

بررسی ارتباط میان شاخص‌های سونوگرافی و الکترومیوگرافی عضلات شکم در مانور گود کردن شکم در افراد سالم و مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی

ناهید طحان^۱، امیر مسعود عرب^{۲*}، نورالدین کریمی^۱

چکیده

هدف: هدف از این مطالعه بررسی ارتباط میان شاخص‌های سونوگرافی و الکترومیوگرافی عضلات شکم حین مانور انقباضی گود کردن عضلات شکم در افراد سالم و مبتلا به کمردرد مزمن می‌باشد.

روش بررسی: ضخامت عضلات عرضی شکم، مورب داخلی و مورب خارجی در سمت راست توسط ثبت همزمان سونوگرافی و الکترومیوگرافی در ۱۵ فرد سالم و ۱۵ فرد مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی ارزیابی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ارتباط قوی و معنی‌دار آماری میان شدت فعالیت عضلات شکم در الکترومیوگرافی و افزایش ضخامت عضله در سونوگرافی در مانور انقباضی گود کردن شکم وجود ندارد. ضریب همبستگی میان تغییرات ضخامت و حداکثر شدت فعالیت برای عضله عرضی شکم در افراد سالم ۰/۲۷ و برای افراد کمردردی ۰/۱۱ می‌باشد. این همبستگی برای عضلات مورب داخلی ۰/۱۷ و ۰/۰۸ و برای مورب خارجی ۰/۱۷ و ۰/۰۷ به ترتیب در افراد سالم و کمردردی ثبت گردید.

نتیجه‌گیری: ارتباط معنی‌داری میان شاخص‌های الکترومیوگرافی و التراسونوگرافی عضلات شکم در انقباض گود کردن عضلات شکم وجود ندارد.

کلید واژه‌ها: عضلات شکم، الکترومیوگرافی، التراسونوگرافی، عضلات کف لگن

۱- دکتری فیزیوتراپی، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، مربی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۲- دکتری فیزیوتراپی، استادیار دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

دریافت مقاله: ۹۰/۱۱/۶

پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۲۷

* آدرس نویسنده مسئول:

تهران، ولنجک، بلوار دانشجو، خیابان کودکیار، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، گروه آموزشی فیزیوتراپی
* تلفن: ۰۲۱-۲۲۱۸۰۰۳۹

* رایانامه:

arabloo_masoud@hotmail.com



مقدمه

کمردرد یکی از مهمترین مشکلات اجتماعی - اقتصادی در جوامع بشری است به طوری که بیش از ۷۰ تا ۸۰٪ افراد حداقل یکبار در زندگی کمردرد را تجربه می‌نمایند (۱).

هر چند که مکانیزم اصلی کمردرد شناخته نشده است اما شواهد زیادی وجود دارد که تأییدی بر نظریه پنجابی^۱ است که کمردرد ناشی از کاهش کنترل سگمانی در ستون فقرات و اختلال در عملکرد عضلات ثبات دهنده ستوت فقرات می‌باشد (۲-۴).

مطالعات نشان می‌دهد که عضلات عمقی تنه (مولتی فیدوس، عضلات عمقی شکم و کف لگن) نقش مهمی را در ایجاد ثبات در ناحیه کمری - لگنی دارند (۵، ۶). در گروه عضلات عمقی شکم، عضله عرضی شکم، عمقی ترین عضله این ناحیه بوده و به عنوان ثبات دهنده اولیه محسوب می‌شود (۶). عضلات کف لگن علاوه بر کنترل ادرار و ساپورت احشاء شکمی با عضلات عمقی تنه و شکم وارد عمل شده و کمک به ایجاد ثبات در ناحیه کمری - لگنی می‌نمایند (۷، ۸). اختلالات عملکرد عضلات فوق به صورت تغییر الگوی فعالیت عضلات تنه و همچنین تاخیر در شروع فعالیت عضله عرضی شکم گزارش گردیده است (۹، ۱۰).

سونوگرافی و الکترومیوگرافی از روش‌های تشخیصی دارای اعتبار بالا در تحقیقات توانبخشی می‌باشند (۱۱، ۱۲). ارزش سونوگرافی به این است که به آزمونگر اجازه می‌دهد که به طور مستقیم عضلات را در هر لحظه مورد بررسی قرار دهد. در حیطه فیزیوتراپی تغییر در اندازه ضخامت عضلات شکم به عنوان یک معیار معتبر و قابل قبول جهت سنجش فعالیت عضلات شکمی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۳-۱۵).

مطالعات اندکی به منظور بررسی ارتباط میان ضخامت عضله در سونوگرافی و فعالیت الکتریکی عضله در الکترومیوگرافی و در حجم نمونه اندک صورت گرفته است و نتایج متناقضی نیز گزارش گردیده است. به عنوان مثال مک میکن^۲ و همکاران (۲۰۰۴) ارتباط خطی معنی‌داری را میان افزایش فعالیت الکتریکی عضله با افزایش ضخامت عضله گزارش نمودند (۱۶). در حالی که براون^۳ و همکاران (۲۰۱۰) ارتباطی میان افزایش فعالیت عضله در الکترومیوگرافی با افزایش ضخامت عضله در سونوگرافی مشاهده نمودند (۱۷). یکی از علل تفاوت در یافته‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در سطح انقباض عضلانی گرفته شده در مطالعات مختلف باشد. با توجه به اینکه اضافه شدن انقباض عضلات سینیژی به یک گروه از عضلات ممکن است باعث تغییر سطح فعالیت انقباضی آن گروه عضله خاص گردد به نظر می‌رسد بررسی ارتباط سیگنال‌ها در سطوح مختلف انقباض

عضلات شکم از جمله در شرایط با و بدون انقباض عضلات کف لگن می‌تواند اطلاعات کاملتری در زمینه ارتباط سیگنال‌های الکترومیوگرافی و شاخص‌های سونوگرافی به ما بدهد. لذا هدف از مطالعه فوق بررسی ارتباط میان شاخص‌های تغییر ضخامت عضلات شکم در سونوگرافی و حداکثر شدت فعالیت الکتریکی عضلات شکم در الکترومیوگرافی، طی انجام مانور گود کردن شکم می‌باشد.

روش بررسی

جامعه آماری و نمونه‌های مورد بررسی: ۱۵ فرد مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی و ۱۵ فرد سالم در دامنه سنی ۲۲-۴۵ سال در این تحقیق شرکت داشتند. افراد مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی در هنگام انجام تحقیق باید یا سابقه کمردرد مداوم بیشتر از هشت هفته را داشته باشد و یا در طول یک سال گذشته قبل از انجام تحقیق حداقل سه بار به طور متناوب دچار کمردرد شده باشد. افراد سالم در هنگام تحقیق نباید هیچگونه کمردردی در طول یک سال گذشته داشته باشد. اطلاعات مربوط به مشخصات فردی نمونه‌ها در جدول ۱ آورده شده است. در صورت وجود سابقه شکستگی ستون فقرات، لگن و اندام تحتانی، سابقه هر گونه جراحی در ناحیه ستون فقرات، سابقه بیماری‌های عصبی - عضلانی، فتق دیسک بین مهره‌ای حاد در ناحیه کمری بر اساس MRI بیمار، اختلال در کنترل ادرار فرد از نمونه‌ها حذف می‌شد.

نحوه انجام سونوگرافی: ارزیابی سونوگرافیک با استفاده از دستگاه اولترا سونوگرافی با مشخصات (7.5MHz linear array transducer (Ultrasonix-E500 ساخت کشور کانادا با اپلیکاتور نوع B صورت گرفت. در ارزیابی سونوگرافیک، تغییر ضخامت سه عضله مایل داخلی، مایل خارجی و عرضی شکمی در حین انقباض، در مانور گود کردن در سمت راست اندازه‌گیری شد. برای عضله عرضی شکم، مایل داخلی و مایل خارجی ابتدا بر روی خط میانی آگزیلاری نقطه وسط فاصله‌ای که بین لبه ستیغ ایلیاک و آخرین دنده را مشخص کرده و ۲/۵ سانتیمتر بطرف جلو آمده در این نقطه که هر سه عضله عرضی شکم، مایل داخلی و مایل خارجی قابل مشاهده است (۱۶، ۱۸-۱۹)، از عضلات سونوگرافی بعمل می‌آید. پروب دستگاه را آغشته به ژل نموده و موازی با فیبرهای عضلانی در نقاط تعیین شده، بصورت عمودی قرار داده می‌شد و سعی می‌شد تا بدون اعمال فشار و بطور مماس بر سطح پوست سونوگرافی انجام شود. در صورت وضوح تصویر، آن را ثابت نموده و با کالیپر دستگاه

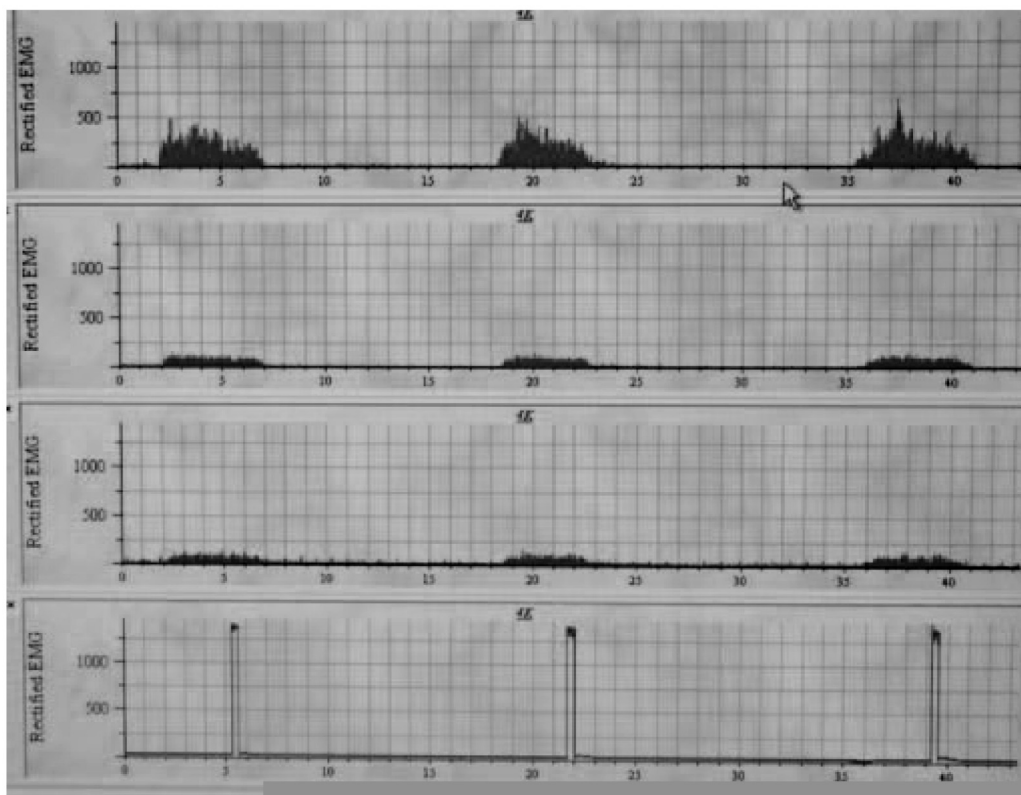


جدول ۱- شاخص‌های توصیفی مشخصات فردی دو گروه سالم و مبتلا به کمردرد

متغیر	گروه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس
سن (سال)	سالم	۱۸	۳۲	۲۳/۹	۳/۵	۱۲/۶
	کمردردی	۱۸	۴۲	۲۵/۸	۶/۲	۳۹/۱
وزن (کیلوگرم)	سالم	۵۰	۷۶	۵۷/۲	۸/۱	۶۵/۹
	کمردردی	۴۹	۸۲	۶۲	۹/۸	۹۳
قد (سانتیمتر)	سالم	۱۵۴	۱۸۳	۱/۶۵	۹	۸۲/۸
	کمردردی	۱۵۵	۱۸۵	۱۶۵	۷/۸	۶۱
BMI (کیلوگرم / مترمربع)	سالم	۱۸/۶	۲۳/۴	۲۰/۸	۱/۲	۱/۵
	کمردردی	۱۶/۶	۲۸	۲۲	۳/۸	۱۴/۴

توسط سیستم طراحی شده فوق بر روی صفحه نمایشگر دستگاه الکترومیوگرافی فرستاده می‌شد (شکل ۱). نحوه انجام مانور گود کردن شکم: مانور گود کردن شکم یک انقباض اختصاصی از عضلات عمقی شکم شامل عضله عرضی شکم و مایل داخلی است (۲۰، ۲۱). جهت انجام این مانور فرد در حالت طاقباز یا زانوهای خم^۲ قرار می‌گرفت. از فرد خواسته می‌شود پس از یک دم و بازدم در انتهای بازدم قسمت تحتانی شکم را در زیر ناف به صورت خیلی ملایم و آرام به سمت داخل ببرد بدون اینکه هیچ حرکتی در ناحیه فوقانی شکم، ستون فقرات و لگن انجام شود. از دستگاه بیوفیدبک فشاری برای کنترل کردن انقباض عضلات شکم در طی این مانور استفاده شد (۲۳). دستگاه بیوفیدبک فشاری بین اولین مهره کمری و دومین مهره ساکرال قرار داده می‌شد و عقربه نشان دهنده فشار بر روی ۴۰ میلی‌متر جیوه تنظیم می‌شد افراد با استفاده از فیدبک بینایی عقربه دستگاه میزان انقباض را کنترل می‌نمودند به طوری که در طی انجام مانور گود کردن شکم افزایش فشار دستگاه بیوفیدبک نباید از ۱۰ میلی‌متر جیوه بیشتر می‌شد (۲۰، ۲۴-۲۵). در طی انجام آزمونها عقربه دستگاه بیوفیدبک فشاری به گونه‌ای قرار می‌گرفت که در معرض دید آزمودنی و آزمونگر قرار گیرد تا آزمونگر بتواند انقباض صحیح عضلات شکم را در طی مانور گود کردن شکم با آن کنترل نماید. ثبت سونوگرافی عضلات شکم توسط محقق اصلی طرح انجام می‌شد و تنظیمات مربوط به الکترومیوگرافی توسط همکار طرح انجام می‌شد.

ضخامت عضله در فاصله لبه داخلی فاسیای بیرونی و درونی مشخص می‌گردد. فاصله در قسمت میانی طبق مقیاس تصویر علامت گذاری و اندازه‌گیری می‌شد. ضخامت عضلات شکم ابتدا در وضعیت استراحت و پس از آن با انجام مانور گود کردن اندازه‌گیری شد. نحوه انجام الکترومیوگرافی: ارزیابی الکترومیوگرافی با استفاده از دستگاه Myo dat/MIE و الکترودهای سطحی انجام گرفت. سیگنالهای الکترومیوگرافی از عضلات مورب داخلی، مورب خارجی و عرضی شکم در سمت راست ثبت شد. ابتدا برای کاهش دادن مقاومت پوست، محل الکتروود گذاری توسط الکل پاک می‌شد و در صورت لزوم موی ناحیه تراشیده می‌شد. برای عضلات عرضی شکم و مورب داخلی، الکتروود ۲ سانتی متر در جهت داخل و پایین به ASIS در سمت راست قرار داده شد. برای عضله مورب خارجی، الکتروود بالای ASIS در وسط خطی که کمرست ایلیوم را به دنده‌ها وصل می‌کند در سمت راست قرار داده شد (۲۰). فرکانس نمونه‌گیری^۱ جهت ثبت سیگنالها ۱۰۰۰ هرتز و فیلترینگ ۶-۵۰۰ هرتز در نظر گرفته شد. در این تحقیق ثبت فعالیت عضلات شکم با دو دستگاه سونوگرافی و الکترومیوگرافی به صورت همزمان^۲ انجام شد بدین منظور از یک قطعه سخت افزاری الکترونیکی که به عنوان یک سیستم تریگر عمل می‌نمود استفاده شد. نحوه ثبت اطلاعات به این گونه بود که در لحظه ثبت میزان ضخامت عضلات شکم در صفحه نمایشگر دستگاه سونوگرافی یک سیگنال الکتریکی



شکل ۱- موج ثبت شده از انقباض عضلات عرضی شکم (A)، مورب داخلی (B) و مورب خارجی (C) - ثبت تریگر (D).

تغییر ضخامت تقسیم بر ضخامت استراحت به عنوان شاخص ضخامت نرمالیزه شده جهت آنالیز آماری استفاده می‌شد. طریقه استخراج داده‌های الکترومیوگرافی به این صورت بود که زمان تقریبی تریگر در هر انقباض در کانال ۴ مشخص می‌شد و میانگین شدت فعالیت در این زمان محاسبه می‌شد به این دلیل که فرد ۳ انقباض را در هر تست انجام می‌داد میانگین شدت فعالیت به دست آمده از هر سه انقباض محاسبه به عنوان شاخص فعالیت الکتریکی عضله در هر انقباض ثبت می‌شد در نهایت شدت فعالیت بدست آمده برای هر عضله نرمال شده و جهت آنالیز آماری استفاده می‌شد.

آنالیز آماری اطلاعات: از آزمون ضریب همبستگی پیرسون به منظور بررسی ارتباط میان شاخص‌های تغییر ضخامت بدست آمده از سونوگرافی و حداکثر شدت فعالیت الکترومیوگرافی عضلات شکمی در حین مانور گودکردن شکم استفاده شد.

یافته‌ها

مقادیر میانگین و انحراف معیار، متغیرهای تغییر ضخامت و ضخامت نرمال شده سونوگرافی عضلات شکم در افراد سالم و کمردرد در جدول ۲ نشان داده شده است. در جدول ۳ شاخص‌های توصیفی مقادیر شدت فعالیت نرمال شده عضلات

ثبت همزمان سونوگرافی و الکترومیوگرافی و آنالیز داده‌ها: همانگونه که قبلاً ذکر گردید در این تحقیق به منظور ثبت فعالیت عضلات شکم توسط دو دستگاه سونوگرافی و الکترومیوگرافی به صورت همزمان از یک قطعه سخت افزاری الکترونیکی که به عنوان یک سیستم تریگر عمل می‌نمود استفاده شد. روش کار به این ترتیب بود که پس از آماده سازی بیمار قسمت حساس سیستم تریگر توسط چسب مخصوص به دکمه فریز کننده تصویر دستگاه اولترا سونوگرافی متصل می‌شد و هر زمان که آزمونگر اقدام به ثبت تصاویر سونوگرافی می‌نمود با فشار دادن دکمه فریز تصویر، همزمان سیگنال الکتریکی در کانال شماره ۴ دستگاه الکترومیوگرافی ثبت می‌شد.

نحوه ثبت اطلاعات به این صورت بود که از آزمونی خواسته می‌شد که با شمارش آزمونگر از عدد ۱۰۰۱ انقباض را شروع نماید و تا شماره ۱۰۰۴ که توسط آزمونگر ادا می‌شد انقباض را ادامه دهد. در شماره ۱۰۰۳ دکمه تریگر زده می‌شد و تصویر سونوگرافی فریز می‌شد. ضخامت عضله در هر تصویر ثبت می‌شد. فرد ۳ انقباض عضلانی را در مانور انجام می‌داد و میانگین اعداد بدست آمده از این ۳ انقباض به عنوان میانگین ضخامت عضله برای هر عضله ثبت می‌شد. میانگین ضخامت عضله منهای ضخامت استراحت به عنوان شاخص تغییر ضخامت و



شکم در افراد سالم و کمردرد نشان داده شده است. آزمون همبستگی برای متغیرهای تغییر ضخامت سونوگرافی و شدت فعالیت نرمال شده شده الکترومیوگرافی انجام گردید که نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. با توجه به جداول ذیل مشاهده می‌شود که در افراد سالم و کمردردی ارتباط خطی معنی‌دار آماری میان متغیرهای تغییر ضخامت و ضخامت نرمال شده سونوگرافی و شدت فعالیت نرمال شده الکترومیوگرافی عضلات شکمی طی مانورهای گود کردن شکمی مشاهده نمی‌گردد.

جدول ۲- شاخص‌های توصیفی مقادیر سونوگرافی عضلات شکم در مانور گودکردن شکم در افراد سالم و کمردرد

عضله	کمردرد		سالم	
	میانگین \pm انحراف معیار		میانگین \pm انحراف معیار	
	تغییر ضخامت	درصد تغییر ضخامت	تغییر ضخامت	درصد تغییر ضخامت
عرضی شکم	$2/3 \pm 1/7$	$0/73 \pm 0/05$	$2/38 \pm 1/70$	$0/59 \pm 0/40$
مایل داخلی	$1/6 \pm 1/3$	$0/27 \pm 0/20$	$1/5 \pm 1/3$	$0/23 \pm 0/10$
مایل خارجی	$0/63 \pm 1$	$0/20 \pm 0/12$	$-0/17 \pm 0/70$	$-0/01 \pm 0/1$

جدول ۳- شاخص‌های توصیفی مقادیر الکترومیوگرافی عضلات شکم در مانور گودکردن شکم در افراد سالم و کمردرد

عضله	کمردرد	سالم
	میانگین \pm انحراف معیار	میانگین \pm انحراف معیار
عرضی شکم	$0/11 \pm 0/10$	$0/13 \pm 0/10$
مایل داخلی	$0/06 \pm 0/07$	$0/06 \pm 0/03$
مایل خارجی	$0/09 \pm 0/07$	$0/09 \pm 0/09$

جدول ۴- مقادیر ضریب همبستگی سطح معنی‌داری متغیرهای، تغییر ضخامت سونوگرافی و شدت فعالیت نرمال شده الکترومیوگرافی عضلات شکم طی مانور گودکردن شکم در افراد سالم و کمردردی

عضله	کمردرد		سالم	
	سطح معناداری	ضریب همبستگی	سطح معناداری	ضریب همبستگی
عرضی شکم	0/11	0/68	0/27	0/31
مایل داخلی	0/08	0/77	0/17	0/52
مایل خارجی	0/07	0/78	0/17	0/53

و سونوگرافی مورد بررسی قرار گرفته است با این وجود در تحقیقات انجام شده قبلی ارتباط میان شاخصهای الکترومیوگرافی و سونوگرافی صرفاً در انقباض عضلات شکم به تنهایی در طی انجام مانور گود کردن با سطح انقباض پایین صورت گرفته است و یا انقباض ایزومتریک عضلات بررسی شده است. مطالعات متعددی به بررسی تکرارپذیری و اعتبار اندازه‌گیری‌های انجام

بحث

چنانچه ذکر شد هدف از انجام این آزمون ضریب همبستگی بررسی ارتباط میان شاخصهای الکترومیوگرافی و سونوگرافی عضلات شکم در وضعیت‌های با و بدون انقباض عضلات کف لگن در افراد سالم و مبتلا به کمردرد مزمن بود. اگرچه در برخی تحقیقات میزان همبستگی بین سیگنالهای الکترومیوگرافی



در سطوح انقباضی قوی و متوسط قادر به این کار نیست (۱۴). به عبارت دیگر آنها در سطوح انقباضی پایین ارتباط قابل توجه ما بین شاخصهای الکترومیوگرافی و افزایش ضخامت عضله در سونوگرافی مشاهده کردند اما در سطوح انقباضی قوی و متوسط چنین ارتباطی را مشاهده نکردند. لذا شاید دلیل این اختلاف نتایج، تفاوت در سطح انقباض عضلات در دو مطالعه باشد. چرا که در این تحقیق از فرد خواسته می‌شد که حداکثر انقباض را انجام دهد. یکی از نکات بارز تحقیق حاضر آن است که ارتباط سیگنالهای الکترومیوگرافی و سونوگرافی عضلات شکم را همراه و بدون انقباض همزمان عضلات کف لگن نیز مورد بررسی قرار داده ایم چراکه حدس زده می‌شد ممکن است سطح فعالیت عضلات شکم با اضافه کردن عضلات کف لگن دستخوش تغییرات شود. اما مشاهده نمودیم که افزودن انقباض عضلات کف لگن به انقباضات شکم نیز شاخص ضریب همبستگی را بهبود بخشید. نکته حائز اهمیت دیگر در مقایسه تحقیق حاضر با تحقیقات مشابه، تفاوت در تعداد نمونه‌های مورد بررسی است. در تمام مطالعاتی که به بررسی ارتباط شاخصهای سونوگرافی و الکترومیوگرافی پرداخته‌اند حجم نمونه اندک بوده است. لذا با توجه به تفاوت حجم نمونه این تحقیق با تحقیقات مشابه شاید بتوان به نتیجه تحقیق حاضر بیشتر اعتماد کرد.

نتیجه گیری

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد ارتباط معنی داری میان شاخص‌های الکترومیوگرافی و التراسونوگرافی عضلات شکم در انقباض گودکردن عضلات شکم در هر دو گروه افراد سالم و بیماران مبتلا به کمردرد مزمن غیر اختصاصی وجود ندارد.

شده توسط سونوگرافی در مقایسه با الکترومیوگرافی، MRI و سی تی اسکن پرداخته‌اند (۱۶، ۱۷، ۲۷). مک میکن و همکاران (۲۰۰۴) گزارش نمودند که تغییرات ضخامت عضله در سونوگرافی با تغییرات شدت فعالیت عضله در الکترومیوگرافی کاملاً منطبق است (۱۶). وسلجن^۱ و همکاران (۲۰۰۹) به منظور مقایسه شروع^۲ فعالیت عضله توسط الکترومیوگرافی و شروع تغییرات در ضخامت عضله با بررسی شاخص‌های فوق در ۱۰ فرد سالم گزارش نمودند که شروع فعالیت الکترومیوگرافی در عضلات مورب داخلی و عرضی شکم زودتر از شروع تغییرات در ضخامت عضله در سونوگرافی است در حالی که در عضله مورب خارجی شروع فعالیت الکترومیوگرافی دیرتر از شروع تغییرات در سونوگرافی رخ می‌دهد [۲۸]. براون و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای که به منظور مقایسه شاخصهای الکترومیوگرافی و سونوگرافی در ۵ فرد سالم انجام دادند گزارش نمودند که ارتباطی میان افزایش شدت فعالیت عضله در الکترومیوگرافی و افزایش ضخامت عضله در سونوگرافی وجود ندارد (۱۷). چنانچه ذکر شد این اولین تحقیقی است که بطور جامع به بررسی ارتباط سیگنالهای الکترومیوگرافی و سونوگرافی عضلات شکم با و بدون انقباض همزمان عضلات کف لگن در حین دو مانور گودکردن و سفت کردن شکم در دو گروه افراد سالم و مبتلا به کمردرد پرداخته است یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج براون و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت و همخوانی دارد اما با نتایج تحقیق مک کین مخالف است. هاجز^۳ و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه خود که به منظور بررسی توانایی سونوگرافی در تخمین فعالیت عضله انجام شد گزارش نمودند که سونوگرافی قادر به تخمین فعالیت عضله در سطوح انقباضی پایین است اما

منابع:

- Jin, K., G.S. Sorock, and T.K. Courtney, Prevalence of low back pain in three occupational groups in Shanghai, People's Republic of China. *Journal of Safety Research*, 35(1): p. 23-28.
- Cholewicki, J. and S. McGill, Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clinical Biomechanics*, 1996. 11(1): p. 1-15.
- Panjabi, M., et al., Spinal stability and intersegmental muscle forces: a biomechanical model. *Spine*, 1989. 14(2): p. 194.
- Panjabi, M.M., et al., On the understanding of clinical instability. *Spine*, 1994. 19(23): p. 2642.
- Richardson, C., et al., Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach. 1999: Churchill Livingstone.
- Richardson, C.A., et al., The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*, 2002. 27(4): p. 399.
- Richardson, C., P. Hodges, and J. Hides, Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. 2004: Churchill Livingstone New York.
- Sapsford, R., Rehabilitation of pelvic floor muscles utilizing trunk stabilization. *Manual therapy*, 2004. 9(1): p. 3-12.
- Hodges, P., Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual therapy*, 1999. 4(2): p. 74-86.
- Hodges, P.W. and C.A. Richardson, Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 1998. 11(1): p. 46.
- Costa LO, et al., An investigation of the reproducibility of ultrasound measures of abdominal muscle activation in patients with chronic non-specific low back pain. *Eur Spine J*, 2009. 18: p. 1059-1065.
- Geisser, M.E., et al., A meta-analytic review of surface electromyography among persons with low back pain and normal, healthy controls. *The journal of pain*, 2005. 6(11): p. 711-726.
- Ferreira, P.H., M.L. Ferreira, and P.W. Hodges, Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*, 2004. 29(22): p. 2560.
- Hodges, P., et al., Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle & nerve*, 2003. 27(6): p. 682-692.
- Misuri, G., et al., In vivo ultrasound assessment of respiratory function



- of abdominal muscles in normal subjects. *Eur Respir J* 1997. 10: p. 2861-2867.
16. McMeeken, J., et al., The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clinical Biomechanics*, 2004. 19(4): p. 337-342.
17. Brown, S.H.M. and S.M. McGill, A comparison of ultrasound and electromyography measures of force and activation to examine the mechanics of abdominal wall contraction *Clinical Biomechanics*, 2010. 25(2): p. 115-123
18. Ainscough-Potts, A.M., M.C. Morrissey, and D. Critchley, The response of the transverse abdominis and internal oblique muscles to different postures. *Manual therapy*, 2006. 11(1): p. 54-60.
19. Strohl KP, et al., Regional differences in abdominal muscle activity during various manoeuvres in humans. *Journal of Applied Physiology*, 1981. 51: p. 1471-8.
20. Allison, G., P. Godfrey, and G. Robinson, EMG signal amplitude assessment during abdominal bracing and hollowing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 1998. 8(1): p. 51-57.
21. Grenier, S.G. and S.M. McGill, Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 2007. 88(1): p. 54-62.
22. Slosberg, M., *Core Stabilization Strategies: Abdominal Hollowing vs. Bracing*. *Dynamic Chiropractic* 2009. 27(21).
23. Cairns, M.C., K. Harrison, and C. Wright, Pressure Biofeedback: A useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction? *Physiotherapy*, 2000. 86(3): p. 127-138.
24. Beith, I., R. Synnott, and S. Newman, Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions* 1. *Manual therapy*, 2001. 6(2): p. 82-87.
25. Jull, G.A. and C.A. Richardson, Motor control problems in patients with spinal pain: a new direction for therapeutic exercise. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 2000. 23(2): p. 115-117.
26. Arab, A.M., et al., Assessment of pelvic floor muscle function in women with and without low back pain using transabdominal ultrasound. *Manual therapy*, 2010. 15(3): p. 235-239.
27. Vasseljen, O., et al., Muscle activity onset in the lumbar multifidus muscle recorded simultaneously by ultrasound imaging and intramuscular electromyography. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2006. 21: p. 905-913.
28. Vasseljen, O., et al., Muscle activity onset in the lumbar multifidus muscle recorded simultaneously by ultrasound imaging and intramuscular electromyography. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2006. 21: p. 905-913.