باشد [۳]. برای حصول اطمینان از یکسان بودن میزان اغتشاش داخلی در تمام وضعیت‌های پژوهش در ابتدا سعی شد با گرفتن تکرارهای کافی بالا بردن اندام فوقانی، میانگین

نسبت به عضله دلتوئید، مورد بررسی قرار گرفت. زمان شروع فعالیت عضلات در هر آزمایش با استفاده از برنامه نرم‌افزاری «جرالد استاد» (Gerhard Staude) تعیین شد [۱۱]. این برنامه نرم‌افزاری طراحی شده در فضای MATLAB پس از اعمال یک فیلتر از بین برنده نویزهای سفید (Pre-whitening)، امکان بررسی چشمی زمان شروع فعالیت عضله را فراهم می‌آورد. پس از بررسی انطباق توزیع فراوانی متغیرهای کمی با توزیع نظری نرمال از طریق آزمون آماری K-S (Kolmogorov-Smirnov Test)، تفاوت متوسط حداکثر شتاب پرتاب دست در صفحه میانی (Sagittal) و تفاوت انحراف معیار زمان شروع فعالیت عضلات مورد نظر در هر گروه (آزمایش و کنترل) قبل و پس از مداخله با استفاده از آزمون آماری t وابسته و تفاوت انحراف معیار زمان شروع فعالیت عضلات مورد نظر بین دو گروه قبل و پس از مداخله با استفاده از آزمون آماری t مستقل مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

۳- نتایج

دو گروه از لحاظ شاخص‌های سن و شاخص توده بدنی و مدت ابتلا به کمر درد با استفاده از آزمون t مستقل مقایسه شد که نتایج بیانگر یکسانی دو گروه در این موارد بود (جدول ۱).

جدول ۱ مقایسه دو گروه از لحاظ شاخص‌های سن و شاخص توده بدنی و مدت ابتلا به کمر درد

متغیر	مقدار احتمال
سن	۰/۴۳
شاخص توده بدنی	۰/۷۵
مدت ابتلا	۰/۵۴

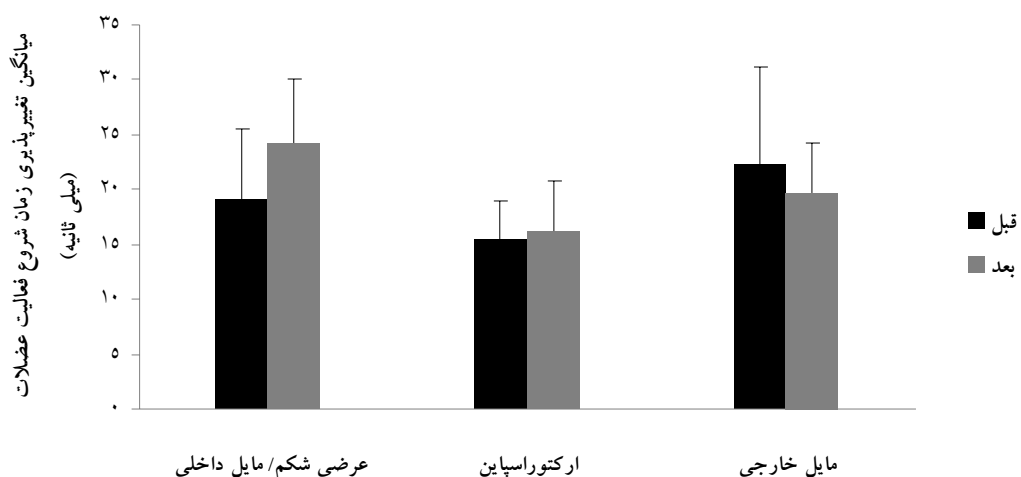
مقادیر شاخص‌های تکرارپذیری نسبی متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است که نشان‌دهنده تکرارپذیری عالی روش‌های اندازه‌گیری متغیرهای مورد نظر است.

عضلات شکم (Abdominal Bracing) و ترکیب این تمرینات با فعالیت بالا بردن بازو (مشابه آزمون اولیه برای ثبت مشخصات تغییرپذیری عضلات شکم) بود. افراد مورد مطالعه، تمرینات داخل کشیدن شکم و انقباض همزمان عضلات شکم را به صورت ایزوله، طی جلسات و در حضور فیزیوتراپیست با استفاده از دستگاه پس‌خوراند فشاری (Pressure Biofeedback) آموزش دیدند و طی جلسات تمرین‌درمانی که به مدت ۲۰ جلسه به طول انجامید، سه تکرار ده‌تایی با فواصل استراحت ۲ دقیقه بین هر تکرار، در وضعیت‌های طاق‌باز، نشسته روی صندلی، ایستاده و ایستاده همراه با بالا بردن اندام فوقانی با حداکثر سرعت، یکبار در روز تمرین کردند. طی مانور انقباض همزمان عضلات شکم از فرد خواسته شد عضلات شکم و اطراف ستون فقرات (Paraspinal) خود را به صورت همزمان بدون ایجاد هیچ حرکتی در ستون فقرات منقبض نماید. دست‌های آزمون‌گر در سمت پایین مهره‌های کمری قرار می‌گرفت تا در صورت لمس هرگونه حرکت ناخواسته به صورت صاف شدن قوس کمر به بیمار تذکر دهد. برای تسهیل حرکت، آزمون‌گر از بیمار می‌خواست که دنده‌های خود را به طرف داخل و پایین به سمت لگن بکشد یا ناحیه شکم را بدون آن که برجسته شده یا به داخل کشیده شود منقبض نماید. برای تسهیل انقباض ایزوله عضله عرضی شکم از افراد خواسته می‌شد که به آرامی ناف خود را به سمت ستون فقرات کشیده و دیواره پایین شکم را صاف نماید یا عضلات کف لگن را منقبض کند. به افراد توصیه می‌شد حین حفظ انقباض الگوی عادی تنفس خود را حفظ نمایند. از افراد گروه کنترل خواسته شد که تا پایان یک ماه هیچ نوع تغییر فعالیتی اعم از شرکت در فعالیت‌های ورزشی خاص نداشته باشند. پس از پایان دوره تمرین‌درمانی متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق مجدداً در هر دو گروه، مشابه آزمون اولیه ارزیابی شد. در تجزیه و تحلیل داده‌های EMG که در برنامه نرم‌افزاری Matlab انجام می‌گرفت، زمان‌بندی پاسخ عضلات به صورت زمان تأخیر پاسخ عضلات مایل خارجی و عرضی شکم/مایل داخلی و ارکتور اسپاین

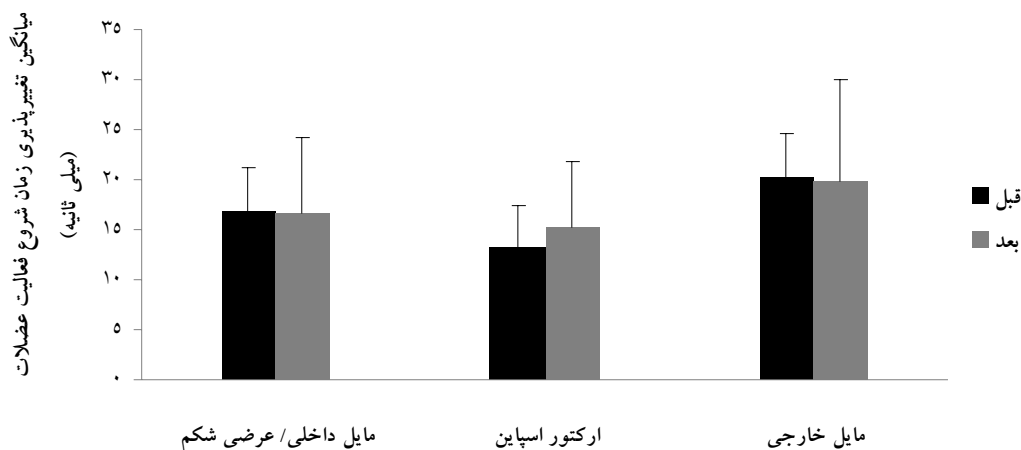
جدول ۲ شاخص‌های تکرارپذیری نسبی متغیرهای مورد بررسی

متغیر	ICC
تغییرپذیری زمان شروع فعالیت عضله مایل داخلی/عرضی شکم	۰/۸۵
تغییرپذیری زمان شروع فعالیت عضله مایل خارجی	۰/۸۹
تغییرپذیری زمان شروع فعالیت عضله ارکتور اسپاین	۰/۸۶

بررسی نتایج نشان داد که انجام تمرینات ثباتی در افراد گروه آزمایش، تغییرپذیری زمان بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه عضله عرضی شکم/مایل داخلی را افزایش می‌دهد ($P=۰/۰۳۷$). در حالی که تغییرپذیری در عضلات مایل خارجی ($P=۰/۳۴۶$) و ارکتور اسپاین ($P=۰/۶۷۳$) این بیماران تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نداد (نمودار ۱).



نمودار ۱ تغییرپذیری زمان بندی فعالیت عضلات مایل داخلی/عرضی شکم، مایل خارجی و ارکتور اسپاین در بیماران گروه آزمایش قبل و پس از مداخله



نمودار ۲ تغییرپذیری زمان بندی فعالیت عضلات مایل داخلی/عرضی شکم، مایل خارجی و ارکتور اسپاین در بیماران گروه کنترل قبل و پس از مداخله

نقص کنترل حرکت در بیماران مبتلا به کمر درد، از تأخیر در زمان عکس‌العمل انگشتان تا تأخیر در فراخوانی عضلات تنه، همراه با اغتشاش‌های قابل و غیرقابل پیش‌بینی گزارش شده است [۲-۱۶]. انجام حرکات پرتابی بازو (مشابه آنچه در این تحقیق انجام شد)، به‌عنوان تهدیدی برای ثبات کلی بدن و نیز ثبات مهره‌ای به دو صورت جابه‌جا کردن مرکز جرم بدن و تأثیر بر مهره‌های مختلف و در هم فروریختن آن‌ها محسوب می‌شود، بنابراین باید با عملکرد به موقع و مناسب سیستم کنترل ثبات و وضعیت در بدن مقابله شود [۱۷]. در مطالعات مدل‌سازی و تحقیقات انجام شده روی نمونه‌های انسانی، مشاهده شده است که در چنین شرایطی بیماران مبتلا به کمر درد از هم انقباضی عضلات تنه به‌منظور افزایش ثبات استفاده می‌نمایند [۱۸]. براساس مدل پنجابی (Panjabi) ثبات ستون فقرات توسط سه زیرسیستم غیرفعال، فعال و عصبی که در تعامل با یکدیگر هستند تأمین می‌شود [۱۹] که در این میان نقش زیرسیستم‌های عضلانی و عصبی در ثبات ستون فقرات پررنگ‌تر است. هم‌انقباضی و کاهش حرکت مهره‌ها که در بیماران مبتلا به کمر درد رخ می‌دهد می‌تواند نتیجه تلاش سیستم عصبی مرکزی به‌منظور جبران عدم کارایی سیستم استخوانی-لیگمانی یا اجتناب از درد و آسیب مجدد باشد [۲۰-۲۲]. حال آن که تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه پیچیده‌تر و فراتر از یک هم‌انقباضی عمومی در تنه است و باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند حرکتی که از لحاظ جهت و شدت متناسب با گشتاورهای واکنشی ناشی از حرکات ارادی است، ایجاد نماید. هاجز و ریچاردسون در سال ۱۹۹۹ نشان دادند که در بیماران مبتلا به کمر درد مزمن با تغییر زمان عکس‌العمل حرکت اندام فوقانی طی یک تکلیف زمان عکس‌العملی انتخابی، زمان‌بندی پاسخ‌های وضعیتی پیش‌بینانه در عضله عرضی شکم تغییر نمی‌کند [۲۳]. این تغییرات وضعیتی که نشانگر اختلال کنترل وضعیت طبیعی است، می‌تواند نتیجه ایجاد یک استراتژی تغییر یافته جدید باشد [۲۴]. به‌نظر می‌رسد افزایش فعالیت عضلات سطحی و هم‌انقباضی آن‌ها یک استراتژی تطابقی حفظ ثبات توسط سیستم عصبی مرکزی است که در شرایط مهار و تأخیر

تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در عضلات عرضی شکم/مایل داخلی ($P=0/199$)، مایل خارجی ($P=0/702$) و ارکتور اسپاین ($P=0/465$) بیماران گروه کنترل نیز تغییر معنی‌داری را نشان نداد (نمودار ۲). حداکثر شتاب بالا بردن بازو در هر دو گروه آزمایش ($P=0/45$) و کنترل ($P=0/67$) قبل و بعد از مداخله یکسان بود.

۴- بحث

بررسی نتایج نشان داد که تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در عضله عرضی شکم/مایل داخلی پس از انجام یک دوره تمرینات ثباتی افزایش می‌یابد. از جمله عوامل تأثیرگذار بر تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه، خستگی، جهت حرکت، سرعت و شتاب آن است [۱۲-۱۵]. با توجه به یکسان‌سازی جهت حرکت و وضعیت قرارگیری افراد در حین انجام آزمایش و شدت اغتشاش داخلی اعمال شده در دو مرحله قبل و پس از مداخله که توسط شتاب‌سنج در تمامی مراحل انجام آزمون کنترل می‌شد و همچنین با توجه به در نظر گرفتن زمان‌های استراحت کافی برای افراد که مانع از بروز خستگی عضلانی در آن‌ها شود، شرایط انجام آزمون‌ها قبل و پس از مداخله مشابه بود. از طرفی افراد مورد مطالعه در هیچ‌کدام از مراحل انجام آزمایش درد نداشته یا براساس مقیاس دیداری درد از شدت درد ۲ یا کمتر برخوردار بودند. با توجه به آن که روش ارزیابی در این تحقیق انجام یک تکلیف زمان عکس‌العملی انتخابی (Choice Reaction Time Task) بود، سعی شد هیچ‌گونه شرایط ایجاد استرسی در هیچ‌یک از مراحل اندازه‌گیری وجود نداشته باشد، تا استرس ناشی از انجام کار بر نتیجه آن تأثیرگذار نباشد. بنابراین عواملی چون درد، فعالیت فیزیکی یا استرس از نحوه انجام تکلیف، نمی‌تواند در بروز تغییرات مشاهده شده مؤثر باشد؛ از سوی دیگر عدم مشاهده تغییر در شاخص میانگین تغییرپذیری پاسخ پیش‌خوراند عضلات عرضی شکم/مایل داخلی، مایل خارجی و ارکتور اسپاین در گروه کنترل نیز تأیید‌کننده این مطلب است.

از درجات آزادی حرکت، تعادل پویا را دچار اختلال ساخته و می‌تواند علاوه بر اعمال میکروتروما (Microtraumma) و افزایش درد در اثر بارگذاری‌های مکرر، در بروز بی‌ثباتی مهره‌ای و اختلال تعادل کل بدن نیز مؤثر باشد [۲۵]. موک (Mok) و همکارانش نشان دادند که کاهش حرکات مهره‌ای ناشی از تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در بیماران مبتلا به کمر درد، در نهایت منجر به افزایش حرکات مهره‌ای، درد و بی‌ثباتی بیشتر می‌شود [۱۸]. بازگرداندن تغییرپذیری مناسب به سیستم کنترل ثبات و وضعیت می‌تواند مانع بروز این عوارض شود.

از طرفی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در عضلات تنه که به منظور حفظ ثبات و تعادل طراحی شده و به صورت طبیعی با هر نوع حرکتی در بدن ایجاد می‌شود، خود یکی از عواملی تولید گشتاور است [۱۲، ۲۳]. از آنجایی که هر گشتاوری می‌تواند ایجاد حرکت نموده و تهدیدی برای سیستم کنترل ثبات و وضعیت محسوب شود، این گشتاور باید متناسب با جهت و مقدار گشتاور ناشی از اغتشاش اعمال شده باشد تا مانع به هم خوردن تعادل شود [۲۳]. در بیماران مبتلا به کمر درد به علت اختلال در زمان بندی وارد عمل شدن عضلات [۲، ۳، ۵]، گشتاور این عضلات نمی‌تواند به طور دقیق نسبت به گشتاورهای اغتشاشی ناشی از حرکت اندام تنظیم شود و می‌تواند عامل بروز اغتشاش محسوب شود [۲۳]. این احتمال وجود دارد که این عامل یکی از علل مؤثر در عدم بروز تغییرپذیری زمان بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه در عضلات تنه باشد. افزایش کنترل عضلات و به موقع وارد عمل شدن آن‌ها و ایجاد گشتاور مناسب به دنبال انجام یک دوره تمرین درمانی مانند آنچه در تحقیق حاضر مشاهده شد، می‌تواند این زمان بندی را تنظیم نماید [۸، ۲۶، ۲۷]. چنانچه انجام یک دوره تمرین درمانی در بیماران شرکت کننده در این تحقیق نیز نشان داد که زمان تأخیر وارد عمل شدن عضلات مایل داخلی/عرضی شکم و ارکتور اسپاین پس از انجام تمرینات ثباتی به میزان معنی داری کاهش یافته است. این امر با کاهش احتمال به هم خوردن ثبات و تعادل، امکان بروز رفتار متغیرتری را که متناسب با نیازهای محیطی است فراهم می‌آورد

فعالیت عضلات عمقی رخ می‌دهد [۳، ۲۰]. این هم‌انقباضی عضلات امکان بروز پاسخ‌های تغییرپذیر عضلانی را کاهش می‌دهد. حال آن که لازمه حفظ ثبات و تعادل پویا وجود تغییرپذیری مناسب در استراتژی‌های عصبی-عضلانی، متناسب با تغییر شرایط است [۲۵]. محققان بسیاری گزارش کرده‌اند که تنظیمات وضعیتی پیش‌خوراند می‌تواند با انجام تمرین درمانی بهبود یابد که مؤثرترین آن‌ها، تمرینات ثباتی است [۸، ۲۶، ۲۷]. بهبود زمان بندی فعالیت عضلات عمقی و بازآموزی آن‌ها با استفاده از تمرینات ثباتی نیاز به فعالیت بیش از حد عضلات سطحی را کاهش می‌دهد.

به نظر می‌رسد کاهش تغییرپذیری در زمان بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه که نتیجه هم‌انقباضی عضلات به منظور حفظ ثبات ستون فقرات است، می‌تواند با انجام تمرینات ثباتی ستون فقرات کاهش یافته و امکان بروز پاسخ‌های متغیر را در عضلات فراهم آورد. تسائو (Tsao) و همکارانش برای اولین بار در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که فعالیت پیش‌خوراند عضلات تنه می‌تواند با انجام انقباض ارادی و ایزوله آن‌ها بهبود یابد [۲۶]. بررسی مطالعات نشان داده است که آموزش انقباض ایزوله عضلاتی که با تأخیر وارد عمل می‌شوند (مثل داخل کشیدن شکم) همراه با آموزش آن به صورت غیرایزوله (مثل انقباض همزمان عضلات شکم) می‌تواند منجر به کاهش درد، بهبود عملکرد عضلانی و کاهش سرعت عود بیماری در مبتلایان به کمردرد شود [۸]. تغییرات مشاهده شده در پاسخ‌های پیش‌خوراند عضلات تنه اعم از تأخیر در زمان وارد عمل شدن و کاهش تغییرپذیری، چه نتیجه مستقیم ابتلا به کمر درد باشد و چه در اثر مکانیسم‌های دیگری همانند آنچه در مدل‌های درد، صدمه و عدم اعمال بار (Deloading) [۲۷] مطرح است ایجاد شده باشد، می‌تواند با انجام تمرینات ثباتی بهبود یابد. بیماران مبتلا به کمر درد، تغییرپذیری زمان بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه عضلات خود را نیز به منظور به حداقل رساندن حرکات مهره‌ای و افزایش ثبات کاهش می‌دهند [۶، ۷] حال آن که تغییرپذیری یکی از جنبه‌های پیچیدگی رفتاری محسوب می‌شود و کاهش آن با محدودسازی درجه‌ای

پیش‌بینانه این دو عضله در افراد مورد مطالعه در این تحقیق، طبیعی است.

با توجه به محدودیت‌های این تحقیق نظیر یکسان نبودن تعداد افراد دو گروه آزمایش و کنترل و عدم امکان ارزیابی سایر عضلات دخیل در حفظ ثبات ناحیه کمری- لگنی و عدم سنجش پیامدهای عملکردی در این تحقیق لازمست مطالعات بیشتری انجام شود تا بتواند تغییرپذیری پاسخ‌های وضعیتی را در سایر عضلات مؤثر در ایجاد تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه و در بیمارانی که از شدت درد و ناتوانی بالاتری نسبت به افراد شرکت کننده در این تحقیق برخوردار هستند، مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود آثار استفاده از سایر روش‌های تمرین‌درمانی نیز در تحقیقات آتی مورد مطالعه قرار گیرد.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله خود را موظف می‌دانند که مراتب تقدیر و تشکر خود را از تمامی بیماران شرکت کننده در این تحقیق و گروه فیزیوتراپی دانشگاه تربیت مدرس که نهایت همکاری را در این تحقیق داشته‌اند، ابراز نمایند.

[۶] و سیستم عصبی مرکزی می‌تواند تغییرپذیری زمان‌بندی عضلات تنه را که در نتیجه انجام تمرینات ثباتی از کنترل بالاتری برخوردارند [۲۶-۲۸]، بدون ترس از به هم خوردن تعادل و ثبات افزایش دهد [۶، ۲۹].

یافته دیگر این مطالعه، عدم مشاهده تغییرات قابل ملاحظه در تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه دو عضله مایل خارجی و ارکتور اسپاین در گروه آزمایش بود. بررسی این متغیر در این دو عضله، برخلاف عضله عرضی شکم/مایل داخلی تغییرات معنی‌داری را بین دو گروه نشان نداد. این امر می‌تواند ناشی از عدم مشاهده تفاوت بین تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه این دو عضله در گروه بیماران مورد مطالعه در این تحقیق با افراد سالم باشد. در یک مطالعه اولیه تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی پیش‌بینانه این دو عضله در ۲۱ بیمار مورد بررسی در این مطالعه و ۲۱ فرد سالم که به لحاظ جنسیت، سن و شاخص جرم بدن با بیماران مبتلا به کمر درد جور (Match) شده بودند، مقایسه شد. در بررسی نتایج، کاهش در تغییرپذیری استراتژی‌های وضعیتی عضلات مایل خارجی و ارکتور اسپاین افراد مبتلا به کمر درد مزمن نسبت به افراد سالم مشاهده نشد. بنابراین به نظر می‌رسد تغییرپذیری زمان‌بندی تنظیمات وضعیتی

۶- منابع

- [1] Moseley GL, Nicholas MK, Hodges PW. Does anticipation of back pain predispose to back trouble? *Brain* 2004; 127(Pt 10): 2339-47.
- [2] Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13(4): 361-70.
- [3] Hodges PW, Moseley GL, Gabriellson A, Gandevia SC. Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res* 2003; 151(2): 262-71.
- [4] Moseley GL, Nicholas MK, Hodges PW. Pain differs from non-painful attention-demanding or stressful tasks in its effect on postural control patterns of trunk muscles. *Exp Brain Res* 2004; 156(1): 67-71.
- [5] Leinonen V, Airaksinen M, Taimela S, Kankaanpää M, Kukka A, Koivisto T, Airaksinen O. Low back pain suppresses preparatory and triggered upper-limb activation after sudden upper-limb loading. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32(5): E150-5.

- [6] Moseley GL, Hodges PW. Reduced variability of postural strategy prevents normalization of motor changes induced by back pain: a risk factor for chronic trouble? *Behav Neurosci* 2006; 120(2): 474-6.
- [7] Jacobs JV, Henry SM, Nagle KJ. People with chronic low back pain exhibit decreased variability in the timing of their anticipatory postural adjustments. *Behav Neurosci* 2009; 123(2): 455-8.
- [8] Hall L, Tsao H, MacDonald D, Coppieters M, Hodges PW. Immediate effects of co-contraction training on motor control of the trunk muscles in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2007; 19(5): 763-73.
- [9] George SZ, Fritz JM, McNeil DW. Fear-avoidance beliefs as measured by the fear-avoidance beliefs questionnaire: change in fear-avoidance beliefs questionnaire is predictive of change in self-report of disability and pain intensity for patients with acute low back pain. *Clin J Pain* 2006; 22(2): 197-203.
- [10] Marshall P, Murphy B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13(5): 477-89.
- [11] Staude G, Flachenecker C, Daumer M, Wolf W. Onset detection in surface electromyographic signals: a systematic comparison of methods. *J Appl Sig Proc* 2001; 2: 67-81.
- [12] Bouisset S, Do MC. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiol Clin* 2008; 38(6): 345-62.
- [13] Aruin A. The organization of anticipatory postural adjustment. *J Automat Cont* 2002; 12: 31-7.
- [14] Allison GT, Henry SM. The influence of fatigue on trunk muscle responses to sudden arm movements, a pilot study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002; 17(5): 414-7.
- [15] Vuillerme N, Nougier V, Teasdale N. Effects of lower limbs muscular fatigue on anticipatory postural adjustments during arm motions in humans. *J Sports Med Phys Fitness* 2002; 42(3): 289-94.
- [16] Luoto S, Taimela S, Hurri H, Aalto H, Pyykkö I, Alaranta H. Psychomotor speed and postural control in chronic low back pain patients A controlled follow-up study. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996; 21(22): 2621-7.
- [17] Patla AE, Ishac MG, Winter DA. Anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control. *Exp Brain Res* 2002; 143(3): 318-27.
- [18] Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Failure to use movement in postural strategies leads to increased spinal displacement in low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32(19): E537-43.
- [19] Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord* 1992; 5(4): 383-9.
- [20] van Dieën JH, Selen LP, Cholewicki J. Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13(4): 333-51.
- [21] MacDonald D, Moseley GL, Hodges PW. Why do some patients keep hurting their back?

- Evidence of ongoing back muscle dysfunction during remission from recurrent back pain. *Pain* 2009; 142(3): 183-8.
- [22] Leinonen V, Kankaanpää M, Luukkonen M, Kansanen M, Hänninen O, Airaksinen O, Taimela S. Lumbar paraspinal muscle function, perception of lumbar position, and postural control in disc herniation-related back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 2003; 28(8): 842-8.
- [23] Hodges PW, Richardson CA. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neurosci Lett* 1999; 265(2): 91-4.
- [24] Moseley GL, Hodges PW. Are changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *Clin J Pain* 2005; 21(4): 323-9.
- [25] Stergiou N. *Innovative Analyses of Human Movement*. 1ST ed, North America: Human Kinetics, 2004; p: 34-6.
- [26] Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2008; 18(4): 559-67.
- [27] Richardson C, Hodges PW, Hides J. *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain*. London: Churchill Livingstone, 2004; p: 176-8.
- [28] Kronshage U, Kroener-Herwing B, Pflingsten M. Kinesiophobia in Chronic Low Back Pain Patients-Does the Startle Paradigm Support the Hypothesis? *Int J Behav Med* 2001; 8(4): 304-18.
- [29] Lamoth CJ, Daffertshofer A, Meijer OG, Beek PJ. How do persons with chronic low back pain speed up and slow down? Trunk-pelvis coordination and lumbar erector spinae activity during gait. *Gait Posture* 2006; 23(2): 230-9.