مجله علوم پزشکی رازی دوره ۳۲، شماره پیوسته ۱۰۷، ۲۴ شهریور ۱۴۰۴ https://doi.org/10.47176/rjms.32.107

مقاله مروری

کاربردهای تصویربرداری اولتراسوند در فیزیوتراپی: یک مرور روایتی

شبنم شاه علی : دانشیار، قطب علمی آموزشی فیزیوتراپی ایران، مرکز تحقیقات توانبخشی، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
(*نویسنده مسئول) shabnamshahali@yahoo.com
مهدی دادگو: استاد، قطب علمی آموزشی فیزیوتراپی ایران، مرکز تحقیقات توانبخشی، گروه فیزیوتراپی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
سعید شهابی: استادیار، مرکز تحقیقات سیاستگذاری سلامت، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

چکیده

زمینه و هدف: فیزیوتراپیست‌ها از فناوری تصویربرداری اولتراسوند برای طیف وسیعی از اهداف بالینی و تحقیقاتی استفاده می‌کنند. این مرور روایتی، با هدف بررسی کاربردهای تصویربرداری اولتراسوند در ارزیابی‌های عصبی–عضلانی–اسکلتی توسط فیزیوتراپیست‌ها انجام شده است.

روش کار: جستجوی پایگاه های داده Pubmed, Scopus, Google scholar و CochraneLibrary و Web of science بدون محدودیت زمانی، تا ژوئن ۲۰۲۵ انجام شد. یک مرور جامع بر روی مطالعاتی، که از تصویربرداری اولتراسوند به منظور ارزیابی‌های عصبی–عضلانی–اسکلتی توسط فیزیوتراپیست‌ها استفاده کرده بودند، انجام شد. تمرکز این مطالعه بر روی کاربردهای مختلف این روش،در رشته فیزیوتراپی، از جمله ارزیابی، درمانی، تحقیقی بوده است.

یافته‌ها: تصویربرداری اولتراسوند روشی روا و پایا برای ارزیابی مورفولوژی عضلات، است. تغییر درضخامت عضلات تنه و ستون فقرات کمری را در طول اکثر انقباضات ایزومتریک و زیربیشینه، می توان به عنوان شاخصی از فعالیت این عضلات در نظر گرفت. همچنین استفاده از تصویربرداری اولتراسوند به عنوان بیوفیدبک، یک روش موثر برای بازآموزی عضلات، است.

نتیجه‌گیری: با توجه به روایی و پایایی مناسب تصویربرداری اولتراسوند، می توان از این روش در بررسی مورفولوژی عضلات استفاده کرد. همچنین با کنترل برخی عوامل مخدوش‌گر، می‌توان از این روش، به عنوان جایگزینی برای بررسی فعالیت عضلانی، استفاده کرد. علاوه بر این، می‌توان از تصویربرداری اولتراسوند، به عنوان بیوفیدبک، برای بازآموزی عضلات، استفاده کرد.

تعارض منافع: گزارش نشده است.
منبع حمایت‌کننده: حامی مالی ندارد.

کلیدواژه‌ها
تصویربرداری اولتراسوند،
فیزیوتراپی،
مورفولوژی،
فعالیت عضلانی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۱
تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۶/۲۴

شیوه استناد به این مقاله:
ShahAli S, Dadgoo M, Shahabi S. Applications of Ultrasound Imaging in Physiotherapy: A Narrative Review. Razi J Med Sci. 2025(15 Sep);32.107.

Copyright: ©2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en).

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 4.0 صورت گرفته است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

Razi Journal of Medical Sciences. 2025(15 Sep);32.107. https://doi.org/10.47176/rjms.32.107

Review Article

Applications of Ultrasound Imaging in Physiotherapy: A Narrative Review

Shabnam ShahAli: Associate Professor, Iranian Center of Excellence in Physiotherapy, Rehabilitation Research Center, Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (*Corresponding Author) shabnamshahali@yahoo.com
Mehdi Dadgoo: Professor, Iranian Center of Excellence in Physiotherapy, Rehabilitation Research Center, Department of Physiotherapy, School of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
Saeed Shahabi: Assistance Professor, Health Policy Research Center, Institute of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

Abstract

Background & Aims: The use of ultrasound imaging has expanded considerably in recent decades, primarily due to its distinct advantages over other diagnostic modalities, including cost-effectiveness, portability, non-invasiveness, and the ability to provide real-time imaging across a broad spectrum of patient populations. The application of ultrasound imaging in rehabilitation, referred to as rehabilitative ultrasound imaging, originated with its use in evaluating tissue morphology rather than detecting pathological abnormalities (1). This technique was developed in the 1980s and continued to evolve over subsequent decades, culminating in the first International Symposium on rehabilitative ultrasound imaging held in 2006 in San Antonio, Texas (2, 3). The second symposium, conducted in Madrid in 2016, demonstrated a substantial expansion in the application of ultrasound within physiotherapy practice (4).

In recent years, ultrasound imaging has been increasingly incorporated into physiotherapy. Its applications include rehabilitative ultrasound imaging for assessing muscle morphology and function and providing biofeedback (2, 6), diagnostic ultrasound imaging for the evaluation of muscle injuries (2, 7), interventional ultrasound imaging such as dry needling, and research-based ultrasound applications (8). Beyond its established role in musculoskeletal and sports physiotherapy (3, 9), ultrasound imaging is increasingly used in emerging areas, including pelvic floor health in women (10–12) and men (13), cardiorespiratory physiotherapy (14), pediatric care (15, 16), and neurological physiotherapy (17, 18).

The growing use of ultrasound imaging in physiotherapy necessitates a comprehensive understanding of its clinical applications and limitations. Improved insight into the global use of ultrasound by physiotherapists may inform the development of educational guidelines, curriculum standards, and evidence-based clinical protocols. Therefore, the primary focus of this narrative review was to examine the application of ultrasound imaging in neuro-musculoskeletal assessments performed by physiotherapists.

Methods: A comprehensive literature search was conducted in PubMed, Scopus, Google Scholar, the Cochrane Library, and Web of Science databases from inception to June 2025. Studies were included if they investigated the use of ultrasound imaging for neuromusculoskeletal assessment conducted by physiotherapists.

Results: The findings indicate that ultrasound imaging demonstrates acceptable reliability and validity for evaluating muscle morphometry. Previous studies have reported satisfactory intra-rater, inter-rater, same-day, and between-day reliability for ultrasound-based measurements (34–36). Reliability has been established across a variety of muscle groups, including those of the spine (37, 38), trunk (15, 39, 40), pelvis (41, 42), and extremities (33, 43), and different populations.

Validity has commonly been assessed by comparison with established reference standards. Magnetic resonance imaging (MRI) is frequently used as the reference standard for assessing muscle morphology, whereas electromyography is considered the reference standard for evaluating muscle function (6). Evidence suggests that ultrasound imaging has acceptable validity for assessing muscle activity of the trunk and lumbar spine during most isometric and submaximal contractions (45, 47).

Keywords
Ultrasound imaging,
Physiotherapy,
Morphology,
Muscle Activity

Received: 01/03/2025
Published: 15/09/2025

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

The clinical significance of ultrasound imaging in rehabilitation lies in its ability to assess muscle groups during contraction. This capability is particularly important for evaluating motor control and activation patterns of deep muscles that are difficult to assess using non-invasive techniques. Consequently, recent studies have increasingly used changes in muscle thickness measured by ultrasound as an indirect indicator of muscle activity (12, 45, 47, 51). Compared with fine-wire electromyography, it enables the visualization of a broader region of the muscle than can be assessed with intramuscular electrodes (21, 52, 53).

However, most studies evaluating validity have been conducted under resting or static conditions. Since assessing muscle parameters during dynamic tasks presents greater methodological challenges, further research is required to establish validity in functional contexts. Additionally, changes in muscle thickness measured by ultrasound are influenced by multiple factors, with muscle activity being only one contributor. Factors such as the resting state of the muscle, structural and mechanical properties of the muscle–tendon unit, type of contraction (isometric, concentric, or eccentric), and external influences including fascial attachments, intra-abdominal pressure, and activity of adjacent muscles may affect measurements. Methodological factors related to probe placement, orientation, and applied pressure can also influence outcomes. To control these variables, strict standardization during imaging is required. For example, when assessing trunk muscles, imaging should be avoided during activities that markedly increase intra-abdominal pressure, such as coughing, sneezing, or limb movements. Consistent probe positioning, orientation, and pressure must be maintained to avoid probe displacement and misinterpretation of muscle function (10).

In rehabilitative settings, the most commonly used ultrasound imaging modes include B-mode (brightness), M-mode (motion), and elastography (7). B-mode ultrasound is the most frequently applied modality and is primarily used to assess muscle structural characteristics such as thickness, width, and cross-sectional area across different groups, time points, or clinical conditions (7, 10, 12, 48, 49). M-mode ultrasound allows assessment of temporal changes in muscle thickness and has been used to evaluate the onset of muscle activity, demonstrating accuracy comparable to electromyography, albeit with a slight temporal delay (27–29). Elastography provides a direct, non-invasive method for quantifying soft tissue stiffness and has demonstrated utility in monitoring muscle changes associated with neurological disorders and evaluating responses to interventions targeting muscle stiffness and spasticity (30, 31).

Ultrasound imaging is also used as a biofeedback tool in physiotherapy, particularly for rehabilitation of the pelvic floor and lateral abdominal wall muscles in individuals with urinary incontinence, low back pain, and pelvic girdle pain (42, 54, 55). Additionally, ultrasound imaging has been utilized to safely guide the insertion of dry needles for various interventions, including acupuncture (61), trigger point release (62), and percutaneous electrolysis (63).

Conclusion: This narrative review indicates that ultrasound imaging demonstrates acceptable reliability and validity for the assessment of muscle morphological properties in neuro-musculoskeletal physiotherapy. Although ultrasound-derived changes in muscle thickness are influenced by muscle activity, they are also affected by multiple confounding factors and should not be interpreted as direct surrogate measures of muscle activation without appropriate consideration. Ultrasound imaging also serves as a valuable biofeedback and interventional guidance tool. Future research should focus on improving methodological quality, evaluating cost-effectiveness, and determining the clinical efficacy of ultrasound imaging in the physiotherapy management of neuro-musculoskeletal conditions.

Conflicts of interest: None
Funding: None

Cite this article as:
ShahAli S, Dadgoo M, Shahabi S. Applications of Ultrasound Imaging in Physiotherapy: A Narrative Review. Razi J Med Sci. 2025(15 Sep);32.107.

Copyright: ©2024 The Author(s); Published by Iran University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the CC BY-NC-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en).

*This work is published under CC BY-NC-SA 4.0 licence.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

مقدمه

استفاده از تصویربرداری اولتراسوند، به دلیل مزایای آن در مقایسه با سایر روش‌های تصویربرداری تشخیصی، همچنان رو به افزایش است. این مزایا شامل مقرون به صرفه بودن، قابلیت حمل و غیرتهاجمی بودن آن است و ارائه دهندگان خدمات بالینی می‌توانند اطلاعات تصویربرداری فوری را برای طیف وسیعی از بیماران به دست آورند.

آغاز استفاده از تکنیک تصویربرداری اولتراسوند در توانبخشی، که به عنوان تصویربرداری اولتراسوند توانبخشی (Rehabilitative ultrasound imaging) شناخته می‌شود، زمانی بود که به جای ارزیابی پاتولوژی بافتی، از اولتراسوند، برای ارزیابی مورفولوژی بافت استفاده شد (۱). استفاده از تکنیک تصویربرداری اولتراسوند در توانبخشی، از دهه ۱۹۸۰ آغاز شد و در سال‌های بعد تا اولین دوره سمپوزیوم بین‌المللی تصویربرداری اولتراسوند توانبخشی که در سال ۲۰۰۶ در تگزاس برگزار شد، توسعه بیشتری یافت (۲، ۳).

دومین دوره بین‌المللی تصویربرداری اولتراسوند توانبخشی، در سال ۲۰۱۶، در مادرید برگزار شد و نتایج آن دامنه وسیع‌تری از کاربرد تصویربرداری اولتراسوند در فیزیوتراپی را نشان داد (۴). در حال حاضر، تصویربرداری اولتراسوند توانبخشی، ابزاری است که توسط کنفدراسیون جهانی فیزیوتراپی (World Confederation of Physical Therapy) به رسمیت شناخته شده است (۵).

در سال های اخیر، استفاده از تصویربرداری اولتراسوند در حیطه فیزیوتراپی افزایش یافته است. تصویربرداری اولتراسوند توانبخشی (مانند ارزیابی مورفولوژی و عملکرد عضلات، بیوفیدبک و غیره) (۲، ۶) ، تصویربرداری اولتراسوند تشخیصی (مانند ارزیابی آسیب عضلانی، و غیره) (۲، ۷)، تصویربرداری اولتراسوند مداخله‌ای (مانند هدایت سوزن خشک و غیره) (۸) و تصویربرداری اولتراسوند تحقیقی (۸) از کاربردهای شناخته شده تصویربرداری اولتراسوند، در حیطه فیزیوتراپی هستند. علاوه بر کاربرد شناخته‌شده‌ی تصویربرداری اولتراسوند در فیزیوتراپی اسکلتی-عضلانی و ورزشی (۳، ۹)، از این ابزار، در حوزه‌هایی مانند سلامت کف لگن زنان (۱۰-۱۲) و مردان (۱۳)، قلبی-تنفسی (۱۴)، اطفال (۱۵، ۱۶) و نورولوژی (۱۷، ۱۸) نیز استفاده شده است.

افزایش استفاده از تصویربرداری اولتراسوند، مستلزم درک بهتر حیطه های مرتبط با استفاده از این تکنیک، در فیزیوتراپی است. درک بهتر از چشم‌انداز بین‌المللی استفاده از تصویربرداری اولتراسوند توسط فیزیوتراپیست‌ها، دانش و دیدگاه‌های ارزشمندی را در توسعه دستورالعمل‌های آموزشی و استانداردهای برنامه درسی و همچنین تدوین دستورالعمل‌های فیزیوتراپی برای استفاده از تصویربرداری اولتراسوند ارائه می‌دهد.

روش کار

در این مطالعه مروری روایتی، یک جستجوی جامع در پایگاه های داده Pubmed, Scopus, Google scholar و CochraneLibrary و Web of science بدون محدودیت زمانی، تا ژوئن ۲۰۲۵ انجام شد.

جستجوی مقاله ها با استفاده از کلیدواژه های Ultrasound imaging، Physiotherapy، Morphology، Muscle Activity، Ultrasonography، انجام شد. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بود از، انواع مطالعاتی (شامل مطالعات توصیفی، تحلیلی، کارآزمایی بالینی، مرور روایتی، مرور سیستماتیک و متاآنالیز، و مطالعات گزارش موردی)، که از تصویربرداری اولتراسوند به منظور ارزیابی های عصبی-عضلانی-اسکلتی توسط فیزیوتراپیست ها، بررسی تاثیرات درمانی فیزیوتراپی بر مورفولوژی عضلات و مصارف تحقیقی در حیطه فیزیوتراپی استفاده کرده بودند. معیار خروج نیز شامل مقالاتی بود که متن کامل آن به زبان انگلیسی در دسترس نبود.

در مجموع، در جستجوی اولیه، ۴۵۶۳ مقاله، استخراج شد. بعد از حذف مقالات تکراری، عنوان و چکیده مقالات توسط دو نویسنده (نویسنده اول و سوم)، بر اساس شرایط ورود و خروج، بررسی شد و مقالاتی که غیرمرتبط بودند، حذف شدند. هشتاد و سه مقاله، برای بررسی کامل متن، انتخاب شدند و متن کامل این مقالات، توسط این دو نویسنده، بررسی شد. مطالعات انتخاب شده بر اساس معیارهای خاص بررسی کیفیت مقالات، مورد بررسی قرارگرفتند. ارزیابی شامل بررسی نحوه ارایه طرح مطالعه (مانند

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

معیارهای ورود و خروج، روش کار و پی آمدهای مورد بررسی)، حجم نمونه، سوگیری، تجزیه و تحلیل آماری، ارتباط نتایج با سوال تحقیق، نحوه تصادفی سازی، و نحوه کورسازی، بود و در مطالعات مرور سیستماتیک، علاوه بر موارد مرتبط فوق، گزارش پایگاه های مورد بررسی، نحوه جستجو و کیفیت سنجی مطالعات مرتبط، مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات، بر اساس کیفیت شواهد و توانایی آن ها درباره ی اطلاعات مفید درموردکاربردهای تصویربرداری اولتراسوند در فیزیوتراپی، از کیفیت "پایین" تا کیفیت "بالا" دسته بندی شدند. مطالعات با کیفیت پایین، در این مطالعه، مورد بررسی قرار نگرفتند. در نهایت ۶۰ مقاله برای نگارش این مقاله مروری مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

مودهای مورد استفاده تصویربرداری اولتراسوند در حیطه فیزیوتراپی

مود Brightness (B): با استفاده از این مود، می‌توان مورفولوژی (مثلاً شکل، اندازه، ترکیب و حالت استراحت) یک ساختار (مثلاً عضله، عصب)، موقعیت چند ساختار نسبت به هم (مثلاً عضله، عصب، استخوان یا اندام‌هایی مانند مثلنه) و تأثیر یک رویداد پویا، مانند انقباض عضله، بر ساختارهای موجود در میدان دید و همچنین ویژگی های عضله حین انقباض (افزایش همزمان یا مرحله‌ای در ضخامت عضله) استفاده کرد. تصاویر نمایش داده شده در حالت B، اطلاعات جمع‌آوری‌شده از کل طول پروب (Probe) را منعکس می‌کنند و محقق می تواند تاثیر وضعیت (Position) یا تکلیف حرکتی را بر ساختارهای موجود در میدان دید، مشاهده کند (۱۰). تا به امروز، رایج‌ترین کاربرد این مود در مطالعات فیزیوتراپیست‌ها، ارزیابی و اندازه‌گیری ویژگی‌های معماری عضله بوده است که معمولاً شامل اندازه‌گیری پارامترهایی مانند ضخامت (۱۹-۲۱) و سطح مقطع (Cross sectional area) (۲۲، ۲۳) و مقایسه تغییرات یا تفاوت‌ها در این پارامترها بین گروه‌هایی از افراد (۱۲، ۲۱، ۲۴) یا در طول زمان - قبل و بعد از یک رویداد (مثلاً آسیب) (۲۵) یا مداخله (مثلاً تمرین) می‌شود (۲۶).

مود Motion (M): استفاده از این مود، به محققان این امکان را می‌دهد که تغییر ضخامت عضلات را در طول زمان اندازه‌گیری کنند. داده‌ها از نقطه میانی پروب جمع‌آوری می‌شوند و به صورت یک تصویر پیوسته در طول زمان ارائه می‌شوند (۱۰). ساختارهای ثابت به صورت یک خط مستقیم ظاهر می‌شوند، در حالی که ساختارهای متحرک یک الگوی موجی ایجاد می‌کنند که در آن فرکانس و جهت حرکت، قابل اندازه‌گیری است. فیزیوتراپیست ها از این مود، برای بررسی شروع فعالیت عضله (Onset) استفاده کرده اند. مقایسه نتایج ارزیابی شروع فعالیت عضله، توسط تصویربرداری اولتراسوند با الکترومیوگرافی، نشان داد که مود M تصویربرداری اولتراسوند، دقتی قابل مقایسه با الکترومیوگرافی داخل عضلانی دارد، ولی ثبت را با یک تأخیر کوتاه، نسبت به الکترومیوگرافی انجام می‌دهد (۲۷-۲۹).

الاستوگرافی: الاستوگرافی، اندازه‌گیری مستقیم و غیرتهاجمی سفتی (Stiffness) بافت نرم (مثلاً عضله، تلاندون، لیگامان) را فراهم می‌کند. الاستوگرافی می تولند به منظور نظارت بر تغییرات گذرا یا پیشرونده عضلانی مرتبط با بیماری‌های نورولوژی، مفید باشد. همچنین در ارزیابی پاسخ عضله به مداخلات بالینی برای کاهش سفتی و اسپاسم عضلانی در بیماری های نورولوژی، کاربرد خود را نشان داده است. نتایج مطالعات نشان داده است که تکنیک‌های الاستوگرافی، کاربرد بالینی بالقوه‌ای، در بررسی تأثیر مداخلات فیزیوتراپی برای سفتی اسکلتی-عضلانی دارند (۳۰، ۳۱).

پایایی تصویربرداری اولتراسوند برای ارزیابی عضلات

پایایی تصویربرداری اولتراسوند، برای ارزیابی عضلات و پارامترهای مختلف، در مقالات زیادی گزارش شده است (۳۲-۳۵). مطالعات، مقادیر قابل قبولی از شاخص‌های پایایی برای معیارهای درون‌ارزیاب،

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

بین‌ارزیاب، ارزیابی در یک روز و ارزیابی در روزهای متفاوت، گزارش کرده اند (۳۴-۳۶)، پایایی تصویربرداری اولتراسوند برای عضلات ستون فقرات (۳۷، ۳۸)، تنه (۱۵، ۳۹، ۴۰)، لگن (۴۱، ۴۲)، و اندام‌ها (۳۳، ۴۳) در جمعیت‌های مختلف، گزارش شده است.

روایی تصویربرداری اولتراسوند برای ارزیابی عضلات

به منظور بررسی روایی تصویربرداری اولتراسوند، نتایج حاصل از ارزیابی با این ابزار، با نتایج حاصل از ارزیابی با استانداردهای مرجع مقایسه شده اند. استاندارد مرجع، برای ارزیابی مورفولوژی عضله، Magnetic resonance imaging (MRI) و برای بررسی عملکرد، الکترومیوگرافی است (۶). جهت بررسی روایی تصویربرداری اولتراسوند، پارامترهای متنوعی، از جمله ضخامت، عرض، طول و سطح مقطع عضله در قسمت های مختلف عضلات، در نظر گرفته شده‌اند. با وجود اینکه مطالعات، میزان همبستگی بین یافته های تصویربرداری اولتراسوند با استانداردهای مرجع را بین ۰/۲۲ تا ۰/۹۰≤ گزارش کرده‌اند، اما کلیه مطالعات بررسی شده، توافق خوبی (بیشتر از ۰/۸۰) را برای حداقل یک مورد از مکان‌های اندازه‌گیری مورد بررسی، گزارش کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که تصویربرداری اولتراسوند، روشی دقیق برای بررسی مورفولوژی عضله مورد نظر است (۶، ۴۴-۴۶). همچنین، نتایج مطالعات، نشان داده است که استفاده از تصویربرداری اولتراسوند برای بررسی فعالیت عضلات تنه و ستون فقرات کمری، در طول اکثر انقباضات ایزومتریک و زیربیشینه از روایی قابل قبولی برخوردار است (۴۵، ۴۷). ذکر این نکته مهم است که اکثر مطالعات، روایی تصویربرداری اولتراسوند را حین وضعیت استراحت یا وضعیت های ایستا سنجیده اند. با توجه به اینکه ارزیابی پارامترهای عضلانی، با استفاده از تصویربرداری اولتراسوند، حین انجام تکالیف پویا، دشوارتر است، به مطالعات بیشتری برای بررسی روایی تصویربرداری اولتراسوند در این شرایط، نیاز است.

استفاده از تصویربرداری اولتراسوند برای بررسی مورفولوژی عضلات

تصویربرداری اولتراسوند، اطلاعاتی در مورد اکوژنیسیته یا خواص بازتابی یک بافت فراهم می کند که نشان دهنده ترکیب یا مواد تشکیل دهنده آن بافت است (مثلاً میزان کلاژن یا مایع موجود در آن) همچنین، اطلاعاتی در مورد معماری (مثلاً ساختار داخلی، اندازه و شکل) یا موقعیت یک ساختار را فراهم می کند. رایج‌ترین کاربردهای تصویربرداری اولتراسوند، در مطالعات انجام شده توسط فیزیوتراپیست‌ها، اندازه‌گیری ویژگی‌های ساختاری عضله بوده است که معمولاً شامل اندازه‌گیری پارامترهایی مانند ضخامت، عرض و سطح مقطع (Cross sectional area) و مقایسه تغییرات یا تفاوت در این پارامترها بین گروه‌هایی از افراد یا در طول زمان، یا قبل و بعد از یک رویداد (مثلاً آسیب) یا مداخله (مثلاً تمرین) می‌شود (۷، ۱۰، ۱۲، ۴۸، ۴۹).

استفاده از تصویربرداری اولتراسوند برای بررسی عملکرد عضلات

استاندارد مرجع، برای اندازه‌گیری دقیق فعالیت عضلات عمقی، الکترومیوگرافی با استفاده از الکترودهای سوزنی است. الکترودهای سوزنی باید در عضلات مورد نظر قرار داده شوند و افراد معمولاً در طول این فرآیند، به خصوص اگر مجبور به حرکت باشند، احساس ناراحتی می‌کنند (۵۰).

اهمیت تصویربرداری اولتراسوند توانبخشی در این است که امکان بررسی گروه‌های عضلانی را در هنگام انقباض فراهم می‌کند. این امر به ویژه هنگام بررسی کنترل حرکتی (الگوی فعال‌سازی عضلات) عضلاتی که عمقی هستند و دسترسی به آنها دشوار است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی از تصویربرداری اولتراسوند برای اندازه‌گیری تغییرات ضخامت عضله و ارزیابی غیرمستقیم فعالیت عضلانی استفاده کرده‌اند (۱۲، ۴۵، ۴۷، ۵۱). این مطالعات، جهت بررسی عملکرد عضلات، تغییر در ضخامت عضلات (تغییر در ضخامت حین

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

انجام یک تکلیف، نسبت به ضخامت استراحت عضله) را اندازه‌گیری کرده اند. در مقایسه با استفاده از الکترومیوگرافی درون عضلانی، سونوگرافی، روشی غیرتهاجمی است و می‌تواند به صورت بالینی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، امکان بررسی ناحیه بزرگتری از عضله را نسبت به آنچه با یک الکترود درون عضلانی امکان‌پذیر است، فراهم می‌کند (۲۱، ۵۲، ۵۳).

با این وجود، باید این واقعیت را در نظر داشت که تغییر در ضخامت عضله، بازتابی از تأثیر متغیرهای بسیاری است که فعالیت عضله تنها یکی از آنها است. به عنوان مثال، حالت استراحت (فعالیت و طول) یک عضله، قابلیت کشش و ساختار یک واحد عضلانی-تاندونی (قرار گیری موازی فیبرهای عضلانی در مقابل جهت‌گیری زاویه دار فیبر عضلانی)، نوع انقباض (ایزومتریک، کانسنتریک، اکسنتریک)، وجود نیروهای خارجی که یک عضله باید در مقابل آنها عمل کند (مثلاً اتصالات فاسیایی و افزایش فشار داخل شکمی یا انقباض عضله مجاور)، و تکنیک تصویربرداری، همگی ممکن است بر تغییر ضخامت عضله مشاهده شده توسط تصویربرداری اولتراسوند، در طول انقباض تأثیر بگذارند. محققان، به منظور کنترل کردن این عوامل، هنگام تصویر برداری، بعضی موارد را رعایت می کنند. به طور مثال، حین بررسی عضلات تنه، مهم است بدانیم که فعالیت هایی که شامل افزایش قابل توجه فشار داخل شکمی می‌شوند، مانند سرفه، عطسه یا حرکت لندام، نیاز به توجه دقیق به ثلبت نگه داشتن موقعیت، جهت و فشار داخلی پروب اولتراسوند را دارند. عدم انجام این کار منجر به حرکت پروب نسبت به بدن و نتیجه‌گیری‌های نادرست در مورد عملکرد عضلات خواهد شد (۱۰).

استفاده از تصویربرداری اولتراسوند به عنوان بیوفیدبک

استفاده از تصویربرداری اولتراسوند به عنوان بیوفیدبک در مقالات متعددی پیشنهاد شده است. این مقالات، از تصویربرداری اولتراسوند، برای بازآموزی عضلات کف لگن و عضلات دیواره جانبی شکم در افراد مبتلا به بی‌اختیاری ادرار ، بیماران مبتلا به کمردرد و درد کمربند لگنی استفاده کرده‌اند (۴۲، ۵۴، ۵۵).

استفاده از روش های درمانی غیرجراحی برای افراد مبتلا به بی‌اختیاری ادرار، از اواخر دهه ۱۹۴۰ زمانی که کگل گزارش داد ۹۰ درصد از بیماران، به دنبال درمان با تمرینات عضلات کف لگن بهبود یافته‌اند، بسیار گسترش یافته است (۵۶، ۵۷). در یک مطالعه مروری جدید، استفاده از تمرین عضلات کف لگن به عنوان خط اول درمان و یک درمان غیرتهاجمی برای زنان مبتلا به بی‌اختیاری ادرار توصیه شده است (۵۸).

ممکن است بیماران مبتلا به بی‌اختیاری ادرار، تمرینات عضلات کف لگن را به علت اینکه درک درستی از این عضلات ندارند، به صورت صحیح انجام ندهند و به جای انقباض این عضلات، به اشتباه، عضلات دیگری را وارد کار کنند (مانند عضلات اندام تحتانی، یا عضلات شکمی). تمرین عضلات کف لگن همراه با دستگاه بیوفیدبک، دقت انقباض را تضمین می‌کند، و می‌تواند تعداد افرادی را که به درمان های غیر جراحی و دارویی پاسخ نمی‌دهند، کاهش دهد (۴۲). آموزش بیوفیدبک به عنوان یک روش کمکی برای آموزش انقباض صحیح عضلات کف لگن در افرادی که توانایی ضعیفی در انقباض یا درک انقباض عضلات کف لگن، عضلات ضعیف، آسیب‌دیده و یا عضلات با کنترل عصبی-عضلانی تغییر یافته منجر به تأخیر در فعال‌سازی یا انقباض ناهماهنگ دارند، توصیه شده است (۵۸). استفاده از تصویربرداری اولتراسوند، به عنوان بیوفیدبک، یک روش نسبتاً جدید است. در مقایسه با دستگاه‌های سنتی بیوفیدبک (مانند بیوفیدبک های فشاری یا الکترومیوگرافی)، تصویربرداری اولتراسوند می‌تواند اطلاعات بصری در مورد جهت حرکت کف لگن در حین انقباض عضلات کف لگن، مانور کششی یا تکلیف عملکردی (مثلاً تست فعال بالا بردن پا به صورت مستقیم) ارائه کند. علاوه بر این، روش های بیوفیدبک سنتی (مثل بیوفیدبک الکترومیوگرافی)، به دلیل تداخل ناشی از فعالیت عضلات اندام تحتانی (مثلاً عضلات سرینی بزرگ،

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

همسترینگ و عضلات نزدیک‌کننده) یا عضلات شکمی، در معرض خطای اندازه‌گیری هستند، در حالی که ارزیابی انقباض عضلات کف لگن با تصویربرداری اولتراسوند اینگونه نیست (۵۹). نکته‌ی قابل توجه دیگر، این است که به دلیل ماهیت غیرتهاجمی تصویربرداری اولتراسوند از روی شکم، خطای اندازه‌گیری مرتبط با عدم همکاری و نگرانی بیمار، که در روش‌های سنتی تهاجمی‌تر دیده می‌شود، می‌تواند به حداقل برسد (۴۲).

تصویربرداری مداخله‌ای اولتراسوند

تصویربرداری مداخله‌ای شامل استفاده از مود B تصویربرداری اولتراسوند برای هدایت دقیق، کارآمد و ایمن سوزن‌های خشک (Dry needle) و مرطوب (Wet needle) برای انواع مداخلات تهاجمی از جمله طب سوزنی، سوزن خشک، الکترولیز از راه پوست، تزریق یا آسپیراسیون است. استفاده از تصویربرداری اولتراسوند برای پیدا کردن عضله مورد نظر، جهت تزریق، روشی دقیق‌تر و مؤثرتر نسبت به استفاده از نقاط راهنما (Landmark) است (۶۰). با وجود این که اختیارات فیزیوتراپیست ها در سطح جهان متفاوت است، اما در مناطقی که فیزیوتراپیست ها مجاز به استفاده از سوزن‌های خشک و/ یا مرطوب هستند، از تصویربرداری مداخله‌ای، برای هدایت ایمن سوزن‌های خشک برای طب سوزنی (۶۱)، آزاد کردن نقاط ماشه‌ای (Triger point) (۶۲)، و الکترولیز از راه پوست (یعنی اعمال تحریک مکانیکی و جریان الکتریکی از طریق سوزن طب سوزنی، به منظور ایجاد میکروتروما‌ی کنترل‌شده برای تحریک ترمیم بافت) (۶۳) استفاده شده است (۸).

استفاده تحقیقاتی از تصویربرداری اولتراسوند

تصویربرداری اولتراسوند، در تحقیقات پایه، کاربردی و بالینی که هدفشان آگاهی‌بخشی نسبت به شیوه‌های درمان فیزیوتراپی است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، تصویربرداری اولتراسوند برای بررسی تأثیر درد و آسیب بر کنترل حرکتی (۶۴) و مورفولوژی عضلات (۶۵) و رابطه بین کنترل حرکتی و عملکرد (۲۱، ۶۶)، برای تعیین اینکه یک رویکرد درمانی خاص ممکن است برای چه بیمارانی مفید باشد (۶۷) و برای افزایش یادگیری حرکتی و اثربخشی درمان از طریق فیدبک، مورد استفاده قرار گرفته است (۵۵، ۵۸). همچنین، تصویربرداری اولتراسوند برای مشخص شدن مکانیسم‌های عملکردی تکنیک‌های سوزن خشک (۶۸)، اندازه‌گیری میزان حرکت اعصاب به دنبال حرکت (۶۹)، ارزیابی پارامترهای بیومکانیکی بافت‌های نرم (مثل سفتی) و نحوه تغییر آن توسط درمان (۷۰، ۷۱)، دینامیک انقباض عضلات کف لگن (۷۲) و اثربخشی مداخلات فیزیوتراپی استفاده شده است (۷۳).

بحث

تصویربرداری اولتراسوند، در دهه‌های اخیر، جایگاه ویژه‌ای در حیطه فیزیوتراپی یافته است و به عنوان ابزاری با ارزش، در حوزه‌های بالینی و تحقیقاتی شناخته شده است. یکی از نقاط قوت تصویربرداری اولتراسوند، روایی و پایایی بالای آن در ارزیابی پارامترهای مختلف عضلانی است. بررسی کاربردهای تصویربرداری اولتراسوند در حوزه فیزیوتراپی عصبی-عضلانی-اسکلتی نشان می‌دهد که این فناوری، نه تنها به عنوان یک ابزار تشخیصی، بلکه به‌عنوان یک روش ارزشمند در پایش، آموزش و بررسی اثرات مداخلات درمانی نقش دارد. استفاده از مودهای مختلف تصویربرداری، مانند مود B، مود M و الاستوگرافی، هر یک توانایی‌های منحصربه‌فردی برای ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیک و عملکردی عضلات فراهم می‌آورد. مود B با فراهم‌کردن اطلاعاتی در مورد اکوژنیسیته و همچنین ویژگی‌های معماری (مثلاً اندازه و شکل) یک ساختار، امکان بررسی تغییرات ساختاری ناشی از آسیب، بیماری یا مداخله درمانی را ایجاد می‌کند (۱۹-۲۱) و مود M با قابلیت ارزیابی تغییرات ضخامت عضله در طول زمان، به‌ویژه در تحلیل زمان‌بندی و الگوی فعال‌سازی عضلانی، کاربرد بالینی قابل‌توجهی دارد (۲۷-۲۹). همچنین، الاستوگرافی با

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

ارزیابی غیرتهاجمی سفتی بافت، امکان نظارت بر تغییرات مکانیکی عضله در بیماری‌های نورولوژیک یا پس از مداخلات فیزیوتراپی را فراهم می‌سازد (۳۰، ۳۱).

مطالعات متعدد نشان داده‌اند تغییرات در ضخامت عضله، اگرچه تحت تأثیر فعالیت عضله قرار می‌گیرد، اما ترکیبی از عوامل بسیاری از جمله، حالت استراحت عضله، قابلیت کشش (انعطاف‌پذیری) و ساختار عضلانی-تاندونی، نوع انقباض، عوامل مرتبط با تفسیر تصاویر اولتراسوند و عوامل مرتبط با تکنیک تصویربرداری است. بنابراین، تغییرات ضخامت اندازه‌گیری شده با تصویربرداری اولتراسوند را نمی‌توان بدون کنترل این عوامل مخدوش‌کننده، به عنوان معیاری جایگزین، برای فعالیت عضلانی، استفاده کرد. بنابراین، باید در نظر داشت که تغییر ضخامت عضله به تنهایی، معیار قطعی فعالیت عضلانی محسوب نمی‌شود و تفسیر آن نیازمند در نظر گرفتن مجموعه‌ای از متغیرهای بیومکانیکی و فیزیولوژیک است (۱۰، ۱۲، ۴۵، ۴۷، ۵۱، ۵۳).

کاربرد تصویربرداری اولتراسوند تنها به ارزیابی محدود نمی‌شود، بلکه می توان از تصویربرداری اولتراسوند به عنوان بیوفیدبک، برای بازآموزی عضلات، استفاده کرد. این ویژگی، به‌خصوص در بازتوانی عضلات کف لگن در بیماران مبتلا به بی‌اختیاری ادرار اهمیت بالایی دارد. برتری این روش نسبت به بیوفیدبک‌های سنتی، در ماهیت غیرتهاجمی، کاهش خطاهای اندازه‌گیری ناشی از فعالیت عضلات مجاور و افزایش همکاری بیمار است. علاوه بر این، تصویربرداری مداخله‌ای اولتراسوند، با هدایت دقیق سوزن‌های درمانی، موجب افزایش ایمنی و اثربخشی روش‌های تهاجمی مانند سوزن خشک، تزریق یا الکترولیز از راه پوست شده است. این رویکرد می‌تواند به کاهش آسیب به بافت‌های مجاور و بهبود دقت، در یافتن ساختارهای عمقی هدف، منجر شود (۴۲، ۵۴، ۵۵).

از منظر تحقیقاتی، تصویربرداری اولتراسوند، امکان بررسی مکانیسم‌های عملکردی عضلات، تحلیل اثرات مداخلات و پایش تغییرات ناشی از آسیب یا بیماری را فراهم کرده است. با وجود این، چالش‌هایی همچون استانداردسازی پروتکل‌های تصویربرداری، آموزش کافی اپراتورها و ارزیابی روایی این روش در شرایط حرکتی پویا، همچنان نیازمند توجه ویژه است (۲۱، ۶۶).

در مجموع، شواهد موجود نشان می‌دهد که تصویربرداری اولتراسوند، ابزاری کارآمد در حیطه فیزیوتراپی است که می‌تولند هم در ارزیابی و هم در درمان بیماران به کار رود. با این حال، برای بهره‌برداری بهینه از این فناوری، ضروری است که فیزیوتراپیست‌ها در تحقیقات آینده، به ارائه شواهدی مبنی بر افزایش کیفیت مطالعات، اثربخشی از نظر هزینه و اثربخشی تصویربرداری اولتراسوند بر درمان فیزیوتراپی مشکلات مختلف عصبی-عضلانی-اسکلتی بپردازند.

نتیجه‌گیری

بر اساس شواهد موجود، تصویربرداری اولتراسوند ابزاری ارزشمند و با قابلیت‌های متنوع، در حیطه فیزیوتراپی است که کاربرد های آن شامل ارزیابی، تشخیص، درمان و پژوهش است. با توجه به قابلیت‌های متنوع و رو به رشد این فناوری، انتظار می‌رود نقش آن در توانبخشی بیماران، در آینده‌ای نزدیک پررنگ‌تر شود. با این حال، بهره‌گیری مؤثر از این ابزار نیازمند آموزش مناسب، تدوین پروتکل‌های استاندارد و تحقیقات بیشتر، به‌ویژه در شرایط پویا و عملکردی، است تا اطمینان حاصل شود که داده‌های به‌دست‌آمده دقیق، معتبر و قابل تعمیم به جمعیت‌های مختلف بالینی هستند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه از نوع مروری بوده و مبتنی بر تحلیل و بررسی مطالعات منتشرشده قبلی است؛ بنابراین مشمول دریافت کد اخلاق نمی‌باشد. اصول امانت‌داری علمی، اجتناب از سرقت علمی و استناددهی صحیح در تمامی مراحل رعایت شده است.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در طراحی مطالعه، بررسی منابع، تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌ها، نگارش مقاله و ویرایش آن مشارکت داشته و نسخه نهایی را تأیید نموده‌اند.

References

1. Ikai M, Fukunaga T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. Int Z Angew Physiol. 1968;26(1):26-32.
2. Teyhen D. Rehabilitative Ultrasound Imaging Symposium San Antonio, TX, May 8-10, 2006. J Orthop Sports Phys Ther. 2006;36(8):A1-3.
3. Fernández Carnero S, Arias Buria JL, Cuenca Zaldivar JN, Leal Quiñones A, Calvo-Lobo C, Martin Saborido C. Rehabilitative Ultrasound Imaging Evaluation in Physiotherapy: Piloting a Systematic Review. Applied Sciences [Internet]. 2019; 9(1).
4. Fernández-Carnero S, Calvo-Lobo C, Garrido-Marin A, Arias-Buría JL. 2nd Rehabilitative Ultrasound Imaging Symposium in Physical Therapy, Madrid, Spain, 3–5 June 2016. 2018;52(Suppl 2):A1-A4.
5. History World Confederation for Physical Therapy [Available from: https://www.wcpt.org/iseapt/about.
6. Whittaker JL, Stokes M. Ultrasound imaging and muscle function. J Orthop Sports Phys Ther. 2011;41(8):572-80.
7. Whittaker JL, Teyhen DS, Elliott JM, Cook K, Langevin HM, Dahl HH, et al. Rehabilitative ultrasound imaging: understanding the technology and its applications. J Orthop Sports Phys Ther. 2007;37(8):434-49.
8. Whittaker JL, Ellis R, Hodges PW, OSullivan C, Hides J, Fernandez-Carnero S, et al. Imaging with ultrasound in physical therapy: What is the PT's scope of practice? A competency-based educational model and training recommendations. Br J Sports Med. 2019;53(23):1447-53.
9. Hodges PW. Ultrasound imaging in rehabilitation: just a fad? J Orthop Sports Phys Ther. 2005;35(6):333-7.
10. Whittaker JL. Ultrasound imaging for rehabilitation of the lumbopelvic region a clinical approach. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone; 2007.
11. Chan L, Tse V, The S, Stewart P. Pelvic floor ultrasound : principles, applications and case studies. Cham: Springer; 2015. Available from: http://site.ebrary.com/id/11042268.
12. Kharaji G, ShahAli S, Ebrahimi Takamjani I, Kashanian M, Sarrafzadeh J, Shanbehzadeh S. Ultrasound assessment of the abdominal, diaphragm, and pelvic floor muscles during the respiratory and postural tasks in women with and without postpartum lumbopelvic pain: a case–control study. Int Urogynecol J. 2023;34(12):2909-17.
13. Doorbar-Baptist S, Roger A, and Rebbeck T. Ultrasound-based motor control training for the pelvic floor pre- and post-prostatectomy: Scoring reliability and skill acquisition. Physiother Theory Pract. 2017;33(4):296-302.
14. Hayward SA, Janssen J. Use of thoracic ultrasound by physiotherapists: a scoping review of the literature. Physiotherapy. 2018;104(4):367-75.
15. Noh DK, Koh JH, You JS. Inter- and intratester reliability values of ultrasound imaging measurements of diaphragm movement in the thoracic and thoracolumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis. Physiother Theory Pract. 2016;32(2):139-43.
16. Pietton R, David M, Hisaund A, Langlais T, Skalli W, Vialle R, et al. Biomechanical Evaluation of Intercostal Muscles in Healthy Children and Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Preliminary Study. Ultrasound Med Biol. 2021;47(1):51-7.
17. Lin TY, Shen PC, Chang KV, Wu WT, Özçakar L. Shoulder ultrasound imaging in the post-stroke population: a systematic review and meta-analysis. J Rehabil Med. 2023;55:jrm13432.
18. Onat ŞŞ, Polat CS, Gürçay E, Özcan DS, Orhan A. Muscle architecture and clinical parameters in stroke patients: An ultrasonographic study. J Clin Ultrasound. 2022;50(5):713-8.
19. Stokes M, Rankin G, Newham DJ. Ultrasound imaging of lumbar multifidus muscle: normal reference ranges for measurements and practical guidance on the technique. Man Ther. 2005;10(2):116-26.
20. Rankin G, Stokes M, Newham DJ. Abdominal muscle size and symmetry in normal subjects. Muscle Nerve. 2006;34(3):320-6.
21. Kalantari M, ShahAli S, Dadgoo M, Tabatabaei A. The automatic activity of abdominal muscles during stable and unstable standing postural tasks in older adults with and without low back pain- A cross-sectional study. BMC Geriatr. 2024;24(1):308.
22. Kristjansson E. Reliability of ultrasonography for the cervical multifidus muscle in asymptomatic and symptomatic subjects. Man Ther. 2004;9(2):83-8.
23. Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E. Multifidus size and symmetry among chronic LBP and healthy asymptomatic subjects. Man Ther. 2008;13(1):43-9.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

24. ShahAli S, Arab AM, Ebrahimi E, ShahAli S, Rahmani N, Negahban H, et al. Ultrasound measurement of abdominal muscles during clinical isometric endurance tests in women with and without low back pain. Physiother Theory Pract. 2019;35(2):130-8.

25. Guo XH, Wang H, Chen SJ, Xie YJ, Liu RR. Multidimensional Ultrasound Evaluation of Diastasis Recti Abdominis During Different Gestational Periods. J Ultrasound Med. 2024;43(3):525-33.

26. Ehsani F, Sahebi N, Shanbehzadeh S, Arab AM, ShahAli S. Stabilization exercise affects function of transverse abdominis and pelvic floor muscles in women with postpartum lumbo-pelvic pain: a double-blinded randomized clinical trial study. Int Urogynecol J. 2020;31(1):197-204.

27. Vasseljen O, Dahl HH, Mork PJ, Torp HG. Muscle activity onset in the lumbar multifidus muscle recorded simultaneously by ultrasound imaging and intramuscular electromyography. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2006;21(9):905-13.

28. Vasseljen O, Fladmark AM, Westad C, Torp HG. Onset in abdominal muscles recorded simultaneously by ultrasound imaging and intramuscular electromyography. J Electromyogr Kinesiol. 2009;19(2):e23-31.

29. Vasseljen O, Unsgaard-Tondel M, Westad C, Mork PJ. Effect of core stability exercises on feed-forward activation of deep abdominal muscles in chronic low back pain: a randomized controlled trial. Spine (Phila Pa 1976). 2012;37(13):1101-8.

30. Miller T, Bello UM, Tsang CS, Winser SJ, Ying MT, Pang MY. Using ultrasound elastography techniques to assess conservative interventions for musculoskeletal stiffness: a systematic review and meta-analysis. Disabil Rehabil. 2024;46(16):3549-63.

31. Friede MC, Klauser A, Fink C, Csapo R. Stiffness of the iliotibial band and associated muscles in runner's knee: Assessing the effects of physiotherapy through ultrasound shear wave elastography. Phys Ther Sport. 2020;45:126-34.

32. Koppenhaver SL, Hebert JJ, Fritz JM, Parent EC, Teyhen DS, Magel JS. Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles. Arch Phys Med Rehabil. 2009;90(1):87-94.

33. Betz TM, Wehrstein M, Preisner F, Bendszus M, Friedmann-Bette B. Reliability and validity of a standardised ultrasound examination protocol to quantify vastus lateralis muscle. J Rehabil Med. 2021;53(7):jrm00212.

34. Nijholt W, Scafoglieri A, Jager-Wittenaar H, Hobbelen JSM, van der Schans CP. The reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults: a systematic review. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2017;8(5):702-12.

35. ShahAli S, Arab AM, Talebian S, Ebrahimi E, Bahmani A, Karimi N, et al. Reliability of ultrasound thickness measurement of the abdominal muscles during clinical isometric endurance tests. J Bodyw Mov Ther. 2015;19(3):396-403.

36. Van Hooren B, Teratsias P, Hodson-Tole EF. Ultrasound imaging to assess skeletal muscle architecture during movements: a systematic review of methods, reliability, and challenges. J Appl Physiol (1985). 2020;128(4):978-99.

37. Sions JM, Velasco TO, Teyhen DS, Hicks GE. Ultrasound imaging: intraexaminer and interexaminer reliability for multifidus muscle thickness assessment in adults aged 60 to 85 years versus younger adults. J Orthop Sports Phys Ther. 2014;44(6):425-34.

38. Valera-Calero JA, Sánchez-Jorge S, Álvarez-González J, Ortega-Santiago R, Cleland JA, Fernández-de-las-Peñas C, et al. Intra-rater and inter-rater reliability of rehabilitative ultrasound imaging of cervical multifidus muscle in healthy people: Imaging capturing and imaging calculation. Musculoskelet Sci Pract. 2020;48:102158.

39. Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM, Del Toro YM, Pulliam JN, Childs JD, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. J Orthop Sports Phys Ther. 2005;35(6):346-55.

40. Taghipour M, Mohseni-Bandpei MA, Behtash H, Abdollahi I, Rajabzadeh F, Pourahmadi MR, et al. Reliability of Real-time Ultrasound Imaging for the Assessment of Trunk Stabilizer Muscles: A Systematic Review of the Literature. J Ultrasound Med. 2018.

41. Sherburn M, Murphy CA, Carroll S, Allen TJ, Galea MP. Investigation of transabdominal real-time ultrasound to visualise the muscles of the pelvic floor. Aust J Physiother. 2005;51(3):167-70.

42. Whittaker JL, Thompson JA, Teyhen DS, Hodges P. Rehabilitative ultrasound imaging of pelvic floor muscle function. J Orthop Sports Phys Ther. 2007;37(8):487-98.

43. Pirri C, Pirri N, Porzionato A, Boscolo-Berto R, De Caro R, Stecco C. Inter- and Intra-Rater Reliability of Ultrasound Measurements of Superficial and Deep Fasciae Thickness in Upper Limb. Diagnostics(Basel). 2022;12(9):2195.

44. 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 (Phila Pa 1976). 2006;31(6):E175-8.

45. Koppenhaver SL, Hebert JJ, Parent EC, Fritz JM. Rehabilitative ultrasound imaging is a valid measure of trunk muscle size and activation during most isometric sub-maximal contractions: a systematic review. Aust J Physiother. 2009;55(3):153-69.

46. Mannion AF, Pulkovski N, Toma V, Sprott H.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

Abdominal muscle size and symmetry at rest and during abdominal hollowing exercises in healthy control subjects. J Anat. 2008;213(2):173-82.

47. ShahAli S, Shanbehzadeh S, ShahAli S, Ebrahimi Takamjani I. Application of ultrasonography in the assessment of abdominal and lumbar trunk muscle activity in participants with and without low back pain: a systematic review. J Manipulative Physiol Ther. 2019;42(7):541-50.

48. Teyhen DS, Bluemle LN, Dolbeer JA, Baker SE, Molloy JM, Whittaker J, et al. Changes in lateral abdominal muscle thickness during the abdominal drawing-in maneuver in those with lumbopelvic pain. J Orthop Sports Phys Ther. 2009;39(11):791-8.

49. Tavahomi M, Dadgoo M, Vasaghi-Gharamaleki B, Talebian S, Emami M, Shanbehzadeh S. Lateral abdominal muscle thickness during breathing maneuvers in women with and without stress urinary incontinence. Int Urogynecol J. 2023;34(8):1939-46.

50. Costa LO, Maher CG, Latimer J, Hodges PW, Shirley D. 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(7):1059-65.

51. Shanbehzadeh S, ShahAli S, Hides J, Ebrahimi-Takamjani I, Rasouli O. Effect of Motor Control Training on Trunk Muscle Morphometry, Pain, and Disability in People With Chronic Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Manipulative Physiol Ther. 2022.

52. 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 (Phila Pa 1976). 2004;29(22):2560-6.

53. Blanchard TW, Smith C, Grenier SG. In a dynamic lifting task, the relationship between cross-sectional abdominal muscle thickness and the corresponding muscle activity is affected by the combined use of a weightlifting belt and the Valsalva maneuver. J Electromyogr Kinesiol. 2016;28:99-103.

54. Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. J Neuroeng Rehabil. 2013;10(1):60.

55. Valera-Calero JA, Fernández-de-Las-Peñas C, Varol U, Ortega-Santiago R, Gallego-Sendarrubias GM, Arias-Buría JL. Ultrasound Imaging as a Visual Biofeedback Tool in Rehabilitation: An Updated Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(14).

56. Kegel AH. Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles. Am J Obstet Gynecol. 1948;56(2):238-48.

57. Bø K, Anglès-Acedo S, Batra A, Brækken IH, Chan YL, Jorge CH, et al. International urogynecology consultation chapter 3 committee 2; conservative treatment of patient with pelvic organ prolapse: Pelvic floor muscle training. Int Urogynecol J. 2022;33(10):2633-67.

58. Fernandes A, Jorge CH, Weatherall M, Ribeiro IV, Wallace SA, Hay-Smith EJC. Pelvic floor muscle training with feedback or biofeedback for urinary incontinence in women. Cochrane Database Syst Rev. 2025(3).

59. Peschers UM, Gingelmaier A, Jundt K, Leib B, Dimpfl T. Evaluation of pelvic floor muscle strength using four different techniques. Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct. 2001;12(1):27-30.

60. Finnoff JT, Hall MM, Adams E, Berkoff D, Concoff AL, Dexter W, et al. American Medical Society for Sports Medicine (AMSSM) position statement: interventional musculoskeletal ultrasound in sports medicine. Pm r. 2015;7(2):151-68.e12.

61. Leow MQ, Cao T, Lee SH, Cui SL, Tay SC, Ooi CC. Ultrasonography in acupuncture: potential uses for education and research. Acupunct Med. 2016;34(4):320-2.

62. Calvo-Lobo C, Diez-Vega I, Martínez-Pascual B, Fernández-Martínez S, de la Cueva-Reguera M, Garrosa-Martín G, et al. Tensiomyography, sonoelastography, and mechanosensitivity differences between active, latent, and control low back myofascial trigger points: A cross-sectional study. Medicine (Baltimore). 2017;96(10):e6287.

63. Arias-Buría JL, Truyols-Domínguez S, Valero-Alcaide R, Salom-Moreno J, Atín-Arratibel MA, Fernández-de-Las-Peñas C. Ultrasound-Guided Percutaneous Electrolysis and Eccentric Exercises for Subacromial Pain Syndrome: A Randomized Clinical Trial. Evid Based Complement Alternat Med. 2015;2015:315219.

64. Tucker K, Hodges PW, Van den Hoorn W, Nordez A, Hug F. Does stress within a muscle change in response to an acute noxious stimulus? PLoS One. 2014;9(3):e91899.

65. Hodges P, Holm AK, Hansson T, Holm S. Rapid atrophy of the lumbar multifidus follows experimental disc or nerve root injury. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(25):2926-33.

66. Whittaker JL, McLean L, Hodder J, Warner MB, Stokes MJ. Association between changes in electromyographic signal amplitude and abdominal muscle thickness in individuals with and without lumbopelvic pain. J Orthop Sports Phys Ther. 2013;43(7):466-77.

67. Koppenhaver SL, Fritz JM, Hebert JJ, Kawchuk GN, Parent EC, Gill NW, et al. Association between history and physical examination factors and change in lumbar multifidus muscle thickness after spinal manipulation in patients with low back pain. J

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]

Electromyogr Kinesiol. 2012;22(5):724-31.
68. Wang-Price SS, N. EK, P. SA, J. BK, and Zafereo JA. Validity and reliability of dry needle placement in the deep lumbar multifidus muscle using ultrasound imaging: an in-vivo study. J Man Manip Ther. 2022;30(5):284-91.
69. Ellis R, Rohan M, Fox J, Hitt J, Langevin H, Henry S. Ultrasound Elastographic Measurement of Sciatic Nerve Displacement and Shear Strain During Active and Passive Knee Extension. J Ultrasound Med. 2018;37(8):2091-103.
70. Andrade RJ, Nordez A, Hug F, Ates F, Coppieters MW, Pezarat-Correia P, et al. Non-invasive assessment of sciatic nerve stiffness during human ankle motion using ultrasound shear wave elastography. J Biomech. 2016;49(3):326-31.
71. Coombes BK, Tucker K, Vicenzino B, Vuvan V, Mellor R, Heales L, et al. Achilles and patellar tendinopathy display opposite changes in elastic properties: A shear wave elastography study. Scand J Med Sci Sports. 2018;28(3):1201-8.
72. Stafford RE, Ashton-Miller JA, Constantinou CE, Hodges PW. Novel insight into the dynamics of male pelvic floor contractions through transperineal ultrasound imaging. J Urol. 2012;188(4):1224-30.
73. Coppieters MW, Hough AD, Dilley A. Different nerve-gliding exercises induce different magnitudes of median nerve longitudinal excursion: an in vivo study using dynamic ultrasound imaging. J Orthop Sports Phys Ther. 2009;39(3):164-71.

[Downloaded from rjms.iums.ac.ir on 2026-11-15]

[DOI: 10.47176/rjms.32.107]