



Obiektywne metody diagnostyki zespołu bólu mięśniowo-powięziowego

Objective methods of diagnosing myofascial pain syndrome

Tomasz Piętka^{1,A,D}, Grzegorz Onik^{2,D-E}, Katarzyna Knapik^{2,A,E}, Karolina Sieroń^{2,E-F}

¹ Szkoła Doktorska Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, Polska

² Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Nauk o Zdrowiu w Katowicach, Katedra Fizjoterapii, Zakład Medycyny Fizykalnej, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Piętka T, Onik G, Knapik K, Sieroń K. Obiektywne metody diagnostyki zespołu bólu mięśniowo-powięziowego. Med Og Nauk Zdr. doi: 10.26444/monz/136573

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Zespół bólu mięśniowo-powięziowego (ang. *myofascial pain syndrome*, MPS) to istotny problem kliniczny, który pomimo licznych doniesień naukowych pozostaje nadal nie w pełni wyjaśniony. Dotyczy to szczególnie zagadnień związanych z patomechanizmem oraz tworzeniem standardów diagnostycznych i terapeutycznych. W praktyce klinicznej do najczęściej stosowanych metod rozpoznawania MPS zalicza się badanie palpacyjne. Niemniej jednak badanie to obarczone jest ryzykiem dużego błędu. W związku z powyższym podczas diagnostyki MPS potrzeba rzetelnych, powtarzalnych pomiarów, które powinny charakteryzować się wysoką czułością, aby umożliwić wykrycie klinicznie ważnych zmian. Celem artykułu jest przegląd obiektywnych metod diagnostycznych istotnych dla prawidłowego rozpoznania MPS.

Opis stanu wiedzy. Postęp medycyny klinicznej zależy od umiejętności dokładnego diagnozowania choroby i bezstronnej oceny efektów leczenia. Wydaje się zatem kluczowe opracowanie skutecznych, obiektywnych metod diagnozowania MPS. Obecnie brak jest konsensusu wśród klinicystów dotyczącego schematu diagnostycznego MPS.

Podsumowanie. Najbardziej rzetelnym badaniem wydaje się badanie palpacyjne wykonane przez doświadczonego terapeutę. Następnie ustalając na jego podstawie kryteria diagnostyczne D.G. Simonsa wraz z podparciem diagnozy za pomocą jednego z obiektywnych narzędzi oceniających zmiany w tkance mięśniowej sugerujące obecność punktu spustowego.

Słowa kluczowe

zespół bólu mięśniowo-powięziowego (MPS), punkt spustowy, mięśniowo-powięziowy punkt spustowy

■ Abstract

Introduction and Objective. The myofascial pain syndrome (MPS) is an important clinical problem which, despite numerous scientific reports, remains not fully understood. This refers in particular to unclearly stated pathomechanism and undefined diagnostic and therapeutic standards. In daily clinical practice, palpation is the most commonly applied method of myofascial pain syndrome diagnostics. However, this may be associated with inaccurate diagnosis. Therefore, the diagnosis of myofascial pain syndrome requires reliable, repeatable measurements which should be characterized by high sensitivity in order to detect clinically important changes. The aim of this study is to review the objective diagnostic methods essential for the correct diagnosis of myofascial pain syndrome.

Brief description of the state of knowledge. The progress of clinical medicine depends on the ability to accurately diagnose the disease and objectively assess the effects of the treatment. Therefore, it seems crucial to develop effective, objective methods for diagnosing myofascial pain syndrome. Currently, there is no consensus among clinicians regarding the myofascial pain syndrome diagnostic procedure.

Conclusion. Manual palpation performed by an experienced physiotherapist seems to be the most reliable examination, followed by establishing the Simons' diagnostic criteria on its basis, together with supporting the diagnosis using one of the objective tools assessing changes in muscle tissue suggesting the presence of trigger points.

Key words

trigger point, myofascial pain syndrome, myofascial trigger point

WPROWADZENIE

W pracy przedstawiono przegląd literatury obiektywnych metod diagnostyki zespołu bólu mięśniowego. Główne

wyszukiwane słowa to: punkt spustowy, zespół mięśniowo-powięziowy, mięśniowo-powięziowy punkt spustowy, ocena punktów spustowych, diagnostyka zespołu mięśniowo-powięziowego. Wyszukiwanie zostało przeprowadzone za pośrednictwem portalu PubMed/MEDLINE z baz danych National Center for Biotechnology Information, US National Library of Medicine, National Institute for Health and Clinical Excellence.

Adres do korespondencji: Tomasz Piętka, Szkoła Doktorska Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach, ul. Medyków 12, 40-752, Katowice, Polska
E-mail: tomaszpietka@medicalfit.pl

Nadesłano: 1.04.2021; zaakceptowano do publikacji: 12.05.2021; publikacja online: 25.05.2021

ZESPÓŁ BÓLU MIĘŚNIOWO-POWIĘZIOWEGO

Zjawisko bólu mięśniowego i tklivości przy braku stwierdzonej jednostki chorobowej jest dobrze znane, ale nie w pełni wyjaśnione i rozumiane. Jednym z modeli tłumaczących ten istotny problem kliniczny jest zespół bólu mięśniowo-powięziowego (ang. *myofascial pain syndrome*, MPS). Dane epidemiologiczne wskazują, że MPS występuje u 85% ogólnej populacji [1–2]. Według D.G. Simonsa częstość jego występowania waha się od 30 do 93% wśród osób z bólem mięśniowo-szkieletowym. Z kolei badania J. R. Frictiona dowodzą, że większość osób doświadcza MPS przynajmniej raz w życiu, przy czym dochodzi do aktywacji punktów spustowych u 54% kobiet i 45% mężczyzn. Pomimo to MPS wciąż jest jednostką w dużej mierze niediagnozowaną i nieleczoną.

MPS opisywany jest jako niezapalne schorzenie pochodzenia mięśniowo-szkieletowego, związane z bólem i sztywnością mięśni. Termin MPS określa stan odróżniający się od innych zaburzeń, bólu tkanek miękkich, takich jak: fibromialgia, zapalenie ścięgien lub zapalenie kaletki. Travell i D.G. Simons wysunęli teorię, że źródłem MPS jest nadwrażliwe na dotyk zgrubienie w przebiegu napiętego pasma mięśniowego, nazywane punktem spustowym (ang. *trigger point*, TR). W badaniach epidemiologicznych stwierdzono obecność TR u 9% osób zgłaszających się do lekarza pierwszego kontaktu [3].

TR odpowiedzialny jest za występowanie klinicznych objawów sensorycznych, motorycznych i autonomicznych MPS, do których zalicza się: miejscową bolesność i wrażliwość na dotyk i/lub kompresję, występowanie bólu rzutowanego (ang. *referred pain*), lokalną odpowiedź skurczową (ang. *local twitch respond*) jako reakcję na kompresję lub igłoterapię, objaw „jump sign”, będący spontaniczną reakcją pacjenta (okrzyk, niekontrolowany ruch) na kompresję lub pstrykanie (ang. *snapping*) punktu spustowego, ograniczony zakres ruchu w stawach zaopatrywanych przez mięśnie zajęte przez TR, zmniejszoną siłę mięśniową, zlokalizowaną hipertermię lub rzutowaną skórą hipotermię, a także zaburzenia wyładowań płytki nerwowo-mięśniowej.

Wyróżnia się aktywne punkty spustowe (ang. *active trigger points*), stanowiące zogniskowany obszar wywołujący ból oraz inne symptomy MPS spontanicznie bez ingerencji zewnętrznej, oraz utajone punkty spustowe (ang. *latent trigger points*), powodujące występowanie objawów tylko w momencie palpacji lub kompresji. Utajone TR posiadają potencjał do aktywacji przez ogromną liczbę innych czynników w ciele, jak i poza nim. Pomimo braku bólu miejscowego pacjenci z utajonymi TR mogą zgłaszać uczucie sztywności, zmęczenia oraz osłabienia mięśni w okolicy występowania TR.

Lista stanów związanych z występowaniem TR jest obszerna i obejmuje m.in. bóle głowy typu napięciowego, migrenę, zespół smagnięcia biczem (ang. *whiplash*), zespół stawu skroniowo-żuchwowego, radikulopatię szyjną, zespół bolesnego barku, łokieć tenisisty, zespół cieśni nadgarstka, konflikt rzekowo-udowy, zespół bólowy łędźwiowego odcinka kręgosłupa, a także objawy atypowej dusznicy bolesnej [4].

Obecność punktów spustowych w części czaszkowo-szyjnej, a szczególnie w obrębie mięśnia czworobocznego grzbietu, mięśnia mostkowo-sutkowo-obojczyjowego oraz mięśni podpotylicznych, może ułatwiać migrenową ekspresję bólu. Proces ten związany jest z aktywacją nocyceptorów w miejscu występowania TR, co inicjuje lub utrwała czynnik migrenowy bólu głowy.

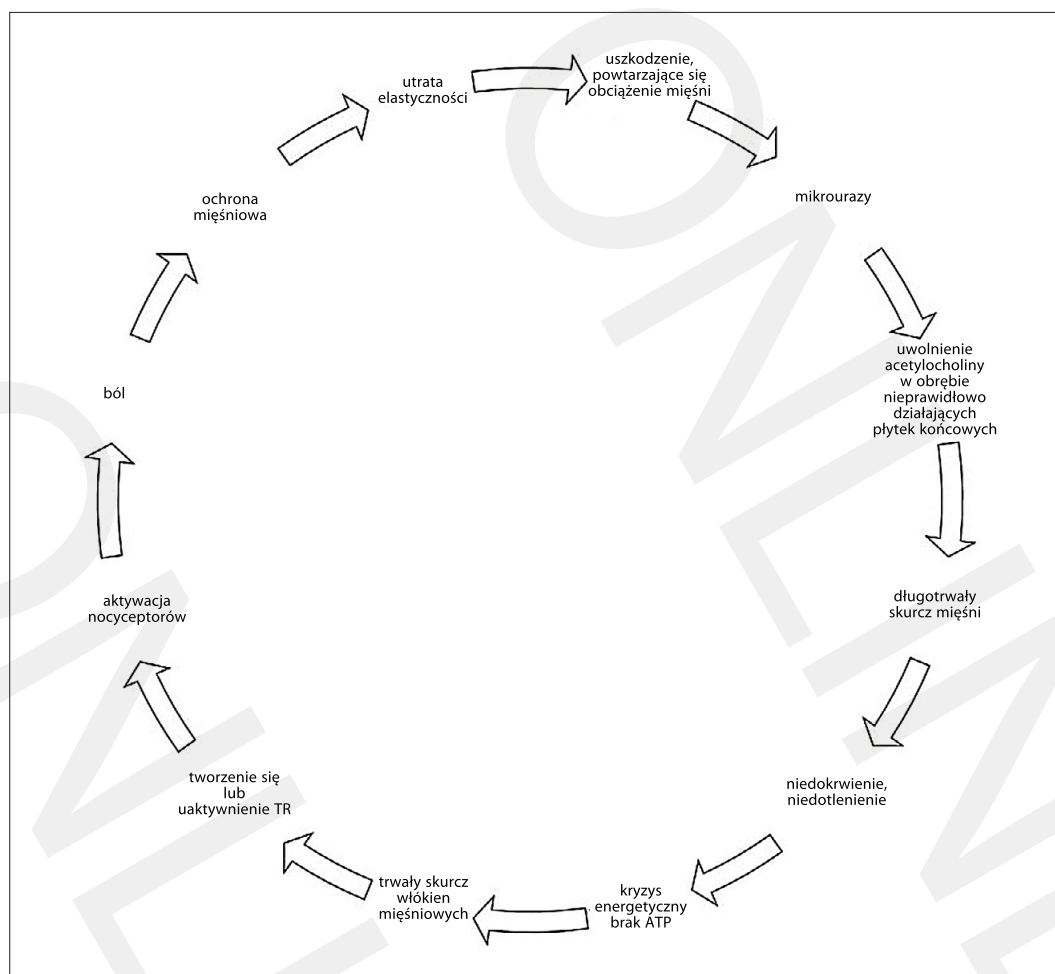
ETIOLOGIA MPS

Uważa się, że MPS może być spowodowany przez niedawne uszkodzenie mięśni lub ich przewlekłe przeciążenie (powtarzające się obciążenie) [8]. Prace wymagające powtarzalnych ruchów, dźwigania lub precyzji również mogą stanowić przyczynę powstawania MPS, w szczególności w obrębie szyi i ramion. Przewlekłe przeciążenie wiąże się z utrzymywaniem skurczu mięśnia przez dłuższy czas lub częstym powtarzalnym ruchem, co często ma miejsce w trakcie prac wymagających natężonego wysiłku mięśni posturalnych [7]. Ponadto sugeruje się, że stany lękowe, zanik mięśni spowodowany chorobą lub zaburzeniami neurologicznymi, niedokrwienie mięśni, choroba trzewna, choroby zakaźne, kompresja nerwów ruchowych lub przyczyny klimatyczne także mogą być przyczynami MPS [9].

Jedną z trudności w odpowiednim podejściu do MPS jest niedostateczne wyjaśnienie patomechanizmu tej choroby. Dostępne piśmiennictwo wskazuje na różne mechanizmy powstawania zespołu bólu mięśniowo-powięziowego. Najbardziej wiarygodną, najpełniejszą oraz szeroko akceptowaną hipotezą powstania TR jest teoria kryzysu energetycznego [7, 10–12]. Postuluje ona, że centralny punkt spustowy ma wiele włókien mięśniowych z płytkami końcowymi uwalniającymi nadmierną ilość acetylocholiny i wykazuje histopatologiczne dowody regionalnego skracania sarkomeru. Pętla zdarzeń z dodatnim sprzężeniem zwrotnym utrzymuje te zmiany, dopóki pętla nie zostanie przerwana. Mając to na uwadze, można zaklasyfikować MPS jako chorobę nerwowo-mięśniową [7].

W 2004 roku R.D. Gerwin i wsp. przedstawili rozszerzenie zintegrowanej hipotezy, przyjmując, że istnieje równowaga pomiędzy uwalnianiem, rozkładem i usuwaniem acetylocholiny z receptorów w błonie postsynaptycznej przez acetylocholinoesterazę (AChE), która jest zaburzona z powodu uszkodzenia mięśni. W uszkodzonym mięśniu uwalniane są substancje, które aktywują nocyceptory i powodują ból, a także stymulują uwalnianie, hamowanie rozkładu i usuwanie acetylocholiny. Prowadzi to do miejscowego zwężenia naczyń krwionośnych, powodując niedokrwienie i niedotlenienie, a w konsekwencji do rozwoju trwałego skurczu włókien mięśniowych, co jest charakterystyczne dla mięśniowo-powięziowego punktu spustowego (ang. *myofascial trigger point*, MTrP) [10].

Opracowano również inne hipotetyczne modele powstania TR, w tym hipotezę centralnej modulacji Hockinga, hipotezę neurogenną wg Srbely'ego, hipotezę wrzecionia mięśniowego Partanena, hipotezę radikulopatii Gunna [11] oraz hipotezę Cinderella, uzupełniającą zintegrowaną hipotezę. J. Buchman i wsp. opisali cztery główne elementy patomechanizmu TR. Pierwszym z nich jest proces zapalny. Drugim są sympatycznie aktywowane skurcze śródwrzecionowych włókien mięśniowych jako zaburzenie czynnościowe nerwowo-mięśniowej płytki motorycznej ze spontaniczną aktywnością elektromiograficzną. Następnie badacze wskazują na lokalne, minimalne uszkodzenie mięśnia, któremu towarzyszy lekkie „neurogenne” zapalenie. Ostatnim elementem jest pierwotna nierównowaga neuronalna (dysfunkcja segmentarna) na poziomie kręgosłupa, powodująca wzrost napięcia mięśniowego w napiętym paśmie [13].



Rycina 1. Mechanizm powstawania punktów spustowych wg teorii kryzysu energetycznego

DIAGNOSTYKA MPS

MPS należy odróżnić m.in. od fibromialgii (ang. *fibromyalgia*, FM), zespołu chronicznego zmęczenia (ang. *chronic fatigue syndrome*, CFS) czy uogólnionych zaburzeń bólowych, dających podobne objawy. Jest to prawdopodobne, ponieważ zespół bólu mięśniowo-powięziowego może manifestować się jako uogólniony stan, wpływający na więcej niż jedną część ciała. Dodatkowo zarówno fibromialgia, jak i MPS są związane z centralną nadwrażliwością oraz zwiększoną pobudliwością neuronów w rogu grzbietowym rdzenia kręgowego [14]. Pomimo że oba schorzenia charakteryzują się bólem tkanek miękkich i mogą współistnieć, obecnie uważa się je za odrębne stany i mają różne kryteria diagnostyczne. Wspólnymi objawami mogą być: ból stawów kręgosłupa lub twarzy, ból zapalny, objawy neurologiczne, zaburzenia metaboliczne i hormonalne, rzutowany ból trzewny oraz rozległy ból przewlekły [15]. Biorąc pod uwagę fakt, że postęp medycyny klinicznej zależy od umiejętności dokładnego diagnozowania choroby i wiarygodnej oceny efektów leczenia, kluczowe wydaje się opracowanie skutecznych i obiektywnych metod diagnozowania i różnicowania MPS.

Obecnie zarówno zespół bólu mięśniowo-powięziowego, jak i fibromialgię diagnozuje się głównie na podstawie badania podmiotowego oraz przedmiotowego, które obejmuje: palpację, ocenę zakresu ruchomości oraz pomiar siły

mięśniowej. To sprawia, że identyfikacja stanu pacjenta i jego leczenie uwarunkowane są umiejętnościami terapeuty, co może rzutować na efektywność prowadzonej terapii. Simons wskazał większe i mniejsze kryteria diagnostyczne punktów spustowych, zgodnie z którymi zespół bólu mięśniowo-powięziowego można zdiagnozować, jeśli spełnionych jest pięć głównych kryteriów i co najmniej jedno z trzech mniej istotnych kryteriów. Główne kryteria obejmują: zlokalizowany spontaniczny ból, spontaniczny ból lub zmienione odczucia w oczekiwanym obszarze rzutowania dla danego punktu spustowego (obszar docelowy), napięte, wyczuwalne zgrubienie w dostępnym mięśniu, zlokalizowaną tkliwość w precyzyjnym punkcie wzdłuż napiętego pasma oraz pewien stopień zmniejszonego zakresu ruchu, gdy jest to mierzalne [21].

W 2007 r. E.A. Tough i wsp. zidentyfikowali 19 różnych kryteriów diagnostycznych w badaniach dotyczących zespołu bólu mięśniowo-powięziowego [17]. A. Chiarotto i wsp. wykazali rozbieżności w kryteriach diagnostycznych MPS [18]. N. Lucas i wsp. w badaniach wskazują brak rzetelności diagnozy TR na podstawie dotychczasowych kryteriów diagnostycznych u symptomatycznych pacjentów [5]. L. Grosman-Rimon i wsp. na podstawie kwestionariusza wypełnionego przez 119 klinicystów, spośród których 40% stanowili lekarze rodzinni, 31% – fizjoterapeuci, 11% – reumatolodzy, 10% – lekarze pogotowia i 8% – anestezjologscy specjalizujący się w leczeniu bólu przewlekłego, zasugerowali

brak dostatecznej wiedzy na temat kryteriów diagnostycznych wśród badanych, podkreślając potrzebę konsensusu w celu ustalenia znaczenia każdego kryterium w diagnozie MPS [19].

W 2018 roku International Delphi Panel na podstawie ankiet wypełnionych przez 60 ekspertów z 12 krajów zasugerował, że co najmniej dwa z trzech następujących kryteriów muszą być spełnione w celu rozpoznania TR: napięte pasmo mięśniowe, nadwrażliwe miejsce bólu i obecność bólu rzutowanego [20].

Najpopularniejszą i najczęściej stosowaną techniką kliniczną potwierdzającą MPS jest badanie palpacyjne. Polega ono na silnym nacisku wywieranym na mięsień w celu ustalenia kryteriów diagnostycznych i uzyskania informacji zwrotnej od pacjenta. Manewr ten jest ważny przy diagnostycznym uzasadnieniu klinicznym, a także wykorzystywany jako zabieg terapii manualnej punktów spustowych. Dostępne są doniesienia naukowe wskazujące, że czułość badania palpacyjnego w wykrywaniu zespołu bólu mięśniowo-powięziowego jest niska, co skutkuje niską efektywnością prowadzonej terapii [16, 22, 30]. Niemniej jednak E. Rozenfeld i wsp., dokonując oceny czułości badania palpacyjnego w diagnostyce TR w obrębie mięśni biodra i ud, wskazali, że w przypadku utajonego i aktywnego TR istnieje rzetelność umiarkowana do wysokiej, podczas gdy jest ona niższa w przypadku innych kryteriów diagnostycznych TR (napięte pasmo mięśniowe, tkliwość i rzutowanie bólu). Z kolei w badaniach O. Mayoral del Morala zgodność (ang. *inter-tester reliability*) między dwoma badaczami identyfikującymi pacjentów z MPS i TR w mięśniach kończyny górnej okazała się zadowolająca. Uzyskane wyniki sugerują, że kryteria kliniczne mogą być aktualne i wiarygodne w diagnozie MPS [24]. Problemy w diagnozowaniu i palpacji mogą wynikać również z rozbieżności w szkoleniu poszczególnych grup zawodowych medyków.

Dostępne piśmiennictwo wskazuje, że lekarze nie zostali wystarczająco przeszkoleni w zakresie fizycznej oceny MPS [25]. Różnice mogą także wynikać z doświadczenia klinicystów [26]. Wyniki badania R. Mora-Relucia wykazały akceptowalne dowody odtwarzalności klasyfikacji i lokalizacji w mięśniach nadkłykcia boczego ramienia wśród doświadczonych praktyków, podczas gdy rzetelność była znacznie niższa u badających o mniejszym doświadczeniu [26]. Potwierdzeniem znaczenia doświadczenia klinicysty w diagnozowaniu punktów spustowych jest badanie C. Myburgh'a, w przypadku którego zgoda co do diagnozy punktów spustowych pomiędzy dwoma doświadczonymi klinicystami była znacząca [27]. Ponadto badania M. Barbero i wsp. dotyczące odtwarzalności lokalizacji punktów spustowych w mięśni czworobocznym grzbiecie sugerują, że doświadczony fizjoterapeuta korzystający z protokołu badania palpacyjnego punktów spustowych może niezawodnie zlokalizować TR [28].

Opisywane badania mają ograniczenia, które należy brać pod uwagę w ich analizie. Do głównych zastrzeżeń należą w pierwszej kolejności stosunkowo mało liczne grupy klinicystów uczestniczących w badaniach. Ponadto w pracach nie oceniano siły nacisku wywieranego przez klinicystę na miejsca napiętej taśmy mięśniowej (ang. *taut band*, TB), wywołującej ból. Dlatego nie jest możliwe potwierdzenie, że reakcje badanych na bodźce wynikały z nacisku na bolesne miejsce, a nie z nadmiernej wcześniejszej kompresji w okolicach TB. Co więcej, u większości asymptomatycznych

badanych oceniano utajone TR. Znaczenie również ma fakt, że niemożliwa była ocena palpacyjna i detekcja TR w mięśniach położonych w głębszych warstwach ciała [29].

Kolejnym problemem podczas palpacji punktu spustowego może być jego niewielki rozmiar. W badaniach ultrasonograficznych (ang. *ultrasound*, US) w okolicach stawu skokowego i grzbietowej części stopy rozmiar TR wynosił między 0,05 do 0,21 cm² [31]. S. Skidar zauważył, że TR w okolicach mięśnia czworobocznego grzbiecie występują jako dyskretne, ogniskowe, hipoechogeniczne obszary o eliptycznym kształcie i powierzchni ok. 0,16 ± 0,11 cm² [32]. Tymczasem w badaniu, w którym badano odtwarzalność lokalizacji TR mięśnia czworobocznego grzbiecie, stwierdzono średnią różnicę w lokalizacji TR między badaniami, wynoszącą 0,15 cm [28].

Podsumowując, badanie palpacyjne w celu zdiagnozowania TR jest niedostatecznie czułe, co może wskazywać na zawodność rozpoznania MPS przy wykorzystaniu kryteriów opartych na patomechanizmie powstania [22]. Dlatego też konieczne jest wskazanie obiektywnych metod diagnozowania punktów spustowych, a także oceny efektywności prowadzonej terapii.

Algometr

Jednym z powszechnie stosowanych narzędzi diagnostycznych MPS i FM jest algometr [33], nazywany również dolyrimetrem. Jest to urządzenie zaprojektowane do pomiaru progu bólu (ang. *pain pressure threshold*, PPT) lub oporności na tkliwość mięśni. PPT definiowany jest jako pierwszy punkt, nacisk na który odczuwany jest jako ból. PPT mierzony za pomocą algometru może być determinowany przez szereg czynników, m.in.: płeć, umiejętności terapeuty, miejsce badania (dominująca, niedominująca strona ciała), BMI oraz rodzaj używanego aparatu [34]. W miejscu lokalizacji TR poziom PPT jest obniżony, co potwierdzono w kilku badaniach [37–38].

Badanie polega na przyłożeniu prostopadłe do ciała w miejscu bólu gumowego dysku, najczęściej o powierzchni 1 cm². Następnie urządzenie poprzez cyfrowy lub mechaniczny wskaźnik wyświetla siłę nacisku. Badanie charakteryzuje się łatwością wykonania, co sprawia, że jest skutecznym narzędziem do obiektywnej oceny ilościowej bólu, umożliwiając terapeutom monitorowanie efektów leczenia [39] oraz poprawę skuteczności w rozpoznawaniu przewlekłego MPS [40]. Niemniej jednak w badaniu Parka i wsp., pomimo wykazania wysokiej rzetelności badania algometrem, stwierdzono, że PPT może być użytecznym parametrem do oceny efektu leczenia, ale nieprzydatnym w diagnostyce MPS ani nawet jako metoda przesiewowa [41]. Dodatkowo jedną z wad większości algometrów jest to, że nie symulują one naturalnej techniki dotykowej. Aby zaspokoić tę potrzebę, opracowano algometr do badania palpacyjnego, który wykorzystuje cienki, miękki czujnik w kształcie koniuszka palca, umożliwiający założenie go bezpośrednio na palec, co pozwala badaczowi bezpośrednio dotykać struktur anatomicznych. Niemniej jednak w badaniach porównujących rzetelność obu rodzajów algometrów w ocenie PPT nie stwierdzono istotnych różnic [42].

Ultrasonografia

Badanie ultrasonograficzne (ang. *ultrasound guided examination*, USG) jest szeroko dostępną, umożliwiającą wykonującemu je lekarzowi mobilność (ultrasonograf jest

urządzeniem przenośnym) i nieinwazyjną metodą obrazowania w czasie rzeczywistym mięśni, ścięgien, powięzi, naczyń krwionośnych i innych tkanek miękkich. Dodatkowo USG posiada potencjał do scharakteryzowania właściwości lepkosprężystych tkanki mięśniowo-naczyniowej w celu oceny ilościowej zmian hemodynamicznych wynikających z ucisku naczyń krwionośnych, zapewnienia dynamicznego pomiaru wydajności tkanek (np. skurcz mięśni) oraz wykazuje korelacje między strukturą a funkcją [32]. Coraz więcej doniesień wskazuje, że TR można zobrazować podczas badania USG, szczególnie gdy wyniki są analizowane w korelacji do badania przedmiotowego [32, 43–46]. TR podczas badania USG widoczne jest jako echogeniczne, owalne pasmo zlokalizowane na odpowiedniej głębokości w mięśniu [47]. Dzięki USG można również różnicować aktywny i utajony TR [32, 43]. Oprócz zdolności do identyfikowania TR badanie USG pozwala także na odróżnienie TR od sąsiednich tkanek [32]. Ponadto przeprowadzono badania określające użyteczność iniekcji TR w czasie rzeczywistym pod kontrolą USG [47] w celu ich terapii oraz potwierdzenia diagnozy MPS za pomocą wystąpienia LTR [29, 44]. USG może być użyte do identyfikacji anatomicznych i fizjologicznych nieprawidłowości związanych z obecnością TR, co powinno doprowadzić do ustalenia obiektywnych kryteriów diagnostycznych do badania i klasyfikacji TR, które byłyby bardziej wiarygodne, czułe i specyficzne niż badanie fizykalne.

Elastografia

Elastografia (ang. *ultrasound elastography*) jest stosunkowo nową metodą, która umożliwia jakościowe, wizualne lub ilościowe pomiary właściwości mechanicznych tkanki [84]. Opisywane badanie dostarcza informacji na temat sztywności tkanek i jest niezależne od impedancji akustycznej oraz informacji o przepływie naczyniowym dostarczanych przez tryb B i obrazowanie dopplerowskie, otwierając tym samym nowy wymiar w obrazowaniu diagnostycznym [85]. Dostępne są różne techniki elastografii, a każda z nich opiera się na odmiennych metodach wytwarzania i pomiaru zniekształcenia tkanek. Do oceny mięśni szkieletowych najczęściej stosuje się trzy techniki: elastografię naprężeń (ang. *strain elastography*, SE), obrazowanie impulsem siły promieniowania akustycznego (ang. *acoustic radiation force impulse*, ARFI) i elastografię fali ścinającej (ang. *shear-wave elastography*, SWE) [77]. Liczne badania wskazują elastografię jako przydatne narzędzie do obiektywnej oceny TR oraz interwencji terapeutycznych związanych z obecnością MPS [32, 50, 80, 81]. Dodatkowo dzięki elastografii można skutecznie zmierzyć wielkość punktów spustowych i różnicować jego rodzaj (utajony lub aktywny) [80].

Termografia

Medyczna termografia wykorzystująca promieniowanie podczerwone (ang. *medical infrared thermography*, MIT) jest nieinwazyjnym, niepromieniującym, tanim narzędziem służącym do analizy funkcji fizjologicznych związanych z temperaturą skóry [48]. Kamera termowizyjna wykrywa, rejestruje i przekształca w obrazy promieniowanie podczerwone emitowane przez ciało człowieka, odzwierciedlając w czasie rzeczywistym dynamikę mikrokrążenia w obrębie naczyń krwionośnych skóry. Zasadniczo obrazy w podczerwieni można oceniać na dwa sposoby: jakościowo, kiedy to doświadczony badacz dokonuje analizy wizualnej obrazu, i ilościowo, gdy obszary zainteresowania skóry są mierzone za

pomocą specjalnego oprogramowania [49]. Zarówno utajone, jak i aktywne TR są ściśle związane ze zmianami metabolicznymi i autonomicznymi. Fakt, że temperatura skóry jest uwarunkowana miejscowym mikrokrążeniem i aktywnością współczulną [48], pozwala na zastosowanie termografii w podczerwieni do analizy TR. Badania dowodzą wysokiej rzetelności w diagnozowaniu dysfunkcji mięśniowych [51] z wyszczególnieniem TR [52–54] za pomocą MIT. Niemniej jednak A. Dibai-Filho wykazuje brak występowania termicznych wzorców skórnych w TR, twierdząc, że MIT należy stosować wyłącznie jako narzędzie pomocnicze [55]. Poza wartością diagnostyczną wskazuje się również na wykorzystanie MIT jako metody ewaluacji prowadzonej terapii [56]. W badaniach G. Onika i wsp., oceniających efekty terapii TR za pomocą MIT, wykazano wydłużoną odpowiedź tkankową, która była zależna od płci badanych. Co więcej, badania te dowodzą, że fizjoterapeuci powinni wykonywać ewaluację efektów terapii z odpowiednim opóźnieniem. Natychmiastowe efekty terapii odnoszą się głównie do intensywności bólu, podczas gdy odpowiedź tkankowa to proces długotrwały [57]. Na podstawie kryteriów diagnostycznych Simonsa uważa się, że MIT ze względu na łatwą dostępność powinna być standardem w diagnozowaniu TR, choć konieczne są dalsze badania w tym zakresie.

Miotonometr

Miotonometr umożliwia szybkie ilościowe oraz nieinwazyjne pomiary sztywności, napięcia i elastyczności tkanek [58]. Jest urządzeniem przenośnym, dzięki czemu badania można wykonywać w dowolnym miejscu. Dodatkowo pomiary z jego użyciem są łatwe do przeprowadzania. Liczne badania wykazały, że miotonometr jest rzetelnym narzędziem umożliwiającym oszacowanie różnic we właściwościach mechanicznych tkanek mięśniowo-powięziowych [60–61, 65]. Ponadto M. Bizzini w swoich badaniach przy pomocy miotonometru zarejestrował spójne i wiarygodne pomiary sztywności lepkosprężystej mięśni [59]. Miotonometr zastosowano również w badaniach patologicznych stanów mięśni, takich jak: choroba Parkinsona [62], świeży udar mózgu [63], oraz u pacjentów po urazie rdzenia kręgowego [64]. Kolejną zaletą miotonometru jest użycie go w celach monitorowania zmian sztywności mięśni po interwencjach takich jak terapia manualna i ćwiczenia rozciągające [61]. Biorąc pod uwagę patofizjologię zarówno opisywanych schorzeń, jak i TR, miotonometr powinien sprawdzić się w ocenie diagnostycznej MPS. Niemniej jednak określenie potencjału tej metody w ocenie MPS wymaga dalszych badań [59–61].

Elektromiografia

Według licznych badań TR można zidentyfikować na podstawie pomiarów spontanicznej aktywności elektrycznej uzyskanej dzięki elektromiografii igłowej (ang. *needle electromyography*, nEMG) oraz elektromiografii powierzchniowej (ang. *surface electromyography*, sEMG) [66–69]. SEMG jest stosowana w analizie kinetycznej do diagnozowania normalnej lub nieprawidłowej funkcji mięśni i nerwów na podstawie amplitudy i częstotliwości. Wśród zalet tej metody wskazuje się: nieinwazyjność, łatwość użycia oraz możliwość wykonywania pomiarów podczas ruchu dynamicznego [67]. Niemniej jednak sEMG jest niewrażliwa na rejestrowanie bardzo małych potencjałów amplitudowych, takich jak potencjały migotania, a także nie pozwala na dokładną ocenę subtelnych zmian w pojedynczej jednostce motorycznej [70]. Badanie

nEMG z kolei polega na wprowadzeniu elektrody w postaci igły akupunkturowej do mięśnia. Specjalna aparatura, dzięki specjalnemu oprogramowaniu, rejestruje powolne przesuwanie się igły przez różne obszary mięśnia i odbiera sygnały elektryczne, które występują w spoczynku, inicjowane ruchem igły oraz podczas dobrowolnego skurczu mięśnia [71]. Metoda nEMG jest precyzyjna, ale technika jest inwazyjna [72]. Dzięki badaniom z użyciem nEMG wykazano istnienie dowodów na nieprawidłową aktywność płytek motorycznych neuronów kończących się we włóknach mięśniowych TR, co odczytywane jest jako zakłócenia, skok potencjału lub oba zjawiska jednocześnie [69]. Dysfunkcja płytki motorycznej w obrębie TR może być dowodem na wyjaśnienie zjawiska napiętego pasma mięśniowego. Użycie sEMG lub nEMG pozwala również uniknąć stronniczości oceniającego przy ocenie LTR [73]. Analizę elektrofizjologiczną za pomocą EMG TR można także zastosować do oceny efektów terapii i zapewnienia ilościowej diagnostyki MPS [67].

Rezonans magnetyczny z elastografią

Rezonans magnetyczny z elastografią (ang. *magnetic resonance elastography*, MRE) jest stosunkowo nową metodą obrazowania opartą na rezonansie magnetycznym (ang. *magnetic resonance imaging*, MRI). MRE wykorzystuje obrazowanie kontrastem fazowym do wykrywania sztywności tkanek. Badanie polega na użyciu zewnętrznego źródła w celu wprowadzania cyklicznych fal ścinających do badanej tkanki, a obrazowanie kontrastem fazowym służy do mapowania zniekształceń tkanki, gdy fale przechodzą przez obszar zainteresowania. Obrazy fazy MRE fantomu z napiętym pasmem ujawniły wzór fali w kształcie szewronu, fala taka różniła się od fali płaskiej, występującej w jednorodnych fantomach żelowych [74–75]. Dzięki badaniom MRE potwierdzono, że TB są związane raczej z włóknami mięśniowymi niż z niezależnym od włókien obszarem mięśniowym. Dodatkowo, zgodnie z klinicznymi oczekiwaniami, napięcie pasma są rzeczywiście sztywniejsze niż otaczający mięsień, w którym się znajdują [76]. Badania Q. Chena dowodzą, że badanie palpacyjne może być fałszywie dodatnie, a obecne metody MRE fałszywie ujemne w ocenie obecności TB. Pasma te istnieją, można je wiarygodnie ocenić ilościowo i reprezentują zlokalizowane obszary o zwiększonej sztywności mięśni [76]. Z powodu wysokich kosztów badań i małej dostępności MRE wydają się być mało dostępnym narzędziem w ocenie TR w codziennej praktyce klinicznej.

Biomarkery

W celu poznania biochemicznych właściwości TR i zbadania mechanizmów powstawania bólu w MPS opracowano system mikroanalizy. System ten polega na pomiarze środowiska biochemicznego *in vivo* mięśni w czasie zbliżonym do rzeczywistego na poziomie poniżej nanogramowego. Zestaw zawiera igłę do mikrodializy, zdolną do ciągłego pobierania bardzo małych próbek (~0,5 µl) soli fizjologicznej po ekspozycji na środowisko tkanki wewnętrznej na półprzepuszczalnej membranie o grubości 105 µm [77]. Badanie wykonuje się przy minimalnym zaburzeniu tkanki, bez szkodliwego wpływu dla badanego. Zmierzone poziomy badanych wskaźników (biomarkerów) można wykorzystać do rozróżnienia klinicznie odrębnych grup [78]. Kliniczna ocena biomarkerów może stanowić obiektywne narzędzie w diagnostyce MPS [16].

J.P. Shah w swoich badaniach dzięki mikroanalizie wykazał ogólny wzrost koncentracji wartości neuropeptydu

substancji P (SP), peptydu pochodnego genu kalcytoniny (CGRP), bradykinin (BK), 5-hydroxytryptaminy/serotoniny (5-HT), noradrenaliny (NE), czynnika martwiczego nowotworu (TNF-α) i interleukin 1b (IL-1b) w aktywnych TR w stosunku do utajonych TR oraz badanych bez obecności TR [50]. Dodatkowo wartości pH były znacznie niższe w aktywnych TR [79]. W badaniach A.F. Moraski i wsp. wykorzystano mikrodializę jako narzędzie oceny terapii TR, co dało im metodologiczny wgląd w mechanizm leczenia i analizę bólu. Spośród biomarkerów zmierzonych w tym badaniu za najbardziej odpowiedni do wykrywania i leczenia nieprawidłowości towarzyszących TR uznano mleczan [79]. Opisywana technika ma ograniczenia, polegające na braku zapewnienia klinicyście wyników, które mógłby natychmiast zastosować w codziennej praktyce klinicznej. Przyszłe badania powinny temu zaradzić poprzez rozwój technologii oznaczania biomarkerów, którą można by wdrożyć w rutynowej praktyce klinicznej, usprawniając podejmowanie decyzji przez klinicystę i zmniejszając niepotrzebne opóźnienie interwencji terapeutycznej [16].

PODSUMOWANIE

Podstawowym wyzwaniem dla klinicysty w zarządzaniu MPS jest potrzeba ustalenia obiektywnego oraz rzetelnego narzędzia diagnostycznego TR. Obecnie nie ma ustalonego „złotego standardu” w diagnozowaniu punktów spustowych. Dotychczasowe badanie MPS w codziennej praktyce klinicysty opiera się głównie na badaniu palpacyjnym, wspartym przez kryteria diagnostyczne zaproponowane przez Simonsa. Jak wykazały liczne badania, schemat ten jest nierzetelny. MPS może być nieprawidłowo zdiagnozowany i pomyłony z innymi jednostkami chorobowymi, chociażby z fibromialgią. Konsekwencją złej diagnozy jest niewłaściwe leczenie, a w rezultacie brak efektów terapeutycznych. W takim przypadku kluczowe wydaje się wsparcie badania palpacyjnego obiektywnymi narzędziami diagnostycznymi, które mogą potwierdzić bądź wykluczyć obecność TR.

S. Mense i wsp. zaproponowali schemat diagnostyczny MPS, w którym historia choroby i badanie fizykalne stanowią podstawowe narzędzia diagnostyczne, wsparte przez testy diagnostyczne potwierdzające zmiany w tkance mięśniowej, tj. EMG, USG, PPT (za pomocą algometru) oraz termografię w podczerwieni [36]. Z kolei J.Z. Srbeli i wsp. uważają analizę biomarkerów i USG za ważny element obiektywnego wglądu w fizyczną ocenę TR i diagnozę MPS, chociaż nie powinny one zastępować badania palpacyjnego, a być jego uzupełnieniem [16].

W dalszym ciągu poszukuje się taniego, nieinwazyjnego, szeroko dostępnego narzędzia, pozwalającego na szybkie diagnozowanie MPS. Ciągły brak konsensusu wśród klinicystów dotyczącego schematu postępowania w zakresie diagnostyki MPS powoduje, że najbardziej rzetelnym badaniem wydaje się badanie palpacyjne wykonane przez doświadczonego terapeute. Niemniej jednak powinno zostać ono uzupełnione o co najmniej jedną z metod obiektywnej diagnostyki TR. Biorąc pod uwagę dostępność badania USG oraz opierając się na literaturze, właśnie to badanie uważa się za najodpowiedniejsze. Dodatkowo może być ono wykorzystane w terapii punktów spustowych oraz w ocenie jej skuteczności.

PIŚMIENICTWO

1. Fleckenstein J, Zaps D, Rürger L, et al. Discrepancy between prevalence and perceived effectiveness of treatment methods in myofascial pain syndrome: Results of a cross-sectional, nationwide survey. *BMC Musculoskel Disord*. 2010; 11: 32. <https://doi:10.1186/1471-2474-11-32>
2. Weller JL, Comeau D, Otis JAD. Myofascial Pain. *Semin Neurol*. 2018; 38(6): 640–643. <https://doi:10.1055/s-0038-1673674>
3. Skootsky SA, Jaeger B, Oye RK. Prevalence of myofascial pain in general internal medicine practice. *West J Med*. 1989; 151(2): 157–60.
4. Simons DG. Clinical and etiological update of myofascial pain from trigger points. *J Musc Pain*. 1996; 4: 93–122.
5. Lucas N, Macaskill P, Les I, et al. Reliability of Physical Examination for Diagnosis of Myofascial Trigger Points. *Clin J Pain*. 2009; 25(1): 80–89. <https://doi:10.1097/AJP.0b013e31817e13b6>
6. Friction JR. Myofascial pain of the head and neck: diagnosis and management. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 1996; 6: 177–194.
7. Simons DG. Review of enigmatic MTRPs as a common cause of enigmatic musculoskeletal pain and dysfunction. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004; 14(1): 95–107. <https://doi:10.1016/j.jelekin.2003.09.018>
8. Gerwin RD. Myofascial Trigger Point Pain Syndromes. *Semin Neurol*. 2016; 36(5): 469–473. <https://doi:10.1055/s-0036-1586262>
9. Cummings M, Baldry P. Regional myofascial pain: diagnosis and management. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007; 21: 367–387. <https://doi:10.1016/j.berh.2006.12.006>
10. Gerwin RD, Dommerholt J, Shah JP. An Expansion of Simons' Integrated Hypothesis of Trigger Point Formation. *Curr Pain Headache Rep*. 2004; 8: 468–475. <https://doi:10.1007/s11916-004-0069-x>
11. Hocking MJL. Exploring the Central Modulation Hypothesis: Do Ancient Memory Mechanisms Underlie the Pathophysiology of Trigger Points? *Curr Pain Headache Rep*. 2013; 17(7): 347. <https://doi:10.1007/s11916-013-0347-6>
12. Shah JP, Thaker N, Heimur J, et al. Myofascial Trigger Points Then and Now: A Historical and Scientific Perspective. *PMR*. 2015; 7: 746–761. <https://doi:10.1016/j.pmrj.2015.01.024>
13. Buchmann J, Neustadt B, Buchmann-Barthel K. Objective measurement of tissue tension in myofascial trigger point areas before and during the administration of anesthesia with complete blocking of neuromuscular transmission. *Clin J Pain*. 2014; 30(3): 191–198. <https://doi:10.1097/AJP.0b013e3182971866>
14. Gerwin RD. Diagnosing fibromyalgia and myofascial pain syndrome. *J Fam Pract*. 2013; 62(12): 19–25.
15. Borg-Stein J, Iaccarino MA. Myofascial pain syndrome treatments. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2014; 25(2): 357–74. <https://doi:10.1016/j.pmr.2014.01.012>
16. Srbely JZ, Kumbhare D, Grosman-Rimon LA. Narrative review of new trends in the diagnosis of myofascial trigger points: diagnostic ultrasound imaging and biomarkers. *J Can Chiropr Assoc*. 2016; 60(3): 220–225.
17. Tough EA, White AR, Richards S. Variability of criteria used to diagnose myofascial trigger point pain syndrome – evidence from a review of the literature. *Clin J Pain*. 2007; 23(3): 278–86. <https://doi:10.1097/AJP.0b013e31802fda7c>
18. Chiarotto A, Clijsen R, Fernandez-de-las-Penas C, et al. Prevalence of myofascial trigger points in spinal disorders: A systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016; 97(3): 16–37. <https://doi:10.1016/j.apmr.2015.09.021>
19. Grosman-Rimon L, Clarke H, Chan AK, et al. Clinicians' perspective of the current diagnostic criteria for myofascial pain syndrome. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 2017; 30: 509–514.
20. Fernández-de-las-Peñas C, Dommerholt J. International consensus on diagnostic criteria and clinical considerations of myofascial trigger points: A delphi study. *Pain Medicine*. 2018; 19: 142–150. <https://doi:10.1093/pm/pnx207>
21. Giamberardino MA, Affaitati G, Fabrizio A. Myofascial pain syndromes and their evaluation. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2011; 25(2): 185–198. <https://doi:10.1016/j.berh.2011.01.002>
22. Quintner JL, Bove GM, Cohen ML. A critical evaluation of the trigger point phenomenon. *Rheumatology*. 2015; 54: 392–399. <https://doi:10.1093/rheumatology/keu471>
23. Rozenfeld E, Finestone AS, Moran U, et al. Test-retest reliability of myofascial trigger point detection in hip and thigh areas. *J Bodyw Mov Ther*. 2017; 21(4): 914–919. <https://doi:10.1016/j.jbmt.2017.03.023>
24. Mayoral del Moral O, Torres Lacomba M, Russell I J, et al. Validity and Reliability of Clinical Examination in the Diagnosis of Myofascial Pain Syndrome and Myofascial Trigger Points in Upper Quarter Muscles. *Pain Med*. 2018; 19(10): 2039–2050. <https://doi:10.1093/pm/pnx315>
25. Watt-Watson J, Peter E, Clark AJ, et al. The ethics of Canadian entry-to-practice pain competencies: how are we doing? *Pain Res Manag*. 2013; 18: 25–32.
26. Mora-Relucio R, Núñez-Nagy S, Gallego-Izquierdo T, et al. Experienced versus Inexperienced Interexaminer Reliability on Location and Classification of Myofascial Trigger Point Palpation to Diagnose Lateral Epicondylalgia: An Observational Cross-Sectional Study. *J Evid Based Complementary Altern Med*. 2016; 2016: 6059719. <https://doi.org/10.1155/2016/6059719>
27. Myburgh C, Lauridsen HH, Larsen AH. Standardized manual palpation of myofascial trigger points in relation to neck/shoulder pain; the influence of clinical experience on inter-examiner reproducibility. *Man Ther*. 2011; 16(2): 136–140.
28. Barbero M, Bertoli P, Cescon C, et al. Intra-rater reliability of an experienced physiotherapist in locating myofascial trigger points in upper trapezius muscle. *J Man Manip Ther*. 2012; 20(4): 171–177.
29. Dong Wook R, Ji Cheol S, Yong Kyun K. Detecting Local Twitch Responses of Myofascial Trigger Points in the Lower-Back Muscles Using Ultrasonography. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011; 92(10): 1576–1580.
30. Myburgh C, Holsgaard LA, Hartvigsen J. A Systematic, Critical Review of Manual Palpation for Identifying Myofascial Trigger Points: Evidence and Clinical Significance. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89(6): 1169–1176.
31. Zale KE, Klatt M, Volz KR, et al. A mixed-method approach to evaluating the association between myofascial trigger points and ankle/foot pain using handheld sonography equipment: a pilot study. *J Diagn Med Sonogr*. 2015; 31: 210–220.
32. Sikdar S, Shah JP, Gebreab T, et al. Novel applications of ultrasound technology to visualize and characterize myofascial trigger points and surrounding soft tissue. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009; 90: 1829–1838.
33. Cheatham SW, Kolber MJ, Mokha GM, et al. Concurrent validation of a pressure pain threshold scale for individuals with myofascial pain syndrome and fibromyalgia. *J Man Manip Ther*. 2018; 26(1): 25–35. <https://doi:10.1080/10669817.2017.1349592>
34. Giburm P, Chan Woo K, Si Bog P. Reliability and Usefulness of the Pressure Pain Threshold Measurement in Patients with Myofascial Pain. *Ann Rehabil Med*. 2011; 35(3): 412–417.
35. Liew B, Lee HY, Rügamer D, et al. A novel metric of reliability in pressure pain threshold measurement. *Sci Rep*. 2021; 11: 6944. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86344-6>
36. Mense S. Muscle Pain: Mechanisms and Clinical Significance. *Dtsch Arztebl Int*. 2008; 105(12): 214–219. doi:10.3238/artzebl.2008.0214
37. Hong CZ, Chen YN, Twehous DA, et al. Pressure threshold for referred pain by compression on the trigger point and adjacent areas. *J Musculoskel Pain*. 1996; 4: 61–79.
38. Ziaieifar M, Massoud Arab A, Karimi N, et al. The effect of dry needling on pain, pressure pain threshold and disability in patients with a myofascial trigger point in the upper trapezius muscle. *J Bodyw Mov Ther*. 2014; 18(2): 298–305.
39. Jerez-Mayorga D, Dos Anjos CF, Macedo MC, et al. Instrumental validity and intra/inter-rater reliability of a novel low-cost digital pressure algometer. *Peer J*. 2020; 12(8): e10162. <https://doi:10.7717/peerj>
40. Linde Lukas D, Kumbhare D, Joshi Maneil DA, et al. The relationship between rate of algometer application and pain pressure threshold in the assessment of myofascial trigger point sensitivity. *Pain Pract*. 2018; 18(2): 224–229.
41. Park G, Kim C, Park S, et al. Reliability and usefulness of the pressure pain threshold measurement in patients with myofascial pain. *Ann Rehabil Med*. 2011; 35(3): 412–7. <https://doi:10.5535/arm.2011.35.3.412>
42. Bernhardt O, Schiffman E, Look J. Reliability and validity of a new fingertip-shaped pressure algometer for assessing pressure pain thresholds in the temporomandibular joint and masticatory muscles. *J Orofac Pain*. 2007; 21(1): 29–38.
43. Jafari M, Bahrpeyma F, Mokhtari-Dizaji M, et al. Novel method to measure active myofascial trigger point stiffness using ultrasound imaging. *J Bodyw Mov Ther*. 2018; 22(2): 374–378. <https://doi:10.1016/j.jbmt.2017.06.019>
44. Kumbhare D, Singh D, Rathbone A, et al. Ultrasound-guided interventional procedures: myofascial trigger points with structured literature review. *Reg Anesth Pain Med*. 2017; 42(3): 407–412. <https://doi:10.1097/AAP.0000000000000572>
45. Da Silva AC, Aily JB, Oliveira AB. Interrater and intrarater reliability and minimum detectable change of ultrasound for active myofascial trigger points in upper trapezius muscle in individuals with shoulder pain. *J Manipulative Physiol Ther*. 2020; 43(9): 855–863.

46. Kisha T, Shankar H. Targeting myofascial taut bands by ultrasound topical collection on myofascial pain. *Curr Pain Headache Rep.* 2013; 17(7): 1–4. <https://doi:10.1007/s11916-013-0349-4>
47. Parthasarathy S, Charles S. Analgesic Efficacy of Ultrasound Identified Trigger Point Injection in Myofascial Pain Syndrome: A Pilot Study in Indian Patients. *Indian J Pain* 2016; 30(3): 162–165. <https://doi:10.4103/0970-5333.198011>
48. Jasti N, Bista S, Bhargav H, et al. Medical Applications of Infrared Thermography: A Narrative Review. *Infrared Phys Technol.* 2019; 14(1): 35–53.
49. Dibai-Filho A, Guirro E, Ferreira V, et al. Reliability of different methodologies of infrared image analysis of myofascial trigger points in the upper trapezius muscle. *Braz J Phys Ther.* 2015; 19(2): 122–128.
50. Shah JP, Gilliams EA. Uncovering the biochemical milieu of myofascial trigger points using in vivo microdialysis: An application of muscle pain concepts to myofascial pain syndrome. *J Body Mov Ther.* 2008; 12(4): 371–384. <https://doi:10.1016/j.jbmt.2008.06.006>
51. Costa A, Dibai Filho A, Packer AC, et al. Intra and inter-rater reliability of infrared image analysis of masticatory and upper trapezius muscles in women with and without temporomandibular disorder. *Braz J Phys Ther.* 2013; 17(1): 24–31. <https://doi:10.1590/s1413-35552012005000058>
52. Cojocar MC, Cojocar IM, Voiculescu VM, et al. Trigger points-ultrasound and thermal findings. *J Med Life.* 2015; 8(3): 315–318.
53. Magalhães MF, Dibai-Filho A, de Oliveira Guirro EC. Evolution of Skin Temperature after the Application of Compressive Forces on Tendon, Muscle and Myofascial Trigger Point. *PLoS ONE* 2015; 10(6): e0129034. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129034>
54. Girasol CE, Dibai-Filho A, de Oliveira AK, de Jesus Guirro RR. Correlation Between Skin Temperature Over Myofascial Trigger Points in the Upper Trapezius Muscle and Range of Motion, Electromyographic Activity, and Pain in Chronic Neck Pain Patients. *J Manipulative Physiol Ther.* 2018; 41(4): 350–357. <https://doi:10.1016/j.jmpt.2017.10.009>
55. Dibai-Filho A, Roberto de Jesus Guirro R. Evaluation of myofascial trigger points using infrared thermography: a critical review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther.* 2015; 38(1): 86–92. <https://doi:10.1016/j.jmpt.2014.10.010>
56. Altındış T, Güngörmüş M. Thermographic evaluation of occlusal splint and low level laser therapy in myofascial pain syndrome. *Complement Ther Med.* 2019; 44: 277–281. <https://doi:10.1016/j.ctim.2019.05.006>
57. Onik G, Kasprzyk T, Knapik K, et al. Myofascial Trigger Points Therapy Modifies Thermal Map of Gluteal Region. *Biomed Res Int.* 2020; Article ID 4328253, 7 pages. <https://doi:10.1155/2020/4328253>
58. Andonian BJ, Masi AT, Aldag JC, et al. Greater Resting Lumbar Extensor Myofascial Stiffness in Younger Ankylosing Spondylitis Patients Than Age-Comparable Healthy Volunteers Quantified by Myotonometry. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015; 96(11): 2041–2047. <https://doi:10.1016/j.apmr.2015.07.014>
59. Bizzini M, Mannion AF. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clin Biomech.* 2003; 18(5): 459–461. [https://doi:10.1016/s0268-0033\(03\)00042-1](https://doi:10.1016/s0268-0033(03)00042-1)
60. Jiménez-Sánchez C, Ortiz-Lucas M, Bravo-Esteban E, et al. Myotonometry as a Measure to Detect Myofascial Trigger Points: An Inter-Rater Reliability Study. *Physiol Meas.* 2018; 26; 39(11): 115004. <https://doi:10.1088/1361-6579/aae9aa>
61. Liu CL, Feng N, Zhang HQ, et al. Assessing the viscoelastic properties of upper trapezius muscle: Intra- and inter-tester reliability and the effect of shoulder elevation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018; 43: 226–229. <https://doi:10.1016/j.jelekin.2017.09.007>
62. Marusiak J, Jaskólska A, Koszewicz M, et al. Myometry revealed medication-induced decrease in resting skeletal muscle stiffness in Parkinson's disease patients. *Clin Biomech.* 2012; 27(6): 632–635. <https://doi:10.1016/j.clinbiomech.2012.02.001>
63. Chuang L, Wu C, Lin K, et al. Quantitative mechanical properties of the relaxed biceps and triceps brachii muscles in patients with subacute stroke: a reliability study of the Myoton-3 myometer. *Stroke Res Treat.* 2012; 2012: 617694. <https://doi:10.1155/2012/617694>
64. Ge JS, Chang TT, Zhang ZJ. Reliability of Myotonometric Measurement of Stiffness in Patients with Spinal Cord Injury. *Med Sci Monit.* 2020; 28(26): e924811. <https://doi:10.12659/MSM.924811>
65. Nair K, Masi AT, Andonian BJ, et al. Stiffness of resting lumbar myofascia in healthy young subjects quantified using a handheld myotonometer and concurrently with surface electromyography monitoring. *J Body Mov Ther.* 2016; 20(2): 388–396. <https://doi:10.1016/j.jbmt.2015.12.005>
66. Wytrzążek M, Huber J, Lipiec J, et al. Evaluation of palpation, pressure algometry, and electromyography for monitoring trigger points in young participants. *J Manipulative Physiol Ther.* 2015; 38(3): 232–243. <https://doi:10.1016/j.jmpt.2014.12.005>
67. Hun Yu S, Jin Kim H. Electrophysiological characteristics according to activity level of myofascial trigger points. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27(9): 2841–2843. <https://doi:10.1589/jpts.27.2841>
68. Ge HY, Monrde S, Graven-Nielsen T, et al. Latent myofascial trigger points are associated with an increased intramuscular electromyographic activity during synergistic muscle activation. *J Pain.* 2014; 15(2): 181–187. <https://doi:10.1016/j.jpain.2013.10.009>
69. Coupe CH, Midttun A, Hilden J, et al. Spontaneous Needle Electromyographic Activity in Myofascial Trigger Points in the Infraspinatus Muscle: A Blinded Assessment. *J Musculoskelet Pain.* 2001; 9(3): 7–16. https://doi:10.1300/J094v09n03_02
70. Meekin GD, So Y, Quan D. American Association of Neuromuscular & Electrodiagnostic Medicine evidence-based review: use of surface electromyography in the diagnosis and study of neuromuscular disorders. *Muscle Nerve.* 2008; 38(4): 1219–1224. <https://doi:10.1002/mus.21055>
71. Rubin DI. Needle electromyography: Basic concepts. *Handb Clin Neurol.* 2019; 160: 243–256. <https://doi:10.1016/B978-0-444-64032-1.00016-3>
72. Hong CZ, Simons DG. Pathophysiologic and electrophysiologic mechanisms of myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 79: 863–872. [https://doi:10.1016/s0003-9993\(98\)90371-9](https://doi:10.1016/s0003-9993(98)90371-9)
73. Feng LP, Schmidt JE, De Leeuw R. Inability of surface electromyography to register the local twitch response elicited by trigger point injection and snapping palpation in myofascial pain patients. *J Musculoskelet Pain.* 2008; 16(3): 165–173. <https://doi:10.1080/10582450802161911>
74. Chen Q, Bensamoun S, Basford J, et al. Identification and Quantification of Myofascial Taut Bands with Magnetic Resonance Elastography. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007; 88(12): 1658–1661. <https://doi:10.1016/j.apmr.2007.07.020>
75. Chen Q, Basford J, An KN. Ability of magnetic resonance elastography to assess taut bands. *Clin Biomech.* 2008; 23(5): 623–629. <https://doi:10.1016/j.clinbiomech.2007.12.002>
76. Chen Q, Wang HJ, Gay RE, et al. Quantification of Myofascial Taut Bands. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016; 97(1): 67–73. <https://doi:10.1016/j.apmr.2015.09.019>
77. Shah JP, Phillips TM, Danoff JV, et al. An in vivo microanalytical technique for measuring the local biochemical milieu of human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 2005; 99(5): 1977–84. <https://doi:10.1152/jappphysiol.00419.2005>
78. Simons DG. Review of Microanalytical in vivo study of biochemical milieu of myofascial trigger points. *J Body Mov Ther.* 2006; 10(1): 10–11. <https://doi:10.1016/j.jbmt.2005.09.004>
79. Moraska AF, Hickner RC, Kohrt WM, et al. Changes in Blood Flow and Cellular Metabolism at a Myofascial Trigger Point with Trigger Point Release (Ischemic Compression): A Proof-of-Principle Pilot Study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013; 94(1): 196–200. <https://doi:10.1016/j.apmr.2012.08.216>
80. Garra BS. Elastography: current status, future prospects, and making it work for you. *Ultrasound Q.* 2011; 27(3): 177–86. <https://doi:10.1097/RUQ.0b013e31822a2138>
81. Brandenburg JE, Eby SF, Song P, et al. Ultrasound Elastography: The New Frontier in Direct Measurement of Muscle Stiffness. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014; 95(11): 2207–19. <https://doi:10.1016/j.apmr.2014.07.007>
82. Sikdar S, Turo D, Otto P, et al. Ultrasound Imaging and Elastography for Characterizing Muscle Tissue in Myofascial Pain Syndrome. *PM&R.* 2013; 5(9): 133–S133. <https://doi:10.1016/j.pmrj.2013.08.014>
83. Ling G, Chen Z, Ding-Ding Z, et al. Application of shear wave elastography in the evaluation of neck-shoulder myofascial pain syndrome. *Zhongguo Gu Shang.* 2016; 29(2): 142–145.
84. Calvo-Lobo C, Diez-Vega I, Martínez-Pascual B, et al. Tensiomyography, sonoelastography, and mechanosensitivity differences between active, latent, and control low back myofascial trigger points. *Medicine.* 2017; 96(10): e6287. <https://doi:10.1097/MD.0000000000006287>
85. Bird M, Shah J, Gerber L, et al. Characterization of local muscle fiber anisotropy using shear wave elastography in patients with chronic myofascial pain. *Ann Rehabil Med.* 2018; 61: 13–e13.