

## The investigation of reliability and validity of ultrasonography in measurement of fascicle length, fascicle angle, and thickness of skeletal muscle during contraction: A systematic review

Farzaneh Norouzi Nejad<sup>1</sup>, Seyad Majid Hosseini<sup>2</sup>, Asghar Rezasoltani<sup>\*3</sup>

<sup>1</sup> Students' Research office, MSc Student in physiotherapy, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Teran, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Physiotherapy Department, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Teran, Iran

<sup>3</sup> Professor, Physiotherapy Department, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Teran, Iran

**Received: 2015.August.11    Revised: 2015.November.13    Accepted: 2015.December.22**

### ABSTRACT

**Background and Aim:** In the recent years, ultrasonography has widely been used to measure skeletal muscle architecture parameters such as fascicle length, fascicle angle, and muscle thickness, that provide an opportunity to be able to objectively estimate muscle force production capacity in biomechanical and biophysiological researches. The current review article aimed to systematically review the investigations of reliability and validity of ultrasonography in measurement of muscle structure parameters during isometric and isotonic contractions in the existing studies.

**Materials and Methods:** A literature review was conducted on studies published between 1995-2014 in PubMed, ScienceDirect, Scopus, Google scholar, and Springer Link databases. The following terms were used as key words: Ultrasonography, muscle architecture, reliability, validity, fascicle length, and contraction.

**Result:** A total of 109 articles were obtained from which 40 were chosen based on their titles. After studying the abstracts and full texts, 28 were considered to be congruent with the inclusion criteria. Several statistics were run to quantify reliability and validity (CMC, ICC, r, CV, SEM, criterion, and contract validity). The majority of studies reported high reliability estimates (0.75-0.99). In one case, ICC of 0.06 was reported for dynamic activity. Evidence of validity of ultrasonography for measuring muscle structure features during contraction was obtained from 7 articles and it was revealed that ultrasonography has high to very high consistency.

**Conclusion:** Review shows that ultrasonography is a reliable and valid method to measure the changes of skeletal muscle structure during contraction in healthy people and patients.

**Key words:** Ultrasonography, Muscle Architecture, Reliability, Validity, Fascicle Length, Contraction

**Cite this article as:** Farzaneh Norouzi Nejad, Seyad Majid Hosseini, Asghar Rezasoltani. The investigation of reliability and validity of ultrasonography in measurement of fascicle length, fascicle angle and thickness of skeletal muscle during contraction: A systematic review. *J Rehab Med.* 2016; 5(1):209-223.

\* Corresponding Author: Asghar Rezasoltani. Professor, Physiotherapy Department, School of Rehabilitation, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Teran, Iran  
E-mail address: arezasoltani@yahoo.com

## بررسی تکرار پذیری و اعتبارسنجی روش اولتراسونوگرافی در اندازه گیری طول وزاویه ی فاسیکل و ضخامت عضلات اسکلتی حین انقباض: مرور سیستماتیک

فرزانه نوروزی نژاد<sup>۱</sup>، سید مجید حسینی<sup>۲</sup>، اصغر رضاسلطانی<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> دفتر تحقیقات و فن آوری دانشجویان، دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> استادیار، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
<sup>۳</sup> استاد، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

\* دریافت مقاله ۱۳۹۴/۵/۲۰ پذیرش مقاله ۱۳۹۴/۱۰/۱

### مقدمه و اهداف

در سالهای اخیر، در تحقیقات بیومکانیکی و بیوفیزیولوژیکی از اولتراسونوگرافی به شکل گسترده ای برای اندازه گیری تغییرات مولفه های ساختاری عضله اسکلتی همانند طول و زاویه فاسیکل و ضخامت عضله بمنظور تخمین میزان نیروی عضله استفاده شده است. در این مطالعه مروری سعی گردیده است که بشکل نظام مند به بررسی وجود تکرارپذیری و اعتبارسنجی روش اولتراسونوگرافی در ارزیابی مولفه های ساختاری عضله اسکلتی انسان حین انقباض پرداخته شود.

### مواد و روش ها

در این مرور، جستجوی مطالعات انجام شده در فاصله زمانی سالهای ۱۹۹۵ تا آگوست ۲۰۱۴ در پایگاه های اطلاعاتی اینترنتی Pubmed, Google Scholar, Springer, ProQuest Ovid و CINAHL انجام شد. کلید واژگان Fascicle Angle, Muscle structure, Validity, Reliability انجام شد. برای جستجو مورد استفاده قرار گرفت.

### یافته ها

با استفاده از واژه های کلیدی بالا و پس از حذف مقالات تکراری، ۱۰۹ مقاله به دست آمد و پس از بررسی عنوان مقالات ۴۰ مقاله انتخاب شد که پس از بررسی چکیده و متن مقالات و نتایج حاصل از آنها، ۲۸ مقاله همه متن که دارای معیارهای ورود بودند در جداول مجزا ارائه شدند. شاخص های آماری مورد استفاده در مقالات همانند مقادیر  $r$ ،  $ICC$ ،  $CV$ ،  $SEM$  در کلیه مطالعات بررسی شد. تکرار پذیری روش اولتراسونوگرافی در مورد تخمین تغییرات ساختار عضله، زاویه فاسیکل بترتیب در ۱۴ و ۸ مقاله بررسی گردید و نتایج شامل تکرارپذیری بالای اولتراسونوگرافی طی انقباضات ایزومتریک و ایزوتونیک ( $ICC=0.75-0.99$ ) بود. در یک مورد تکرارپذیری اولتراسونوگرافی میزان  $ICC=0.6$  بود که مربوط به فعالیت دینامیکی عضله بود. علاوه، مطالعاتی که روش اولتراسونوگرافی را با  $MRI$  یا  $EMG$  مقایسه کرده بودند مورد بررسی قرار گرفتند. اعتبارسنجی روش اولتراسونوگرافی در ۷ مقاله بررسی گردید که مقادیر، سازگاری خوب تا بالای این روش را در به تصویر کشیدن فعالیت ایزومتریک و یا دینامیکی عضلات نشان داد.

### نتیجه گیری

مرور نشان داد که اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر با روایی دلخواه برای ارزیابی پارامترهای معماری مانند طول و زاویه فاسیکل و ضخامت عضله اسکلتی در افراد سالم و دچار اختلال عملکرد در انواع انقباضات در وضعیت های متفاوت می باشد.

### واژه های کلیدی

تکرار پذیری، اعتبارسنجی، ساختار عضله، زاویه فاسیکل، انقباض، اولتراسونوگراف

نویسنده مسئول: اصغر رضا سلطانی، تهران، ابتدای خیابان دماوند، روبروی بیمارستان بوعلی، دانشکده توانبخشی، استاد، گروه فیزیوتراپی  
آدرس الکترونیکی: arezasoltani@yahoo.com

## مقدمه و اهداف

در سال های اخیر، تصویربرداری اولتراسوند و تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) (Magnetic Resonance Imaging) بشكل گسترده برای اندازه گیری فاکتورهای ساختاری همانند طول و زاویه ی فاسیکل و ضخامت عضلات اسکلتی انسان مورد استفاده قرار گرفته است<sup>[۱، ۲]</sup>. این نوع اندازه گیری ها اغلب در مطالعات بیومکانیکی برای تخمین میزان ظرفیت تولید نیرو بکار رفته است<sup>[۳]</sup>. تصویربرداری رزونانس مغناطیسی مزایای متعددی همانند رزولیشن فضایی بالا و توانایی اندازه گیری نواحی بزرگی از عضله را داراست<sup>[۴، ۵]</sup>. با این حال، تصویربرداری رزونانس مغناطیسی گران و زمانبر بوده<sup>[۶]</sup> و در اکثر این دستگاه ها تصویربرداری اغلب تنها در وضعیت های ایستا مانند پوزیشن طاقباز انجام میشود، درحالی که برای اندازه گیری فاکتورهای ساختاری عضله در پوزیشن های دیگر و در حالت فعالیت دینامیک با استفاده از این روش محدودیت های جدی وجود دارد. تصویربرداری اولتراسوند ایمن، ارزان تر، سریع تر و همچنین در دسترس تر میباشد<sup>[۷، ۸]</sup> و بعلاوه اندازه گیری فاکتورهای ساختاری عضله در فعالیت های دینامیک مانند راه رفتن، پریدن و دویدن و اثرات استرچ و یا سرعت های متفاوت بر ساختار بافت علاوه بر فعالیت های استاتیک امکان پذیر میباشد<sup>[۹-۱۱]</sup>، همچنین با وجود نوآوری در تصویربرداری از فاکتورهای ساختاری عضله مانند شیوه Extended field-of-view<sup>[۱۱، ۱۲]</sup> که در آن اندازه گیری فاسیکل های عضلات طویل در شرایط استاتیک<sup>[۱۲]</sup> امکان پذیر میباشد آنرا به ابزاری جذاب در این راستا تبدیل نموده است، علاوه بر آن استفاده از پروب های خطی بزرگ در حین تصویربرداری، مشاهده فاکتورهای ساختاری عضله را در طی فعالیت های عملکردی و دینامیک آسانتر کرده است<sup>[۷، ۸]</sup> و بعلاوه استفاده از نرم افزار های تراکینگ که برای دنبال کردن اجزای ساختاری مورد نظر در تصاویر پشت سر هم استفاده میشود<sup>(۸، ۱۲، ۱۳)</sup> خطای اندازه گیری را کاهش میدهد<sup>[۱۳، ۱۴]</sup>، به این ترتیب، مزیت های بالا، اولتراسونوگرافی را برای اندازه گیری فاکتورهای ساختاری عضله انسان نسبت به تصویربرداری رزونانس مغناطیسی در اولویت قرار میدهد. در مطالعات متعددی تکرار پذیری اولتراسونوگرافی در اندازه گیری طول و زاویه فاسیکل عضلات مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد کمتری از مطالعات به بررسی اعتبارسنجی اولتراسونوگرافی و مقایسه آن با اندازه گیری از طریق MRI یا Electromyography (EMG) پرداخته اند و مطالعاتی که ارتباط سنجی طول و زاویه ی فاسیکل را بطور همزمان با ضخامت عضله انسان در حین انقباض بررسی نمایند بسیار اندک هستند. هدف از این مطالعه مروری نظام مند، بررسی تکرارپذیری و اعتبارسنجی روش اولتراسونوگرافی در مطالعاتی است که به اندازه گیری طول و زاویه فاسیکل عضله حین انقباضات ایزومتریک و ایزوتونیک پرداخته اند. از کلمات کلیدی اولتراسونوگرافی، ساختارعضله، زاویه فاسیکل، ضخامت عضله، تکرارپذیری و انقباض استفاده گردید.

## مواد و روش ها

معیارهای شناسایی، غربالگری و ورود مطالعات:

در این مقاله، تمام مطالعاتی که در آنها به تکرار پذیری یا اعتبارسنجی روش اولتراسونوگرافی عضله اسکلتی (برای بررسی فاکتورهای ساختاری عضله همانند طول و زاویه فاسیکل و ضخامت عضله) در انسان حین انقباضات ایزومتریک و یا طی فعالیتهای دینامیک، پرداخته شده بود جمع آوری و مورد مطالعه قرار گرفتند. تنها مقالاتی که به زبان انگلیسی و فارسی انتشار یافته بودند مورد بررسی قرار گرفت. تکرارپذیری در مطالعات، شامل تکرارپذیری اندازه گیری تصاویر اولتراسونوگرافی، تکرارپذیری اندازه گیری ضخامت عضله و طول و زاویه فاسیکل از تصاویر و تکرار اندازه گیری هایی که توسط همان آزمونگر یا آزمونگر دیگر بودند. بعلاوه آندسته از مطالعاتی که اندازه گیری روش اولتراسونوگرافی را با MRI یا EMG مقایسه نموده بودند نیز مورد بررسی قرار گرفتند. تمام مطالعات از طریق جستجوی الکترونیکی در پایگاه های اطلاعاتی ProQuest, Springer, Ovid, Google Scholar, Pubmed, CINAHL، که در فاصله زمانی سالهای ۱۹۹۵ تا اگوست ۲۰۱۴ به چاپ رسیده بودند جمع آوری شدند.

ترتیب روش جستجو با استفاده از کلمات کلیدی:

۱. تکرارپذیری، اعتبارسنجی، اولتراسونوگرافی ۲. عضله ۳. ساختار عضله ۴. طول فاسیکل ۵. موارد (۳ و ۱) ۶. بدون مطالعه روی حیوانات ۷. تنها به زبان انگلیسی یا فارسی ۸. ضخامت عضله و موارد (۱ و ۴) ۹. انقباض و موارد (۳ و ۵)
- برای بررسی تکرارپذیری و اعتبارسنجی روش اولتراسونوگرافی، محاسبات آماری زیر در مطالعات مورد بررسی قرار گرفت:

Coefficient of Multiple Correlation (CMC)

Interclass Correlation Coefficient (ICC)

Pearson Correlation Coefficient (r)

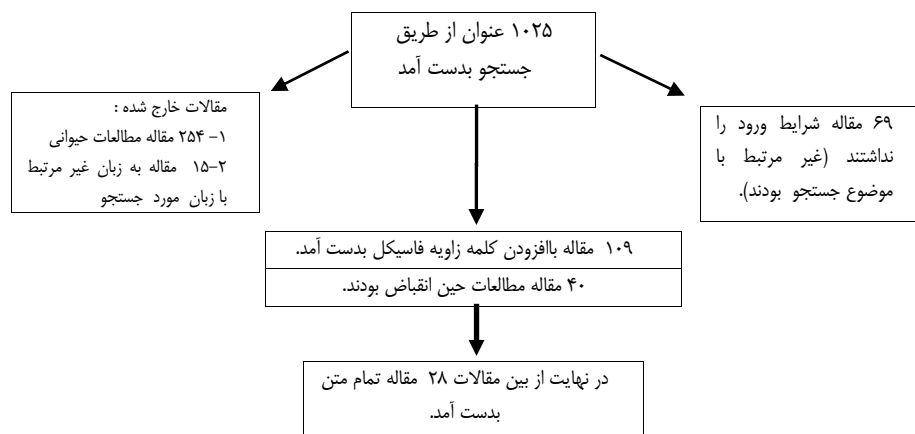
Coefficient of Variation (CV)

Standard Error of Measurement (SEM)

Contrauct Validity و اعتبارساختاری) Critrion-related Validity(اعتبارملاکی)

همه ی داده ها از مطالعاتی استخراج شدند که در آنها عضلات در حالت انقباض مورد بررسی قرار گرفته بودند. چندین چک لیست و مقیاس برای ارزیابی کیفی تکرار پذیری و اعتبارسنجی مطالعات در مرورهای سیستماتیک وجود داشت [۱۳، ۱۲]. اما ارجحیتی برای انتخاب آنها وجود نداشت و ما برای ارزیابی تکرارپذیری مطالعات، بیشتر از مقیاس ارزیابی Herbert و همکاران [۱۲] استفاده کردیم و برای ارزیابی کیفیت اعتبارسنجی مطالعات از تعدادی از آیتم های موجود در مقیاس QUADAS (برای تشخیص دقت مطالعات) استفاده کردیم [۱۴] که دارای دقت تشخیصی مطلوب برای حالت کور بودن آزمونگرها و اجرای آزمون ها توسط آزمونگرهای متفاوت بود ونحوه حضور افراد در تحقیق و ارزیابی آنها برای تشخیص وضعیت سلامتی و استخراج نتایج و موارد دیگر است که خلاصه آنها در چک لیست نهایی در جدول ۱ آمده است. در جدول ۱ همه ی آیتم هایی که در تمام مطالعات فوق برای بررسی تکرار پذیری متغیر مربوط به فاکتورهای بیومکانیکی عضله حین اجرای تست رعایت گردیده است، آمده است. همچنین آیتم های مورد توجه در اعتبار سنجی مطالعات در ادامه آن آمده است. مطالعاتی که با توجه به معیارهای ورود و مقیاس های ارزیابی تکرارپذیری و اعتبارسنجی شرایط ورود را داشتند انتخاب و بر اساس مولفه مورد نظر در ارزیابی تکرارپذیری همانند زاویه و یا طول و ضخامت فاسیکل در جداول ۶-۲ دسته بندی شدند.

**نتایج شناسایی نظام مند مطالعات :** در ابتدا، جستجو با استفاده از کلمات اولتراسونوگرافی و ساختار عضله تعداد ۱۰۲۵ مقاله بدست آمد. با استفاده از کلمات زاویه فاسیکل تعداد مقالات به ۱۰۹ عدد رسید. مطالعات روی حیوانات حذف شدند. تعداد ۱۵ مقاله به زبان های غیر مرتبط با جستجو حذف گردید و در نهایت ۲۸ مقاله همه ی متن بدست آمد.



نمودار ۱: دیاگرام ترتیب جستجوی نظام مند مطالعات

در جدول شماره یک معیارهایی ذکر شده است که در تمام مطالعات فوق برای بررسی تکرارپذیری و اعتبارسنجی در تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. برخی مطالعات کلیه معیارهای مذکور را رعایت نموده بودند که با ذکر شماره آنها در کنار هر معیار آمده اند. اعداد درون گوشه شماره مقالات می باشد.

جدول ۱: معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی تکرارپذیری و اعتبارسنجی در مطالعات

معیارهای تکرارپذیری:
مطالعاتی که در آنها پروسه انجام اولتراسونوگرافی برای انجام تکرار آن با ذکر جزئیات (مشخصات دستگاه، نحوه اجرا، نوع پروب) توضیح داده شده است [۱۵-۲۲].
مطالعاتی که در آنها شرایط شرکت کنندگان در حین انجام آزمون (حالت بیمار هنگام آزمون، محل پروب و...) ثابت بوده است [۱۵-۲۲].
مطالعاتی که در آنها از شاخص های آماری مناسب (که قبلا ذکر گردید) برای محاسبه ی تکرار پذیری استفاده شده است [۱۵-۲۲].
مطالعاتی که در آنها آزمون گرها در مراحل انجام تحقیق (نسبت به وضعیت سلامت آزمون شونده یا نتایج آزمون) بی اطلاع بوده اند [۱۶، ۲۴].
معیارهای اعتبارسنجی:
مطالعاتی که در آنها از دستگاه MRI یا EMG برای بررسی اعتبارسنجی سونوگرافی استفاده شده است [۳۱-۳۷].
مطالعاتی که در آنها مشاهده ی دقیق آناتومیکی برای تکرار آزمون توضیح داده شده است [۱۵-۲۲].
مطالعاتی که پارامترهای مناسب در هر دو روش را برای محاسبه ی اعتبارسنجی استفاده کرده اند [۳۱-۳۷].
مطالعاتی که از معیار های مناسب برای تخمین محاسبه ی دقت اعتبارسنجی استفاده شده است [۳۱-۳۷].

یافته ها

با استفاده از واژه های کلیدی فوق و پس از حذف مقالات تکراری و غیر مرتبط، ۲۸ مقاله توجه به هدف مطالعه و بر اساس شاخص های مورد بررسی در جدول های (۶-۲) ارائه شدند و خلاصه ای از نتایج داده های این مقالات در مورد تکرارپذیری و اعتبارسنجی مولفه های ساختار عضله (شامل طول و ضخامت) و زاویه فاسیکل ذکر گردیده است. در کلیه این مطالعات توضیحات مربوط به تکرارپذیری روش اجرای تست از جمله پروسه انجام اولتراسونوگرافی برای انجام تکرار آن با ذکر جزئیات (مشخصات دستگاه، نحوه اجرا، نوع پروب) توضیح داده شده است. همچنین شرایط شرکت کنندگان در هنگام انجام آزمون (حالت بیمار هنگام آزمون، موقعیت عضو، محل پروب و...) ثابت بوده است و در آنها از شاخص های آماری مناسب (کهپیش از این یاد شد) برای محاسبه ی تکرار پذیری استفاده شده است.

الف- چهارده مطالعه، که شامل ارزیابی تکرارپذیری مولفه های طول فاسیکل و ضخامت عضله در حین انقباضات ایزومتریک یا ایزوتونیک با استفاده از سونوگرافی بودند در جدول شماره ۲ آمده است [۱۵-۲۸]. در برخی از این مطالعات، سونوگرافی با یافته های MRI و الکترومیوگرافی مقایسه شده است [۱۵-۱۷]. در این مطالعات، تغییرات مولفه های طول و ضخامت عضله بر حسب میلیمتر، بررسی و ارزیابی تکرارپذیری سونوگرافی عضلات هنگام انقباض ارائه شده است.

ب- شش مطالعه، شامل ارزیابی تکرارپذیری مولفه زاویه فاسیکل عضله حین انقباض ایزومتریک یا ایزوتونیک در فعالیت های متفاوت با استفاده از اولتراسونوگرافی بودند. در جدول شماره ۳ این مطالعات همراه با خلاصه ای از نتایج آماری آمده است.

ج- پنج مطالعه، شامل ارزیابی اعتبارسنجی مولفه های معماری عضله در حین انقباض بودند (جدول ۴) [۸-۱۶]. در این مطالعات شواهد آماری دلیل بر وجود Criterion-related Validity (اعتبار ملاکی) و Construct Validity (اعتبار ساختاری) بررسی گردید که همگی پاسخ های کیفی YES یا Partial داشتند که بمعنای سازگاری خوب و مطلوب اولتراسونوگرافی در توانایی تخمین فعالیت عضله بر اساس تغییرات اندازه عضله بین افراد سالم و بیمار و در مقایسه با EMG میباشد. توانایی اولتراسونوگرافی در اندازه گیری فعالیت عضله با توجه به میزان تغییر ضخامت در مقایسه با فعالیت EMG در یک فعالیت ویژه ارائه گردید.

د- دو مطالعه مقایسه اولتراسونوگرافی و MRI برای مقایسه تغییرات سباز عضله هنگام انقباض را نشان دادند (جدول ۵).

در تمام جدول ها، مطالعات از نظر تعداد افراد، نوع اولتراسونوگرافی، عضله مورد نظر، وضعیت هنگام تست، مقادیر تکرارپذیری و نتیجه گیری بررسی شده اند. در این مطالعات تغییرات طول یا زاویه فاسیکل و ضخامت عضله بررسی شده است. همچنین مطالعات از نظر تعداد و نوع نمونه ها و سن افراد و معیارهای مورد بررسی و اجرا دارای تفاوت هستند (جدول ۲). در پاره ای از این مطالعات تکرارپذیری اندازه گیری در پوزیشن های متفاوت انجام گردیده است که نتایج آن بطور خلاصه در جدول آمده است.

ه - پنج مطالعه شامل ارزیابی تکرارپذیری تغییرات پارامترهای مرتبط با معماری عضله همانند حرکت بافت بودند (جدول ۶) [۳۸-۴۲] مطالعاتی که در آنها اولتراسونوگرافی تکرارپذیری ارزیابی فاکتورهای دیگری، همانند deformation(d) یا (strain)، deformation rate(dr) یا strain rate (v) و onset و فعالیت عضله اسکلتی را در حال انقباض نشان میدهد. در این مطالعات پارامترهای سرعت و زمان شروع فعالیت عضله را بطور غیر مستقیم براساس تغییراتی که در فاکتورهای بیومکانیکی عضله (طول فاسیکل) یا شروع موج رخ میدهند محاسبه نموده اند. در این مطالعات، انقباض عضله بشکل الگوهای حرکتی اختصاصی، شناخته شده و تکرارپذیری آنها در افراد سالم مورد بررسی قرار گرفته است [۲۱-۱۷]. برخی مطالعات این پارامترها را در افراد بیمار نیز بررسی نموده اند [۲۱، ۱۸]. deformation، تغییرات بافت رابیان میکند و deformation rate(dr)، میزان تغییرات بافت را در واحد زمان نشان میدهد. (velocity) سرعت تغییرات بافتی است و onset زمان شروع فعالیت عضله میباشد.

جدول ۲: مطالعات اولتراسونوگرافیکی برای ارزیابی تکرارپذیری طول فاسیکل وضخامت عضله حین انقباض

نویسنده و سال انتشار	افراد	US	عضلات مورد بررسی	نوع انقباض	وضعیت تست	تکرار پذیری طول فاسیکل و ضخامت	نتیجه گیری
Neil al. et (1995) [۱۵]	۵ فرد سالم	*M	رکتوس فموریس گاستروسولئوس	ایزوتونیک	طی اکستنشن زانو پلانتر فلکشن پا در مقایسه با استراحت	HIGH	اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر برای تشخیص تفاوت میان انقباض و استراحت و حرکت پسو در طول عضله میباشد. اولتراسونوگرافی قادر به تشخیص رابطه بین سرعت و زمان انقباض عضله میباشد. تکرارپذیری بالا برای ارزیابی طول فاسیکل بدست آمد. رابطه معناداری بین میزان زاویه آرنج و زاویه فاسیکل در تصاویر انقباض وجود داشت. تغییرات در زاویه فاسیکل بر پایه طول فیبر فاسیکل با همبستگی بالا محاسبه شد.
Herbert et al.(1995) [۱۷]	۳ فرد سالم	*B	براکیالیس	ایزومتریک	MVC در زوایای گوناگون	R= 0.80 ICC= 0.89	حساسیت اولتراسونوگرافی برای تشخیص تغییرات مولفه های ساختاری عضلات اندام ها نسبت به شکم و نسبت به EMG بیشتر بود. Us ابزاری معتبر برای تشخیص تغییرات ساختاری نسبت به EMG می باشد.
Hodges et al.(2003) [۱۷]	۱۵ فرد سالم	B	تیبیالیس انترپور مایل داخلی شکم مایل خارجی شکم بایسپس براکتی عرضی شکم	ایزومتریک	MVC از صفر تا ۱۰۰٪	HIGH	همبستگی معنی داری بین عضله سمی اسپینالیس کپیتیس و مقادیر نیرو بدست آمد. تکرارپذیری بالا در ارزیابی توسط US بدست آمد. تکرارپذیری اولتراسونوگرافی در ارزیابی ضخامت عضلات شکم تا حد یک میلیمتر اثبات گردید. سونوگرافی ابزاری معتبر در ارزیابی
Rezasolt ani et al. (2003) [۱۸]	۶ فرد سالم	B	سمی اسپینالیس کپیتیس	ایزومتریک	نشسته MVC 0 تا ۱۰۰٪	ICC= 0.94	
Bunce et al.(2005) [۱۹]	۲۲ فرد سالم	M	عرضی شکم ، مایل داخلی و خارجی	ایزوتونیک	طاقباز به ایستاده ایستاده به راه رفتن	0.66<SEM<0.33	

عضلات شکم می باشد.

اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر برای ارزیابی تفاوت مولفه های طول و ضخامت میان زنان، مردان، اندام غالب و غیرغالب می باشد.	CV= 8.5	MVC	ایزومتریک	تیبیالیسر انتریور گاستروکنمیوس خارجی گاستروکنمیوس داخلی سولئوس	B	۱۶ نفر سال	Manal et al.(2006) [۲۰]
ارزیابی تکرارپذیری اولتراسونوگرافی برای مشاهده تغییرات طول فاسیکل عضله همراه با تاندون در طی حرکت برای تولید نیرو مطلوب بود. بین سرعت کوتاه شدن فاسیکل و تولید نیرو همبستگی جود داشت.	ICC= HIGH	راه رفتن روی تردمیل با شیب بالا و پایین	ایزوتونیک	گاستروکنمیوس	*B	۶ فرد سال	Litchwar k et al.(2006) [۲۱]
تکرارپذیری تغییرات فاکتورهای ساختاری عضله بعد از فعالیت دینامیک مشاهده گردید. بین تغییرات ضخامت و زاویه فاسیکل ارتباط معنادار وجود داشت.	r= 0.63	فعالیت داینامیک دوچرخه سواری	ایزوتونیک	کوادرسیپس، واستوس اینترمدیوس	B	۳ فرد سال	Brancacc io et al.(2008) [۲۲]
اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر برای اندازه گیری بالا شروع فعالیت عضله می باشد.	r= 0.87	شرکت در مکانیسم Feed forward activity	ایزومتریک	عضلات شکم	B	۵ فرد سال	Mannion et al.(2008) [۲۳]
اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر در ارزیابی عضلات کف لگن می باشد.	P=0.02 SUPINE P= 0.006	سرفه در حالت ایستاده و طاقباز	ایزوتونیک	پوپورکتالیس پوبوکوسیژئو س	M	۲۲ فرد سال ۹ میتلا	Peng et al.(2007) [۲۴]
تکرارپذیری ارزیابی اولتراسونوگرافی قدرت عضلات به وزن بدن به دست آمد. در کلیه بیماران قدرت عضلات کمتر بود.	0.90<ICC< 0.96	نشسته ساب ماکزیمال	ایزومتریک	اکستانسورها وفلکسورهای گردن	B	۲۰ نفر ۱۰سال ۱۰ بیمار	Rezasolt ani et al.(2010) [۲۵]
ارزیابی تکرارپذیری طول فاسیکل عضله طی پایین پریدن با استفاده از US مشاهده شد. اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر در بررسی کلینیکی فعالیت عضله می باشد.	ICC= 0.9	پایین پریدن	دینامیک	رکتوس فموریس	B	۸ فرد سال	Eranki et al.(2012) [۲۶]
تکرارپذیری بین روز در اندازه گیری بین ابعاد ضخامت عضله موتلی فیدوس گردنی و انقباضات در حالت های استراحت وجود داشت.	ICC= 0.75- 0.99	نشسته ۵۰ تا ۱۰۰٪ انقباض MVC	ایزومتریک	موتلی فیدوس گردنی	B	۲۰ فرد	Arimi et al. (2013) [۲۷]

ارائه روش MACI برای مقایسه دقیق دوسری تصاویر اولتراسوند از عضلات اسکلتی طی فعالیت های فانکشنال برای افزایش دقت تشخیص. متد نامبرده ابزاری دقیق برای مطالعه ارتباطات و اختلافات بین سکانس های تصاویر اولتراسونوگرافی میباشد.	R= 0.94	فعالیت داینامیک پلاتنارفلکشن به دورسی فلکشن	ایزوتونیک	بایسپس و عضلات کاف	B	۱ فرد سالم	Lofsted et al. (2012) [۲۸]
--	---------	---	-----------	--------------------	---	------------	----------------------------

\*M= M-mode ultrasound

\*B=B -mode ultrasound

جدول ۳: مطالعاتی اولتراسونوگرافی برای ارزیابی تکرارپذیری زاویه فاسیکل حین انقباض

نتیجه گیری	تکرارپذیری	وضعیت تست	نوع انقباض	عضلات مورد بررسی	Us mode	افراد مطالعه	نویسنده و سال انتشار
تکرارپذیری بالا برای ارزیابی زاویه قاسیکل بدست آمد. رابطه معناداری بین میزان زاویه آرنج وزاویه فاسیکل در تصاویر انقباض وجود داشت. تغییرات در زاویه فاسیکل بر پایه طول فیبر فاسیکل با همبستگی بالا محاسبه شد.	R= 0.80 ICC= 0.89	MVC در زوایای گوناگون	ایزومتریک	براکیالیس	B	8 فرد	Herbert et al.(1995) (۱۶)
اندازه گیری تکرارپذیری مولفه زاویه فاسیکل توسط اولتراسونوگرافی در زوایای متعدد تکرارپذیر بود.	ICC= Significant P<0.05	MVC در زوایای گوناگون	ایزومتریک	ترایسپس سورا	B	6 فرد	Kawaka mi et al.(1998) (۲۹)
US ابزاری معتبر برای تشخیص تغییرات زاویه فاسیکل می باشد.	ICC= HIGH	MVC از صفر تا ۱۰۰٪	ایزومتریک	تیبیالیس انتریور	B	15 فرد	Hodges et al.(2003) (۱۷)
اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر برای ارزیابی تفاوت مولفه های ساختاری عضله میان زنان، مردان، اندام غالب و غیرغالب می باشد.	CV= 8.5	MVC	ایزومتریک	تیبیالیس انتریور گاستروکنه یوس خارجی و داخلی سولئوس	B	16 نفر	Manal et al.(2006) (۲۰)
اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر برای اندازه گیری بالا شروع فعالیت عضله می باشد. تکرارپذیری اولتراسونوگرافی با مقادیر عالی بدست آمد	r= 0.87	شرکت در مکانیسم Feed forward activity	ایزومتریک	عضلات شکم	B	5 فرد	Mannion et al.(2008) (۲۳)



تکرارپذیری خوبی در تخمین اتوماتیک جهت گیری فاسیکل بین نتایج دو آزمونگر در تصاویر وجود داشت. روش اتوماتیک، ابزار اولتراسونوگرافی را قادر به تشخیص دقیق تر تصاویر می سازد.	R= 0.60 مطلوب	پلاتنارفلکشن MVC بمدت ۳ ثانیه تکرار متوالی	گاستروکنه یوس	B	1 فرد	Zhou et al. (2012) (۳۰)
--	------------------	---	------------------	---	-------	-------------------------

جدول ۴: اعتبارسنجی اندازه گیری سطح فعالیت عضلات بر پایه تغییرات اندازه حین انقباض با اولتراسونوگرافی در مقایسه با EMG

کیفیت construct validity	کیفیت criterion-related validity	مقادیر آماری	نتایج	نویسنده و سال انتشار
YES	Partial	P value TrA<0.01 IO=0.31 EO=0.85	اندازه گیری RUSI و EMG سازگاری داشتند. تغییرات ضخامت عضله TrA و IO حین انقباض در افراد کمردرد در مقایسه با سالم کمتر بود. در مورد IO و EO اینگونه نبود.	Ferreira et al.(2004) (۳۱)
-	Partial	R <sup>2</sup> 0.60	بین اندازه گیری RUSI و EMG تا سطح انقباض ۸۰٪ هنگام روتیشن تنه ارتباط معنی داری وجود داشت. ولی هنگام کشیدن شکم به درون این ارتباط معنی دار نبود.	John et al.(2007) (۳۲)
YES	YES	r=0.79	اندازه گیری RUSI و EMG ارتباط معنی داری داشتند. بین تغییرات ضخامت عضله مولتی فیدوس کمری و سطح فعالیت EMG بین ۱۹ تا ۳۴٪ انقباض همبستگی کامل وجود داشت.	Kisel et al.(2007) (۳۳)
YES	YES	R <sup>2</sup> =0.87 Pvaue=0.001	بین اندازه گیری RUSI و EMG تا سطح انقباض ۸۰٪ ارتباط خطی وجود داشت.	MC Meeken et al.(2004) (۳۴)
YES	YES	Pvalue<0.05	اندازه گیری RUSI و EMG سازگاری داشتند. در گروه کنترل ضخامت عضله مولتی فیدوس هنگام انقباض در حالت پرون نسبت به ایستاده افزایش داشت و سپس بتدریج از زاویه ۲۵ تا ۴۵ درجه خم شدن به جلو ادامه می یافت.	Lee et al.(2006) (۳۵)

TrA=transvers abdominis, IO=internal oblique, EO= external oblique, RUSI=realtime ultrasonography imaging

جدول ۵: اعتبارسنجی اندازه گیری اولتراسونوگرافی اندازه عضله در مقایسه با MRI هنگام انقباض

کیفیت criterion-related validity	مقادیر آماری	نتایج	نویسنده و سال انتشار
YES	ICC=0.84	بین اندازه گیری RUSI و MRI در سائز عضلات عرضی شکم و مایل داخلی و خارجی سازگاری سطح بالایی وجود داشت.	Hides et al.(2006) (۳۶)
YES	Pvalue<0.05	هیچ تفاوت معنی داری بین US و اندازه گیری MRI در مورد سائز عضله مولتی فیدوس کمری وجود نداشت.	Hides et al.(1995) (۳۷)

جدول ۶: مطالعات اولتراسونوگرافی تکرارپذیری ارزیابی فاکتورهای مرتبط با حرکت بافت عضله هنگام انقباض

نویسنده و سال انتشار	US	حجم نمونه	عضله	نوع انقباض	وضعیت تست	تکرار پذیری	نتایج
Pulkovski et al.(2008) (۳۸)	M	۱۰ نفر	واستوس لترالیس وستوس مدیالیس	ایزومتر یک	در زوایای متعدد اکستنشن	R= 0.78 P<0.001	همبستگی خوبی بین اولتراسونوگرافی و EMG برای زمان شروع عضله وستس لترالیس وجود داشت. تکرارپذیری بین روز و بین آزمونگر خوب بود.
Peolsson et al.(2008) (۳۹)	M	۱۳ سالم ۳ بیمار	تراپزیوس	ایزومتر یک	الویشن شانه حالت ایستاده با وزنه	P=0.05 High	تصویربرداری سرعت بافتی میتواند فعالیت بافت را در افراد بیمار در مقایسه با سالم به تصویر بکشد. تکرارپذیری اندازه گیری پارامترهای استرین و سرعت استرین قبل و بعد از ایجاد درد در افراد بیمار و سالم به دست آمد.
Peolsson et al.(2010) (۴۰)	M	۱۵ نفر	عضلات پشتی گردن	ایزومتر یک	اکستنشن مقاومتی سر	0.67<IC C<0.99	ارزیابی اولتراسونوگرافی به شیوه داپلر برای تشخیص میزان استرین و سرعت استرین و سرعت تغییرات حرکت بافت تکرارپذیر است. اولتراسونوگرافی ابزاری معتبر برای شناسایی الگوهای تغییر شکل بافت عضله هنگام انقباض می باشد.
Peolsson et al.(2010) (۴۱)	M	۱۶ نفر	عضلات قدام گردن لونگوس کولی لونگوس کپیتیس	ایزومتر یک	فلکشن مقاومتی سر	0.88<IC C<0.99	US توانایی تشخیص اولین عضله تغییر شکل یافته در طی حرکت فلکشن را داراست. US توانایی تشخیص تفاوت در میزان تغییر شکل بافت عضله را طی فازهای متفاوت حرکت داراست
Peolsson et al.(2013) (۴۲)	M	۲۰ فرد سالم	عضلات قدام گردن عضلات خلف گردن	ایزومتر یک	تکرار الویشن بازو	0.61<CV <0.99 0.80<IC C<0.99	تکرار پذیری بالا در اندازه گیری میزان تغییرات وجود داشت.

## یافته ها

در این مطالعه مروری نظام مند ، چهارده مقاله پیرامون مطالعات سونوگرافیکی ارزیابی تکرارپذیری عضلات هنگام فعالیت ایزومتریک یا دینامیکی در افراد سالم یا بیمار مورد بررسی قرار گرفتند که به شرح زیر و بترتیب مورد بحث قرار میگیرند :

#### الف: شواهد موجود بر تکرارپذیری اولتراسونوگرافی در ارزیابی عضله حین انقباض در مرور مطالعات

Litchwark و همکاران<sup>[۲۱]</sup> در سال ۲۰۰۶ تغییرات طول فاسیکل عضله گاستروکنمیوس و تاندون آشیل را در طی مراحل gait به کمک EMG سطحی و اولتراسونوگرافی و ارتباط بین نیرو با تغییرات طول فاسیکل عضله و میزان استرین تاندون را در طی تولید نیرو به وسیله عضله مورد بررسی قرار دادند و یافته های آنها نشان داد که ارتباط معنی داری بین میزان تغییرات طول فاسیکل و میزان تولید نیرو که توسط اولتراسونوگرافی و الکترومیوگرافی محاسبه شده بود وجود داشت، آنها در نتیجه گیری خود اظهار کردند که سونوگرافی ابزاری معتبر در اندازه گیری تغییرات طول فاسیکل و محاسبه میزان نیرو بطور غیر مستقیم است. Brancaccio و همکارانش<sup>[۲۲]</sup> در سال ۲۰۰۶ مطالعه ای بمنظور بررسی تاثیر تمرینات خسته کننده کوتاه مدت بر معماری داخل عضلانی عضلات کوادریسپس انجام دادند، در مطالعه ی آنها تغییرات مولفه های معماری عضله رکتوس فموریس و واستوس اینترمدیوس در ۳۵ مرد سالم ورزشکار (زاویه فاسیکل و ضخامت) محاسبه گردید، این محققین ارتباط معنی داری بین زاویه فاسیکل در حال استراحت و زمانی که عضله به انتهای تست میرسد نیافتند ولی تکرارپذیری در رابطه معنی دار بین ضخامت و شدت تمرین وجود داشت و این مطالعه تکرارپذیری تغییرات را بعد از تحمیل تمرینات تا حد خستگی اثبات نموده و همبستگی بارزی بین میزان افزایش ضخامت عضله با سطح تمرینات را نشان دادند و با این حال نویسندگان احتمال ادم اینترواسکولار بدنبال ورزش را برای افزایش ضخامت رد نموده و تحقیقات بیشتر با مدالیتی های ورزشی دیگر را پیشنهاد کرده اند. در یک مطالعه یکسوی کور که به منظور محاسبه جایجایی ناحیه اوروژنیتال در زنان سالم و دچار بی اختیاری ادراری توسط Peng و همکاران<sup>[۲۴]</sup> در سال ۲۰۰۷ انجام گردید گزارش شد که اولتراسونوگرافی اطلاعات تشخیصی مهمی در مورد پاسخ دینامیکی عضلات کف لگن میدهد. در مطالعه آنها اولتراسونوگرافی در تشخیص میزان عملکرد عضلات کف لگن در بیماران قبل و بعد از مداخلات ورزشی بعنوان یک ابزار معتبر تشخیصی و درمانی (بعنوان بیوفید بک) معرفی گردید. بر طبق مطالعه ی دیگر که Lofstedt و همکاران<sup>[۲۸]</sup> در سال ۲۰۱۲ انجام دادند روشی جدید برای افزایش دقت تجزیه و تحلیل چند گانه تصاویر متجانس (MACI Method) برای تسهیل مقایسه بین دو سری تصاویر اولتراسونوگرافی ارائه نمودند و اعلام کردند که با این روش دقت تشخیصی اولتراسونوگرافی برای تشخیص بهتر تصاویر عضله هنگام فعالیت های دینامیکی و فانکشنال بطور بالقوه افزایش می یابد.

برابر مطالعه Eranki و همکاران<sup>[۲۶]</sup> در سال ۲۰۱۱ که بمنظور بررسی فعالیت کینماتیک عضله رکتوس فموریس در هنگام پایین پریدن انجام شد، سرعت و زمان پریدن از پارامترهای تکرارپذیر ارزیابی شده بودند که توسط سونوگرافی بدست آمد. نتایج مطالعات موجود ارائه ای از تکرارپذیری بالای سونوگرافی در ارزیابی پارامترهای معماری عضله اسکلتی است (ICC=۰/۷۵ - ۰/۹۹). انجام مطالعات بیشتری در آینده به منظور مزیت سونوگرافی برای بررسی بیشتر پارامترهای مذکور در عضلات افراد سالم و بیمار و مقایسه با دیگر ابزارها حین انقباض به منظور بررسی مولفه های ساختاری ضروری به نظر میرسد.

#### ب: شواهد موجود در تکرارپذیری اولتراسونوگرافی در ارزیابی زاویه فاسیکل عضلات هنگام انقباض

تکرارپذیری اولتراسونوگرافی برای بررسی پارامترهای معماری عضله اسکلتی در وضعیت ها و حالت های مختلف در شش مطالعه مورد بررسی قرار گرفت که بطور خلاصه به توضیحاتی در رابطه با شیوه کار و نتایج آنها می پردازیم.

Herbert و همکاران<sup>[۱۶]</sup> در سال ۱۹۹۵ تغییرات استاتیکی و دینامیکی در گشتاور نیروی فلکسوری آرنج و زاویه مفصل آرنج در تولید گشتاور زاویه ای را مورد بررسی قرار دادند که در نتیجه آنها اظهار کردند که در شرایط فیزیولوژیکی زاویه و گشتاور آرنج برای تولید گشتاور زاویه ای بیشتر و صعودی بشکل غیرخطی با هم در تعامل اند. البته این صعود افزایشی به طور بارزی در مدل ساده عضله تخمین زده میشود. در مطالعه آنها نیروی تولید شده و ارتباط آن با زاویه فاسیکل به کمک EMG نیز مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه مذکور نتایج به دست آمده از مقادیر ICC نشاندهنده تکرارپذیری بالای روش مطالعه آنها بود. در مطالعه ی دیگری Hodges و همکاران<sup>[۱۷]</sup> در سال ۲۰۰۳ که به منظور بررسی توانایی اولتراسونوگرافی در تخمین فعالیت عضلانی انجام دادند، اولتراسونوگرافی را بعنوان یک شیوه غیر تهاجمی برای تعیین سطوح انقباضات ایزومتریک معرفی کردند، به این ترتیب که اولتراسونوگرافی توانایی تشخیص و تعیین دقیق انقباضات با سطح پایین و متوسط را بخوبی دارا بود و اولتراسونوگرافی قادر بود بین سطوح متفاوت انقباض عضله تمیز قائل شود. ضمناً گزارش شد که حساسیت سونوگرافی در انقباضات سطح پایین نسبت به EMG بیشتر بود، بعلاوه توانایی تعیین سطح فعالیت عضلات اندام ها نسبت به عضلات شکم به وسیله

اولتراسونوگرافی نیز بیشتر گزارش شد. طبق مطالعه Manal و همکاران<sup>[۲۰]</sup> در سال ۲۰۰۶ که با هدف بررسی زاویه فاسیکل مطلوب در پلاتنار و دورسی فلکشن مچ پا و تغییرات آن تحت تاثیر جنس و نوع و شدت انقباض و اندام غالب و غیر غالب انجام شد، بیان گردید که اولتراسونوگرافی میتواند برای اندازه گیری زاویه و طول فاسیکل در حالت استراحت و انقباض با دقت بالا بکار رود، همچنین آنها اظهار کردند که به کمک اولتراسونوگرافی میتوان رابطه طول - تنش را براساس محاسبات پارامترهای معماری عضله بدست آورد. بعلاوه در مطالعه ی آنها اولتراسوند بعنوان ابزاری که قادر به تشخیص تفاوت بین عضلات سمت چپ و راست (زاویه فاسیکل و ضخامت و حجم در اندام غالب و غیرغالب)، زن و مرد و در حالت های متفاوت استراحت و انقباض بود معرفی شد. بر اساس مطالعه Mannion و همکاران<sup>[۲۳]</sup> در سال ۲۰۰۸ که بمنظور بررسی فعالیت Feedforward عضلات شکم، حین بالا بردن سریع بازو انجام شد تکرارپذیری بالایی برای زمان شروع فعالیت عضلات دلتوئید بدست آمد. همچنین در اندازه گیری شروع فعالیت عضله در مورد فعالیت Feedforward عضلات شکم حین بالا بردن سریع بازو تکرارپذیری بالایی بدست آمد. بعلاوه محققین در مطالعه خود ضرورت انجام مطالعات آتی برای بررسی فعالیت Feedforward در مورد دیگر عضلات کوچک و عمقی تر را پیشنهاد نمودند. با اینکه وجود تفاوت در انجام مطالعات اولتراسونوگرافی در بررسی عضلات مختلف در وضعیت های متفاوت، تکرار پذیری و اعتبارسنجی مطلوبی از آن تا کنون گزارش شده است. با این حال انجام تحقیقات جدید که نتایج ارزیابی اولتراسونوگرافی را در موارد پاتولوژیک و بیماری ها در کنار دیگر ابزارهای استاندارد بتوان مقایسه نمود ضروری بنظر میرسد.

ج: شواهد موجود در بررسی اعتبار سنجی اندازه گیری سطح فعالیت عضلات بر اساس تغییرات اندازه ی عضلات حین انقباض با اولتراسونوگرافی در مقایسه با EMG و MRI (جدول ۴ و ۵)

مطالعات در این دسته براساس اعتبار ملاکی و ساختاری وقتی که با اندازه گیری تغییرات مولفه ها توسط MRI یا EMG انجام می شود مقایسه گردید. همانطور که در مقدمه اشاره شد از ایتیم های موجود در مقیاس کیفیتی QUADAS استفاده گردید و با توجه به وجود رابطه معنی داری آماری خلاصه ای از داده ها در جداول ۴ و ۵ ارائه شد<sup>[۳۷-۳۱]</sup> که آماره های Partial, Yes و No Clear به معنای وجود رابطه همبستگی خوب تا نبود همبستگی در مورد شاخص های اعتبار ساختاری و ملاکی می باشد. از مطالعاتی که Critrion- related validity را مورد بررسی قرار دادند ( جداول ۴ و ۵) دو مطالعه توانایی اولتراسوند را در اندازه گیری اندازه ی عضله در مقایسه با MRI ارزیابی نمودند که یک مطالعه ضخامت عضلات عرضی و مایل داخلی شکم را در مقایسه با MRI با سازگاری مطلوب گزارش نمود (۰/۹۵ - ICC=۰/۸۴)<sup>(۳۶)</sup>. در مطالعه دیگری که Hides و همکاران (۱۹۹۵) برای مقایسه اندازه گیری اولتراسونوگرافیکی اندازه ی عضله مولتی فیدوس در مقایسه با MRI انجام دادند اختلاف بسیار اندکی بین اولتراسوند و MRI گزارش کرده اند (۰.۰۳-۰.۲۱ cm<sup>2</sup>) که میتواند به علت ماهیت تست یعنی اندازه گیری هنگام انقباض باشد که پیشنهاد میشود با توجه به معدود بودن تعداد اینگونه مطالعات در رابطه با عضلات عمقی تر و کوچک تر هنگام انقباض، برای تشخیص میزان دقیقی از مقادیر اختلافات بین اندازه گیری ضخامت توسط اولتراسونوگرافی و MRI با تعداد حجم نمونه بیشتر تکرار گردد. بهرحال شاید به کمک استفاده از نرم افزارهای تشخیصی هنگام فعالیت های فانکشنال، اولتراسونوگرافی بتواند مانند پاره ای ابزارها به لحاظ ارزش تشخیصی، ارزیابی دقیقتری را در مطالعات عضلات هنگام انقباض برای افزایش دقت آنالیز چند گانه تصاویر متجانس (MACI Method) برای تسهیل مقایسه بین دو سری تصاویر اولتراسونوگرافی ارائه دهد<sup>(۳۸)</sup>.

#### ه- مطالعات ارزیابی تکرارپذیری پارامترهای های سرعت و زمان شروع فعالیت عضله توسط اولتراسونوگرافی (جدول ۶)

تعداد ۵ مطالعه به بررسی پارامترهای حرکت بافت (دفورمیشن یا استرین، سرعت دفورمیشن یا استرین rate و یا زمان شروع فعالیت عضلانی در انقباضات عضلات اسکلتی) پرداخته اند<sup>[۴۲-۳۸]</sup>. Pulkovski و همکاران<sup>[۳۸]</sup> در سال ۲۰۰۸ با هدف بررسی اولتراسونوگرافی برای تشخیص زمان شروع فعالیت عضلانی با استفاده از EMG سطحی انجام دادند آنها از اولتراسونوگرافی بعنوان یک روش تکمیلی مناسب در مقایسه با الکترومیوگرافی سطحی برای تشخیص مطمئن شروع فعالیت عضله استفاده کردند و گزارش کردند که ارتباط قوی بین زمان های شروع فعالیت عضله بین دو روش اولتراسونوگرافی و الکترومیوگرافی سطحی وجود دارد و نتایج مطالعه ی آنها، اولتراسونوگرافی را بعنوان ابزاری معتبر برای تشخیص زمان شروع فعالیت عضله نشان داد. در مطالعه ای که توسط Peolsson و همکاران<sup>[۳۸]</sup> در سال ۲۰۰۸ به منظور ارزیابی فعالیت عضله تراپیوس در بیماران دچار میالژی تراپیوس در مقایسه با افراد سالم انجام شد الگوی فعالیت عضله تراپز هنگام

بالا بردن کانستنتریک شانه در دو گروه مورد بررسی قرار گرفت و با الکترومیوگرافی مقایسه شد در بررسی آنها مشخص گردید که افراد دچار درد عضله تراپیوس بعد از ایجاد درد در عضله، سطح پایبندی از فعالیت عضلانی را نشان می‌دهند. در مطالعه ی آنها اگرچه نتایج تکرارپذیر بودند اما محققین ضرورت انجام مطالعه فراگیرتر با تعداد افراد بیشتر با سطوح اختلال عملکردی مختلف و در حالات متفاوت به منظور تعیین اعتبارسنجی بیشتر را سفارش کردند.

## نتیجه گیری

مرور نظام مند مطالعات موجود نشان داد که وجود تکرارپذیری بالا و اعتبارساختاری و مقایسه ای با سازگاری دلخواه در مورد ابزار اولتراسونوگرافی، آن را بعنوان ابزاری معتبر با روایی مطلوب برای ارزیابی پارامترهای معماری عضله اسکلتی در افراد سالم و دچار اختلال عملکرد در انواع انقباضات در وضعیت های متفاوت ارائه می دهد. با وجود این که در کلیه مطالعات بررسی شده، تکرارپذیری نتایج ارزیابی اولتراسونوگرافی در حد دلخواه و عالی بدست آمد و اعتبارسنجی نیز در تعداد کمتری از مقالات آمده بود ولی با توجه به نو بودن و نیز گستردگی دامنه مطالعات، ضروری بنظر میرسد که برای تشخیص بعضی پارامترها در تحقیقات آتی برای اعتبارسنجی این روش با دیگر روشهای اندازه گیری بطور همزمان هنگام فعالیت های فانکشنال و عملکردی در سطوح متفاوتی از انقباضات سنجیده شود و همچنین تعداد افراد در نمونه ها افزایش یافته و مطالعات بر روی بیماران در مقایسه با افراد سالم نیز افزایش یابد و محدودیت های تحقیقات (مانند نویزهای تصاویر، ثابت نمودن پروب دستگاه، دنبال نمودن دقیق مولفه ها در تصاویر) مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

## منابع

1. Lieber RL, Ward SR. Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2011;366(1570):1466-76.
2. Narici M. Human skeletal muscle architecture studied in vivo by non-invasive imaging techniques: functional significance and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 1999;9(2):97-103.
3. Lieber RL. *Skeletal muscle structure, function, and plasticity*: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
4. Finni T. Structural and functional features of human muscle-tendon unit. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2006;16(3):147-58.
5. Shin DD, Hodgson JA, Edgerton VR, Sinha S. In vivo intramuscular fascicle-aponeuroses dynamics of the human medial gastrocnemius during plantarflexion and dorsiflexion of the foot. *Journal of Applied Physiology*. 2009;107(4):1276-84.
6. De Monte G, Arampatzis A. Influence of different shortening velocities preceding stretch on human triceps surae moment generation in vivo. *Journal of biomechanics*. 2008;41(10):2272-8.
7. Aggeloussis N, Giannakou E, Albracht K, Arampatzis A. Reproducibility of fascicle length and pennation angle of gastrocnemius medialis in human gait in vivo. *Gait & posture*. 2010;31(1):73-7.
8. Lichtwark GA, Bougoulas K, Wilson A. Muscle fascicle and series elastic element length changes along the length of the human gastrocnemius during walking and running. *Journal of biomechanics*. 2007;40(1):157-64.
9. Loram ID, Maganaris CN, Lakie M. Use of ultrasound to make noninvasive in vivo measurement of continuous changes in human muscle contractile length. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(4):1311-23.
10. Fornage BD, Atkinson EN, Nock LF, Jones PH. US with Extended Field of View: Phantom-tested Accuracy of Distance Measurements 1. *Radiology*. 2000;214(2):579-84.
11. Ying M, Sin M-H. Comparison of extended field of view and dual image ultrasound techniques: accuracy and reliability of distance measurements in phantom study. *Ultrasound in medicine & biology*. 2005;31(1):79-8.۳
12. Noorkoiv M, Stavnsbo A, Aagaard P, Blazevich AJ. In vivo assessment of muscle fascicle length by extended field-of-view ultrasonography. *Journal of Applied Physiology*. 2010;109(6):1974-9.
13. Rana M, Hamarneh G, Wakeling JM. Automated tracking of muscle fascicle orientation in B-mode ultrasound images. *Journal of biomechanics*. 2009;42(13):2068-73.
14. Whiting P, Rutjes AW, Reitsma JB, Bossuyt PM, Kleijnen J. The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. *BMC medical research methodology*. 2003;3(1):25.
15. Grubb NR, Fleming A, Sutherland GR, Fox K. Skeletal muscle contraction in healthy volunteers: assessment with Doppler tissue imaging. *Radiology*. 1995;194(3):837-42.

16. Herbert R, Gandevia S. Changes in pennation with joint angle and muscle torque: in vivo measurements in human brachialis muscle. *The Journal of physiology*. 1995;484(2):523-32.
17. Hodges P, Pengel L, Herbert R, Gandevia S. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle & nerve*. 2003;27(6):682-92.
18. Rezasoltani A, Ylinen J, Vihko V. Isometric cervical extension force and dimensions of semispinalis capitis muscle. *Journal of rehabilitation research and development*. 2002;39(3):423-8.
19. Bunce SM, Hough AD, Moore AP. Measurement of abdominal muscle thickness using M-mode ultrasound imaging during functional activities. *Manual therapy*. 2004;9(1):41-4.
20. Manal K, Roberts DP, Buchanan TS. Optimal pennation angle of the primary ankle plantar and dorsiflexors: variations with sex, contraction intensity, and limb. *Journal of applied biomechanics*. 2006;22(4):255.
21. Lichtwark GA, Wilson A. Interactions between the human gastrocnemius muscle and the Achilles tendon during incline, level and decline locomotion. *Journal of Experimental Biology*. 2006;209(21):4379-88.
22. Brancaccio P, Limongelli FM, D'Aponte A, Narici M, Maffulli N. Changes in skeletal muscle architecture following a cycloergometer test to exhaustion in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2008;11(6):538-41.
23. Mannion AF, Pulkovski N, Schenk P, Hodges PW, Gerber H, Loupas T, et al. A new method for the noninvasive determination of abdominal muscle feedforward activity based on tissue velocity information from tissue Doppler imaging. *Journal of Applied Physiology*. 2008;104(4):1192-201.
24. Peng Q, Jones R, Shishido K, Constantinou CE. Ultrasound evaluation of dynamic responses of female pelvic floor muscles. *Ultrasound in medicine & biology*. 2007;33(3):342-52.
25. Rezasoltani A, Ali-Reza A, Khosro K-K, Abbass R. Preliminary study of neck muscle size and strength measurements in females with chronic non-specific neck pain and healthy control subjects. *Manual therapy*. 2010;15(4):400-3.
26. Eranki A, Cortes N, Ferencek ZG, Kim JJ, Sikdar S, editors. Real-time measurement of rectus femoris muscle kinematics during drop jump using ultrasound imaging: A preliminary study. *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE; 2012: IEEE*.
27. Arimi SA, Rezasoltani A, Sakhaei SY, Tabatabaei SM, Khalkhali M. Reliability of Ultrasonographic Measurement of Cervical Multifidus Muscle Dimensions during Isometric Contraction of Neck Muscles. *Rehabilitation Medicine*. 2013;1(2).
28. Löfstedt T, Ahnlund O, Peolsson M, Trygg J. Dynamic ultrasound imaging—A multivariate approach for the analysis and comparison of time-dependent musculoskeletal movements. *BMC medical imaging*. 2012;12(1):29.
29. Kawakami Y, Ichinose Y, Fukunaga T. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *Journal of Applied Physiology*. 1998;85(2):398-404.
30. Zhou Y, Li J-Z, Zhou G, Zheng Y-P. Dynamic measurement of pennation angle of gastrocnemius muscles during contractions based on ultrasound imaging. *Biomed Eng Online*. 2012;11:63.
31. Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*. 2004;29(22):2560-6.
32. John E, Beith I. Can activity within the external abdominal oblique be measured using real-time ultrasound imaging? *Clinical biomechanics*. 2007;22(9):972-9.
33. Kiesel KB, Uhl TL, Underwood FB, Rodd DW, Nitz AJ. Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. *Manual therapy*. 2007;12(2):161-6.
34. McMeeken J, Beith I, Newham D, Milligan P, Critchley D. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clinical biomechanics*. 2004;19.۴۲-۴۳۷:(۴)
35. Lee S-w, Chan CK-m, Lam T-s, Lam C, Lau N-c, Lau RW-l, et al. Relationship between low back pain and lumbar multifidus size at different postures. *Spine*. 2006;31(19):2258-62.
36. Hides J, Wilson S, Stanton W, McMahon S, Keto H, McMahon K, et al. An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during “drawing-in” of the abdominal wall. *Spine*. 2006;31(6):E175-E8.
37. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Magnetic Resonance Imaging and Ultrasonography of the Lumbar Multifidus Muscle: Comparison of Two Different Modalities. *Spine*. 1995;20(1):54-8.
38. Pulkovski N, Schenk P, Maffiuletti NA, Mannion AF. Tissue Doppler imaging for detecting onset of muscle activity. *Muscle & nerve*. 2008;37(5):638-49.

39. Peolsson M, Larsson B, Brodin L-Å, Gerdle B. A pilot study using Tissue Velocity Ultrasound Imaging (TVI) to assess muscle activity pattern in patients with chronic trapezius myalgia. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2008;9(1):127.
40. Peolsson A, Brodin L-Å, Peolsson M. A tissue velocity ultrasound imaging investigation of the dorsal neck muscles during resisted isometric extension. *Manual therapy*. 2010;15(6):567-73.
41. Peolsson M, Brodin L-Å, Peolsson A. Tissue motion pattern of ventral neck muscles investigated by tissue velocity ultrasonography imaging. *European journal of applied physiology*. 2010;109(5):899-908.
42. Peolsson AL, Peolsson MN, Jull GA. Cervical muscle activity during loaded arm lifts in patients 10 years postsurgery for cervical disc disease. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2013;36(5):292-9.