

Otrzymano:
11.10.2018
Zaakceptowano:
30.01.2019
Opublikowano:
28.06.2019

Ultrasonografia wysokiej rozdzielczości w diagnostyce urazów mięśni: czy istnieje miejsce dla elastografii?

High resolution ultrasound for imaging complications of muscle injury: Is there an additional role for elastography?

Eleni E. Drakonaki¹, Iwona Sudół-Szopińska², Christos Sinopidis³,
Panagiotis Givissis³

¹ Independent Radiology Practice, Heraklion, Kreta, Grecja

² Zakład Radiologii, Narodowy Instytut Geriatrii, Reumatologii i Rehabilitacji, Warszawa, Polska

³ 1st Department of Orthopaedic Surgery, Medical School, University of Thessaloniki,
Papanikolaou Hospital, Saloniki, Grecja

Adres do korespondencji: Elena Drakonaki, MD, PhD, Daidaloy 30-32, 71102, Heraklion, Crete,
Greece; tel.: 0030 2810 228300, e-mail: drakonaki@yahoo.gr

DOI: 10.15557/JoU.2019.0020

Słowa kluczowe

mięsień,
uraz,
powikłania,
tkanka bliznowata,
elastografia

Keywords

muscle,
injury,
complications,
scar,
elastography

Abstract

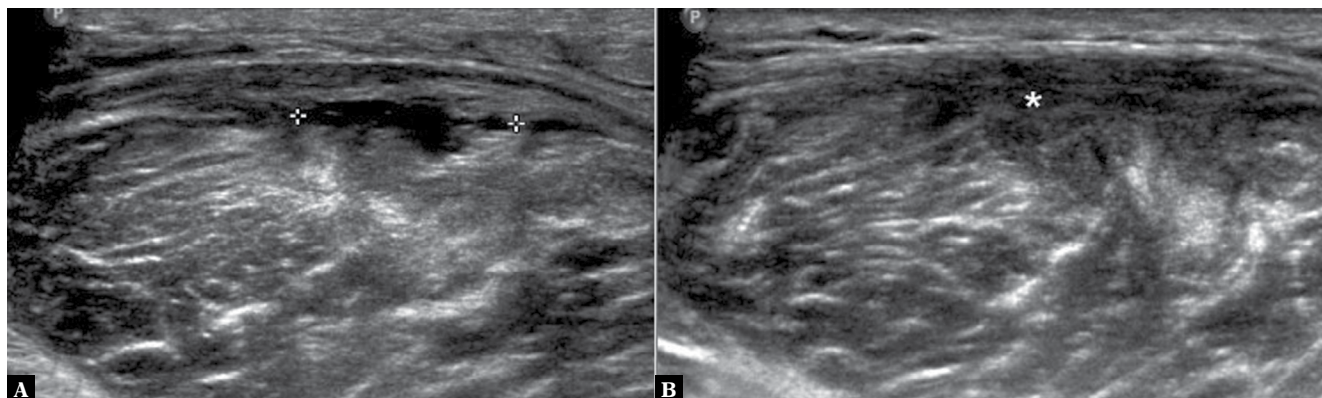
Muscle healing after injury occurs within a period of weeks following a three-phase physiological process. Disruption of the normal healing process may lead to a number of complications, including excessive scar formation, myositis ossificans, muscle atrophy, muscle cysts and hernias. Complications of muscle injury are important because they may be symptomatic, are associated with high risk of re-injury and compromise muscle performance, thus delaying return to sporting activity and requiring special treatment. High-resolution ultrasound imaging equipped with high-frequency probes and advanced B-mode and Doppler technology has emerged as a promising modality for the diagnosis, grading and follow-up of muscle injury. Ultrasound allows imaging of minimal scar formation, early detection of myositis ossificans and cysts, and dynamic evaluation of small muscle hernias. Ultrasound imaging combined with strain and shear wave elastography can also provide information on the mechanical properties of intact and diseased muscle tissue, thus allowing assessment of muscle biomechanics in the clinical setting. This article reviews the histology and ultrasound appearance of normal and abnormal muscle healing with an emphasis on the sonographic appearances of muscle injury complications. It also discusses pitfalls, provides tips for an less experienced sonographer and presents the possible role of strain elastography in the diagnosis of complications, such as scar tissue.

Wstęp

Uszkodzenia mięśni najczęściej dotyczą sportowców. Dochodzi do nich w wyniku działania wielu mechanizmów, od zespołu opóźnionego bólu mięśniowego (*delayed onset muscle soreness*, DOMS), który praktycznie nie powoduje długofalowych konsekwencji, poprzez stłuczenia, do częściowego albo całkowitego przerwania ciągłości

mięśnia^(1,2). Diagnostyka stopnia uszkodzenia mięśnia ma istotny wpływ na planowanie sposobu leczenia sportowca, prognozowanie czasu powrotu do aktywności sportowej oraz szacowanie ryzyka zaburzeń biomechanicznych mięśnia czy ryzyka ponownego urazu⁽¹⁻³⁾.

Ultrasonografia wysokiej rozdzielczości jest szeroko stosowana w diagnostyce urazów mięśni. Wraz



Ryc. 1. Obraz ultrasonograficzny prawidłowego procesu gojenia uszkodzenia II stopnia (częściowe zerwanie) mięśnia prostego uda w pobliżu powierzchniowej części rozciągna. Widoczny hipoechogeniczny obszar wypełniony płynem (krzyżyki) 3 dni po urazie (A). Trzy tygodnie później przestrzeń wypełniona nieco hipoechogeniczną tkanką (gwiazdka) (B)

z wprowadzeniem najnowszej generacji aparatów ultrasonograficznych wysokiej rozdzielczości, wyposażonych w głowice o wysokiej częstotliwości oraz zaawansowane opcje obrazowania B-mode i techniki dopplerowskie, tkankę mięśniową można obrazować z wysoką rozdzielczością i rozpoznawać nawet niewielkie nieprawidłowości. Czułość badania ultrasonograficznego jest porównywalna z czułością badania rezonansem magnetycznym (MR) w stanach ostrych (2–48 godzin), ale jest niższa w przypadku DOMS i stanów nadostrych (<2 godziny po urazie)^(4–8). Ultrasonografia jest metodą tańszą i bardziej dostępną niż MR. Umożliwia ocenę lokalizacji, rozległości i stopnia uszkodzenia mięśnia, dostarcza informacji pozwalających na ustalenie rokowania i podjęcie odpowiedniego leczenia zachowawczego lub chirurgicznego^(3–7). Ponadto unikalną zaletą ultrasonografii jest możliwość oceny porównawczej ze stroną przeciwną oraz badania dynamicznego w czasie ruchu w stawie lub skurczu mięśnia^(4–8). W stanach podostrych i przewlekłych metoda może być wartościowa w obserwacji procesu gojenia u pacjentów po urazach oraz w identyfikacji powikłań, które mogą wymagać leczenia specjalistycznego^(4–8).

Dzięki wykorzystaniu opcji elastografii odkształceniowej lub fali poprzecznej badanie ultrasonograficzne może dostarczyć informacji w zakresie właściwości mechanicznych zdrowej i zmienionej tkanki mięśniowej^(9–16). Elastografię odkształceniową stosuje się w celu oceny mięśni niezmiennych w czasie wykonywania ćwiczeń oraz ich patologii, w tym dystrofii, zapalenia i zespołów bólowych^(2,13). Doniesienia na temat roli elastografii w ocenie urazów mięśni i ich powikłań są nieliczne. Informacje te pochodzą z eksperymentalnych badań na modelu zwierzęcym z wykorzystaniem elastografii fali poprzecznej^(17,18) lub z badań w warunkach klinicznych z użyciem elastografii odkształceniowej^(14–16).

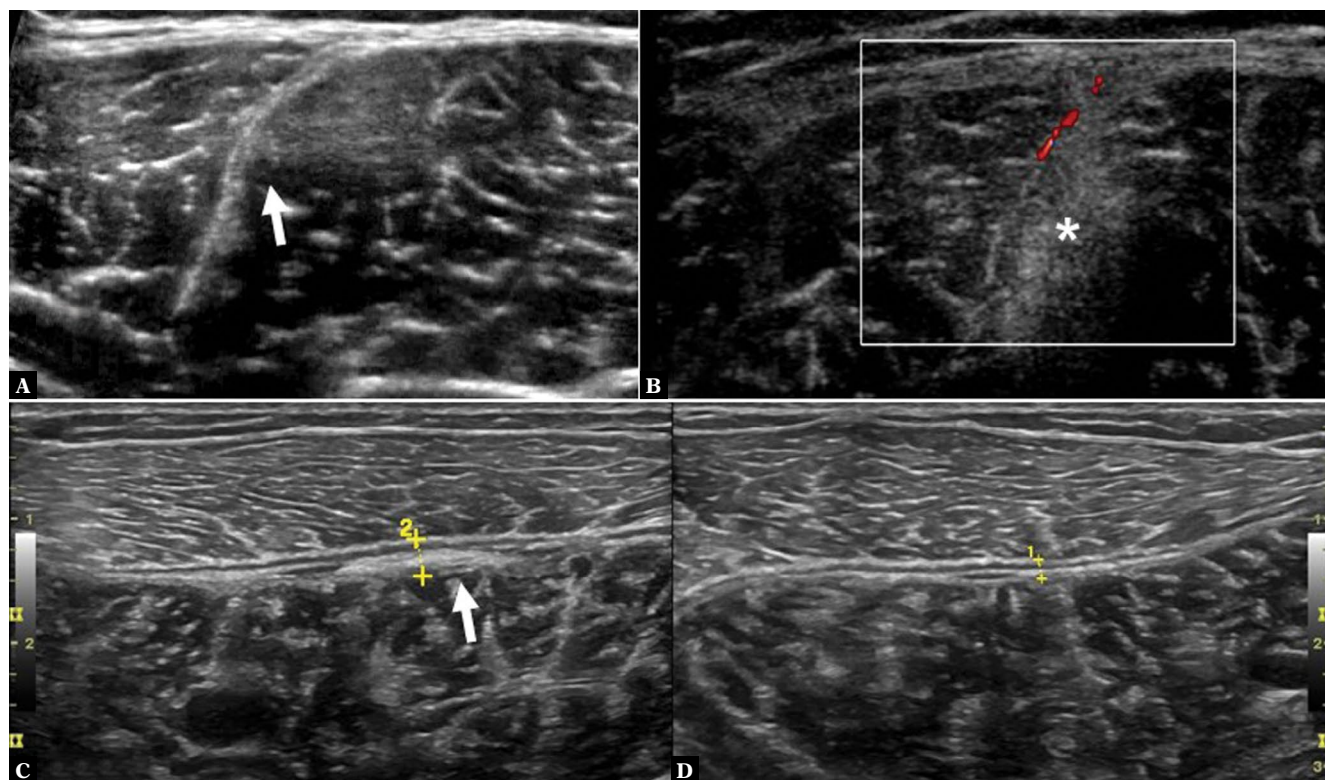
W niniejszej pracy omówiono znaczenie badania ultrasonograficznego w monitorowaniu procesu naprawy mięśni po urazie oraz powikłania mogące wystąpić w czasie nieprawidłowego procesu gojenia. Przedstawiono potencjalną rolę elastografii odkształceniowej w diagnostyce powikłań urazów mięśni.

Obraz histologiczny i ultrasonograficzny procesu gojenia tkanki mięśniowej

Proces gojenia mięśni po ostrym urazie to raczej proces naprawy, a nie regeneracji, i składa się z trzech etapów⁽²⁾, które można śledzić w badaniu ultrasonograficznym.

W fazie zapalnej (destrukcyjnej), trwającej do kilku godzin po urazie, przerwane włókna mięśniowe kurczą się, a kikut mięśnia wypełnia krwaki. Faza namnażania (naprawy) charakteryzuje się rozpoczęciem procesu różnicowania komórek satelitarnych w mioblasty oraz produkcją kolagenu przez fibroblasty. W okresie 5–6 dni po urazie włókno regeneracyjne zastępuje zerwane, martwiczo zmienione włókno mięśnia, a w czasie 3 dni od urazu rozpoczyna się proces neowaskularyzacji. W fazie przebudowy miotubule łączą się z pozostałymi po urazie fragmentami włókien, tworząc nowe połączenia mięśniowościęgnowe. Zregenerowane włókna będą zawierać niewielką ilość dobrze zorganizowanej tkanki bliznowatej. W 10. dniu po urazie tkanka bliznowata staje się w pełni dojrzała. Aby jednak mięsień odzyskał siłę sprzed urazu, musi minąć kilka tygodni lub miesięcy^(2,6). Początkowe krótkotrwałe unieruchomienie mięśnia wspomaga fizjologiczny proces gojenia tkanki mięśniowej, co umożliwia uzyskanie odpowiedniej tkanki ziarninowej, a następnie stopniowy powrót do aktywności, która intensyfikuje fazę regeneracji poprzez indukowanie procesu angiogenezy oraz wspomaganie odpowiedniego ułożenia włókien mięśniowych⁽²⁾.

Cechy ultrasonograficzne prawidłowego procesu naprawy tkanki mięśniowej odzwierciedlają wyżej opisane procesy fizjologiczne^(1,6). W przypadkach łagodnego urazu (I stopnia), który uwidacznia się w postaci hiperechogenicznego obszaru krwiaka w obrębie tkanki mięśniowej, prawidłowy proces gojenia zwykle prowadzi do zmniejszania się rozmiaru krwiaka i powrotu prawidłowej echostruktury mięśnia. W przypadku urazów bardziej nasilonych (II i III stopnia) obszary hipoechogeniczne odpowiadające zbiornikom płynowym stopniowo zmniejszają swój rozmiar, a wolną przestrzeń zaczyna wypełniać izoechogeniczna lub echogeniczna tkanka, odpowiadająca tkance bliznowatej (Ryc. 1). Obraz taki ujawnia się w miejscu zerwania po 6



Ryc. 2. Obraz ultrasonograficzny tkanki bliznowatej. Badanie USG w płaszczyźnie osiowej niezmienionego (A) i objawowego (B) mięśnia prostego uda u 25-letniego piłkarza miesiąc po urazie. Widoczne istotne pogrubienie centralnej części rozciągnięta z echogeniczną tkanką bliznowatą (gwiazdka na obrazie B) oraz subtelną neowaskularyzacją w opcji dopplera. Porównanie ze stroną przeciwną (strzałka na obrazie A) podkreśla różnice w grubości i echogeniczności. Badanie USG w płaszczyźnie podłużnej objawowego (C) i bezobjawowego (D) mięśnia brzuchatego w części przyśrodkowej u 22-letniego piłkarza. W porównaniu z przeciwną stroną widoczne subtelne pogrubienie rozciągnięta mięśnia (biała strzałka), wskazujące na obecność minimalnej tkanki bliznowatej

tygodniach od urazu⁽⁶⁾. Jednak ze względu na mniejszy kontrast w porównaniu z badaniem MR ultrasonografia może nie uwidoczniać niewielkich, resztkowych obszarów uszkodzenia, ewidentnych w badaniu MR w postaci wysokiego sygnału w sekwencjach czułych dla wody⁽⁸⁾.

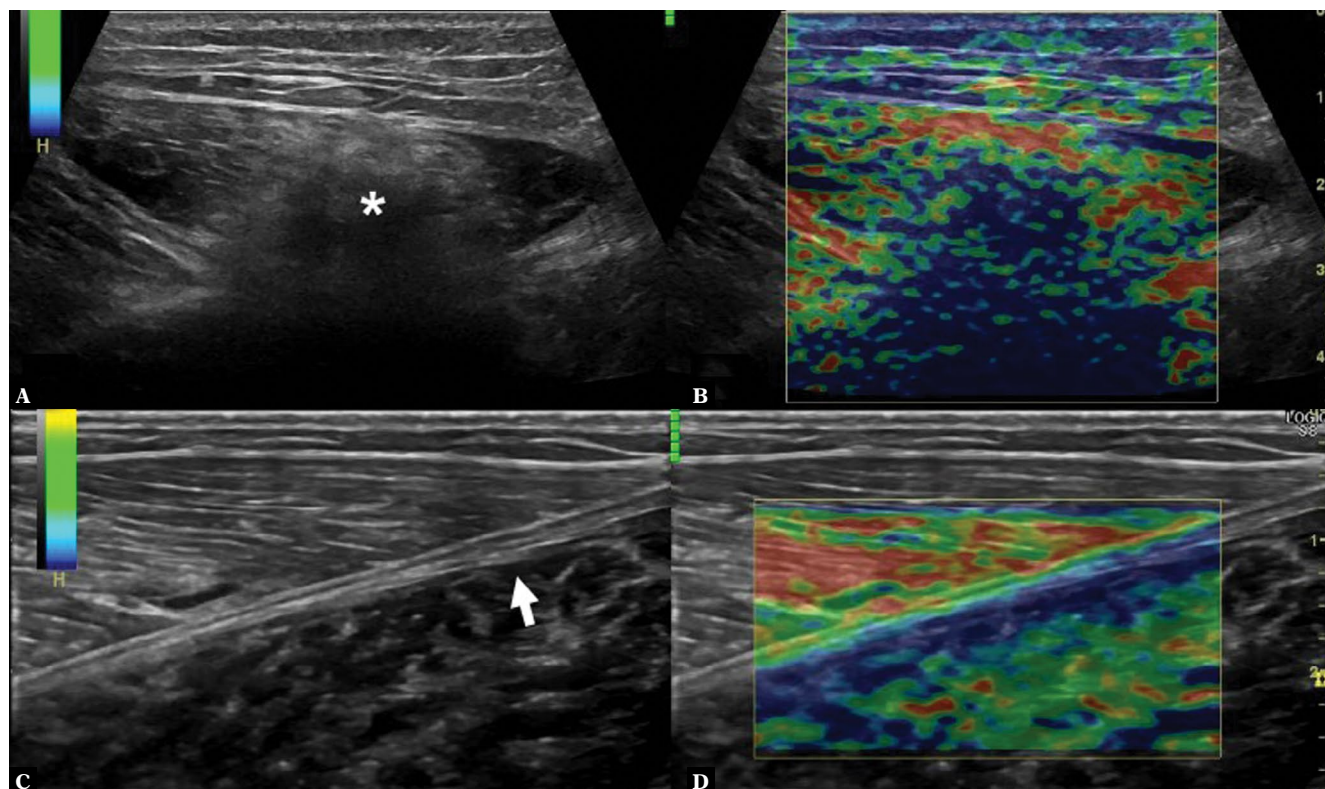
Powikłania urazów mięśni

Powikłania urazów mięśni są konsekwencją zakłócenia naturalnego procesu gojenia. Zalicza się do nich: powstanie nadmiernej tkanki bliznowatej, zapalenie kostniejące mięśnia, atrofie mięśnia, torbiele i przepukliny.

Bliznowacenie mięśnia

Wadliwy proces bliznowacenia zachodzi wówczas, gdy do mobilizacji mięśnia dojdzie natychmiast po urazie⁽⁴⁻⁸⁾. Jest to powikłanie poważne, które należy rozpoznać w kontrolnych badaniach USG, szczególnie w przypadku sportowców wyczynowych, ponieważ zbyt duża ilość tkanki bliznowatej może powodować objawy bólowe i tklivość, które nasilają się przy rozciąganiu mięśnia. Blizna pogarsza również czynność mięśnia i uważa się, że predysponuje do ponownych urazów w miejscu pierwotnego uszkodzenia^(3,6). Blizna w USG może mieć wysoką i jednorodną echogeniczność albo stanowić obszar

o niejednorodnej echogeniczności, z hipoechogeniczną otoczką (halo)⁽⁴⁻⁶⁾ (Ryc. 2 A). Z kolei za blizną o niskiej echogeniczności może występować tylny cień – artefakt spowodowany obecnością nieregularnie ułożonej, gęstej tkanki włóknistej. Cień ten może przesłaniać bliznę (Ryc. 3 A). W praktyce uwidocznienie niewielkich obszarów echogenicznych tkanki bliznowatej może być szczególnie trudne, zwłaszcza dla mniej doświadczonej osoby wykonującej badanie ultrasonograficzne, ponieważ jest to obszar echogenicznych punktów i linii, które przypominają prawidłową echostrukturę mięśnia. Czasem minimalna ilość tkanki bliznowatej może uwidoczniać się w postaci nieregularnego pogrubienia powięzi lub śródmięśniowego odcinka ścięgna, co można zaobserwować, skrupulatnie oceniając mięsień, szczególnie narażone obszary okolic „połączeń” mięśniowo-ścięgnistych w obrębie mięśnia i przypowięziowo, a także porównując go ze stroną przeciwną, bezobjawową (Ryc. 2 B, C). W identyfikacji miejsca zbliznowacenia może pomóc pacjent, wskazując miejsce bólu, oraz ocena dynamiczna mięśnia w czasie skurczu i rozkurczu, która może okazać się przydatna w obrazowaniu zaburzeń czynności skurczowej mięśnia w obszarach zmian bliznowatych. W diagnostyce wykorzystuje się również zjawisko anizotropii, ponieważ tkanka bliznowata jest z reguły mniej anizotropowa niż niezmieniona tkanka mięśniowa, ze względu na bardziej nieregularną orientację tkanki bliznowatej w porównaniu z dobrze zorganizowanymi i ułożonymi równolegle włóknami mięśniowymi. W praktyce oznacza to, że przy odchyłonej głowicy ultrasonograficznej obszary zdrowego mięśnia stają się wyraźnie



Ryc. 3. Elastografia czasu rzeczywistego tkanki bliznowatej. Badanie USG w płaszczyźnie osiowej (A) i elastografia odkształceniowa (B) mięśnia prostego uda u 33-letniego piłkarza z widoczną wyraźną, hiperechogeniczną tkanką bliznowatą w okolicy centralnej rozciągna (gwiazdka na obrazie A) oraz związany z nią cień akustyczny. Odpowiadający obrazowi USG elastogram wykazuje niższą elastyczność (kolor niebieski) w okolicy tkanki bliznowatej w porównaniu z prawidłowym obrazem pozostałej części mięśnia (mozaika kolorów zielonego i czerwonego). Badanie USG w płaszczyźnie podłużnej głowy przyśrodkowej mięśnia brzuchatego u 22-letniego piłkarza w miejscu wskazywanych dolegliwości. Widoczne subtelne pogrubienie rozciągna mięśnia (biała strzałka), wskazujące na obecność minimalnej tkanki bliznowatej. Odpowiadający obrazowi USG elastogram ukazuje obniżoną elastyczność (kolor niebieski) wzdłuż połączenia mięśniowo-rozciągnowego

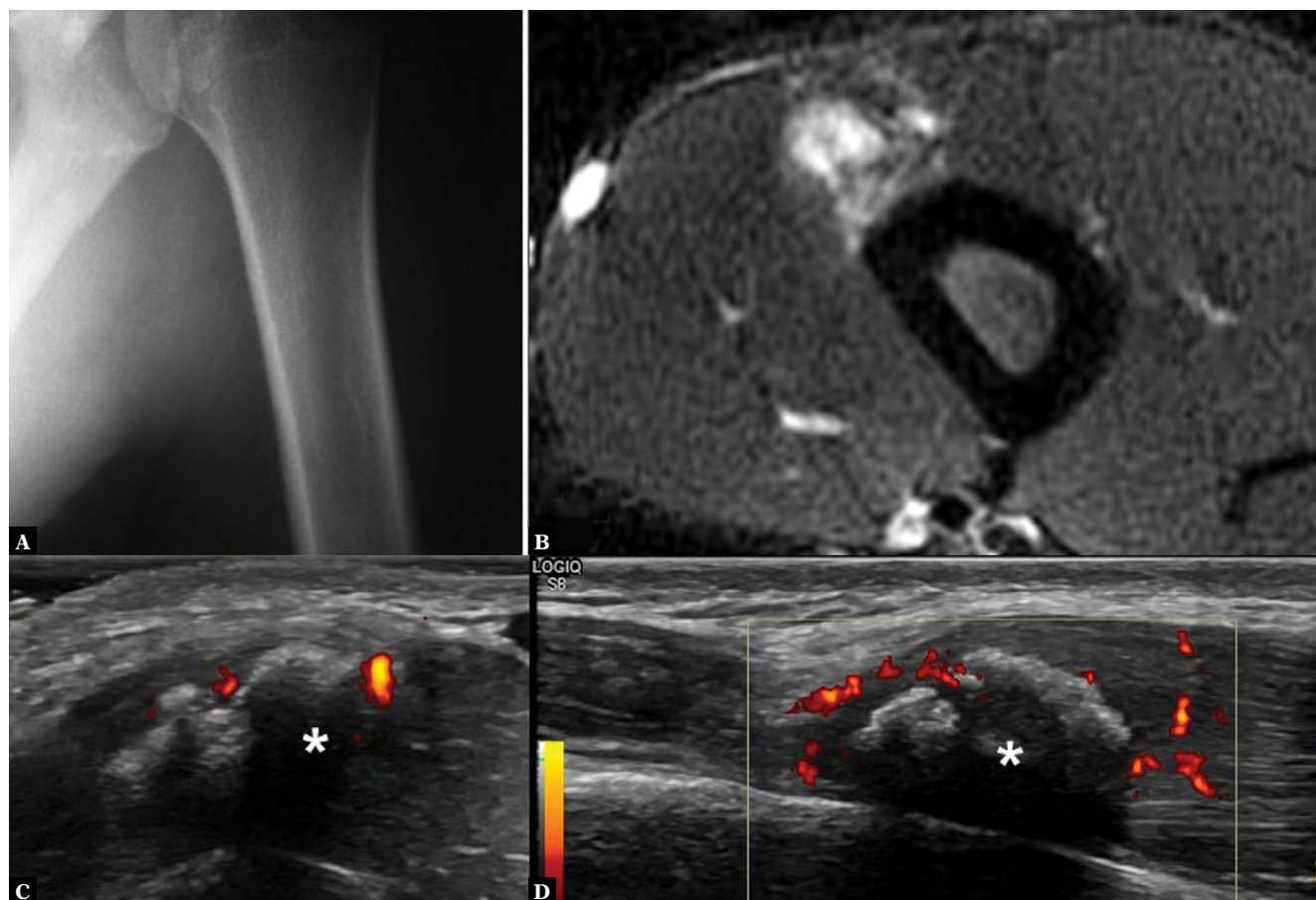
hipoechogeniczne, w przeciwieństwie do blizny⁽¹⁹⁾. Rzadko we wczesnych etapach formowania się tkanki bliznowatej można zaobserwować subtelny proces neowaskularyzacji (Ryc. 2).

Elastografia może odgrywać pewną rolę w obrazowaniu niewielkich zmian bliznowatych. W badaniach laboratoryjnych wykazano, że włóknista tkanka bliznowata cechuje się obniżoną sprężystością⁽²⁰⁾. Wyniki te potwierdzono w przypadku popromiennego zwłóknienia okolic szyi w badaniach przeprowadzonych za pomocą komercyjnie dostępnych aparatów USG z opcją elastografii fali poprzecznej⁽²¹⁾. Zaledwie kilka publikacji dotyczy zastosowania elastografii odkształceniowej w diagnostyce urazów mięśni (uraz typu „noga/łydka tenisisty”) i blizny pourazowej^(14,15). Obraz prawidłowego mięśnia w elastografii odkształceniowej przedstawia niejednorodną mozaikę kolorów niebieskiego, zielonego i czerwonego^(12,14,15,22,23). W przypadku urazu mięśni elastografia może wykazać mniej typowy wzorec elastyczności w obszarach, gdzie obraz w trybie B-mode jest prawidłowy⁽¹⁴⁾. Wykazano ponadto, że ostre uszkodzenie prowadzi do wzrostu elastyczności mięśni, prawdopodobnie przez obecność krwiaka, co przedstawia się raczej jako jednorodny obszar oznaczony umownie kolorem czerwonym, który staje się sztywniejszy (kolor niebieski) po kilku tygodniach w miarę ustępowania krwiaka i tworzenia się tkanki bliznowatej^(14,15) (Ryc. 3). Sugeruje się więc, że zmiany mięśni charakteryzujące się dobrym rokowaniem dają obraz elastycznej tkanki,

a włóknienie powoduje obecność obszarów o wyższej sztywności, które mogą być większe niż uwidocznione w obrazowaniu B-mode i mogą czasem zawierać obszary miękkie, w zależności od długości zmiany i czasu, jaki upłynął od urazu⁽¹⁴⁾. Choć dostępne dane pochodzą wyłącznie z krótkich doniesień naukowych, wyniki sugerują, że elastografia odkształceniowa może być potencjalnym narzędziem stosowanym w monitorowaniu procesu gojenia mięśni i rozpoznawaniu wczesnych cech tworzącej się blizny.

Pourazowe kostniejące zapalenie mięśnia

Kostniejące zapalenie mięśnia to rodzaj pourazowego ogniskowego kostnienia śródmięśniowego, zwykle obejmującego proksymalną część kończyn, przestrzenie międzyżebrowe oraz mięśnie pośladkowe. W 40% przypadków pacjent nie zgłasza w wywiadzie urazu lub zgłasza jedynie uraz łagodny. Zmiana ujawnia się w postaci tkliwego guzka lub pozostaje bezobjawowa. W badaniu radiograficznym typowe zmiany kostniejące osiągają pełną dojrzałość po około 6–8 tygodniach, a następnie zmniejszają swój rozmiar w ciągu dalszych 6 miesięcy, by stopniowo zaniknąć^(4-6,24-26). Typowy obraz USG we wczesnym stadium kostnienia (2–4 tygodnie) przedstawia hipoechogeniczny obszar z zachowaniem włókien mięśniowych, w którego obrębie widoczne są obszary hiperechogeniczne



Ryc. 4. *Kostniejące zapalenie mięśnia u 17-letniego chłopca zgłaszającego obecność wyczuwalnej tkliwej zmiany w obrębie środkowej części ramienia, która pojawiała się stopniowo przez 2 tygodnie. Radiografia kości ramiennej bez zmian (A). Obraz MR T2-zależny z saturacją (tłumieniem) sygnału tkanki tłuszczowej w płaszczyźnie osiowej (B) ukazuje niejednorodną śródmięśniową zmianę w okolicy okostnej kości ramiennej z niewielkimi ogniskami niskiego sygnału i niezmiennym trzon kości. Obrazy USG w płaszczyźnie osiowej (C) i podłużnej (D) wyraźnie przedstawiają obecność śródmięśniowych zwapnień (gwiazdka), ułożonych równoległe do trzonu kości, z towarzyszącym procesem neowaskularyzacji – obraz typowy dla kostniejącego zapalenia mięśnia. Ostatecznie pacjent przypomniał sobie o incydencie tępym urazie w czasie meczu piłki nożnej 3 tygodnie przed badaniem*

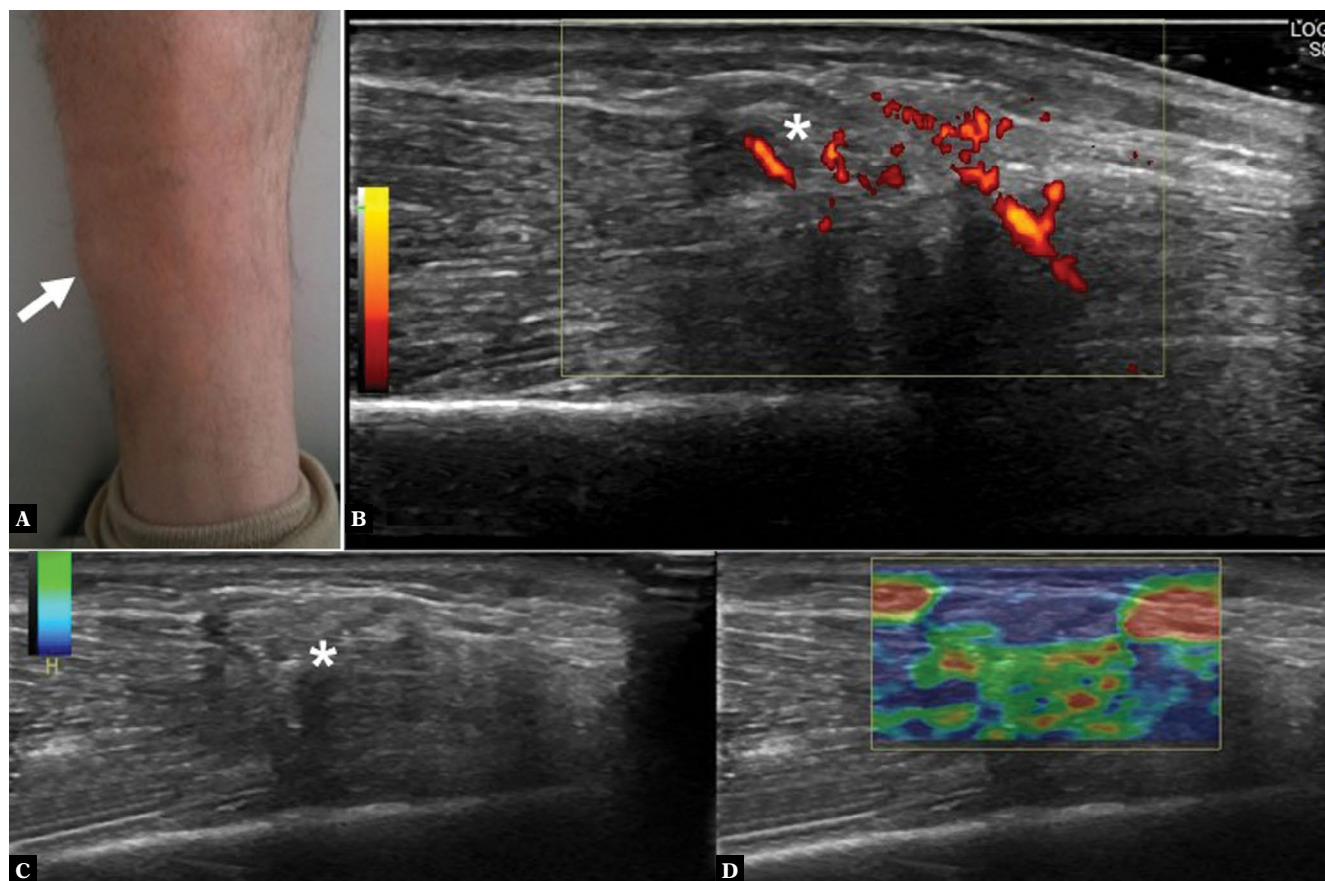
i naczynia⁽²⁴⁻²⁶⁾. Okazjonalnie można zaobserwować poziomy płyn w towarzyszących krwiakach. W stadium podostrym (<6 miesięcy) stopniowo zaczynają się formować podłużne pasma grubych zwapnień, poczynając od obrzeży zmiany i rozciągając się wzdłuż powierzchni kostnej trzonów kości długich⁽²⁴⁾. Sporadycznie mogą pojawić się linijne zwapnienia o przebiegu równoległym do włókien mięśniowych⁽²⁴⁾. Dojrzała zmiana (>6 miesięcy) składa się z gęstego, uwapnionego materiału (zblizonego wyglądem do obrazu konwencjonalnej radiografii), który staje się bardziej nieregularny w miarę stopniowego ograniczania się zwapnienia⁽²⁴⁾.

Badanie ultrasonograficzne jest szczególnie przydatne na bardzo wczesnym etapie (poniżej 10 dni), kiedy to zdjęcie radiograficzne nie wykazuje zmian, a w badaniu MR stwierdzane są cechy nieswoistego zapalenia mięśnia lub widoczna jest niejednorodna zmiana zawierająca materiał o niskiej intensywności sygnału, co można pomylić z obrazem mięsaka⁽²⁴⁻²⁶⁾. Kluczowe w diagnostyce różnicowej jest zidentyfikowanie typowych obwodowych zwapnień, które różnicują kostniejące zapalenie mięśni z mięśniakiem przykorowym. Badanie ultrasonograficzne odgrywa zasadniczą rolę w ustaleniu właściwego rozpoznania, ponieważ

pozwała na uwidocznienie niewielkich zwapnień w obrębie zmiany nawet 2 tygodnie wcześniej niż radiografia⁽²⁴⁻²⁶⁾ (Ryc. 4). W przypadku wątpliwości można zlecić kontrolne badanie USG po 3-4 tygodniach w celu potwierdzenia rozpoznania.

Przepuklina mięśniowa

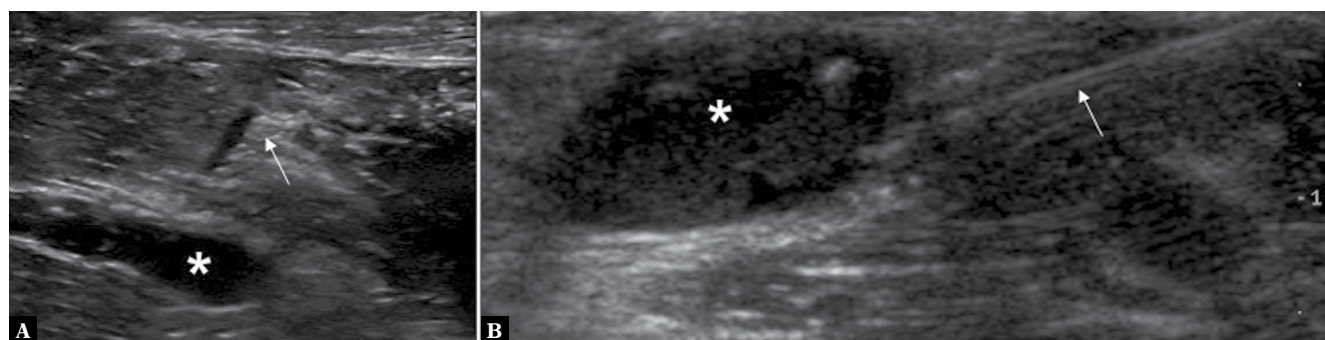
Przepuklina mięśniowa to powikłanie spowodowane penetrującym lub tępym urazem mięśnia, prowadzącym do miejscowego ubytku ciągłości warstwy mięśniowo-powięziowej otaczającej mięsień (*epimysium* – namięśnia)⁽²⁷⁻³⁰⁾. Niewielkie powierzchniowe fragmenty mięśnia mogą okresowo lub stale uwypuklać się przez ten ubytek, prowadząc do powstania przepukliny (Film 1 – dostępny na www.jultrason.pl). Przepukliny mięśniowe występują częściej w kończynach dolnych, głównie w obrębie przednio-bocznych mięśni piszczelowych. Objawiają się zazwyczaj obecnością wyczuwalnego, tkliwego guzka, którego wielkość może ulegać zmianie, w zależności od aktywności fizycznej, lub też nagłych epizodów silnego bólu towarzyszącego skurczowi mięśnia⁽²⁷⁻³⁰⁾ (Ryc. 5 A).



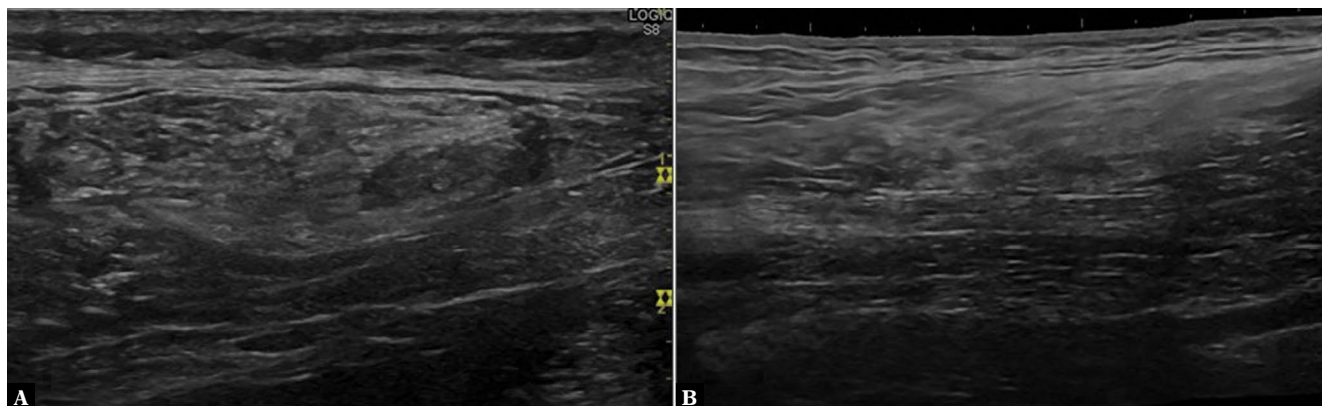
Ryc. 5. Przepuklina mięśniowa u 40-letniego mężczyzny zgłaszającego obecność wyczuwalnej, tkliwej zmiany w okolicy kości piszczelowej po doznaniu tępego urazu (uderzenie kamieniem); ból nasilał się po marszu (strzałka na obrazie **A**). Widoczne uwypuklenie się włókien mięśnia przez ubytek w namięśnej z towarzyszącą neowaskularyzacją, spowodowaną prawdopodobnie zastojem żylnym (**B**). Elastografia czasu rzeczywistego wraz z obrazem B-mode (**C**) oraz odpowiadającym mu elastogramem (**D**) ukazują obecność obniżonej elastyczności (kolor niebieski odpowiada tkance bardziej sztywnej) w okolicy przepukliny, podkreślając uwięzienie tkanki w tej okolicy. Badanie dynamiczne tego chorego przedstawia Film 1 (dostępny na www.jultrason.pl)

Ze względu na wysoką rozdzielczość, dynamiczny charakter badania oraz możliwość współpracy z pacjentem badanie ultrasonograficzne jest optymalnym narzędziem do potwierdzenia podejrzenia przepukliny mięśniowej^(27–30). Badanie wykazuje obecność prawidłowej albo hipoechogenicznej tkanki mięśnia uwypuklającej się poprzez ubytek w powięzi do

tkanki podskórnej (Ryc. 5 B i C). Dzięki opcji dopplera można stwierdzić obecność zwiększonego unaczynienia w obszarze przepukliny ze względu na przekrwienie żylnie (Ryc. 5 B). Szczególnie pomocne w obrazowaniu szczelin, niewidocznym w spoczynkowym badaniu USG, jest badanie wykonane po wysiłku zmienionego mięśnia (np. po marszu, staniu lub



Ryc. 6. Śródmięśniowa torbiel/obecność płynu surowiczego u 45-letniej kobiety 3 miesiące po tępych urazie (**A**). Widoczny zbiornik wypełniony bezechowym płynem (gwiazdka na obrazie **A**) oraz niewielkie przerwanie ciągłości mięśnia, prostopadłe do włókien (strzałka). Aspiracja resztkowego hipoechogenicznego krwaka zawierającego materiał echogeniczny pod kontrolą obrazu USG z użyciem igły 18 G (strzałka) u 50-letniego mężczyzny (**B**)



Ryc. 7. Zanik mięśnia. Obrazy w płaszczyźnie osiowej (A) i podłużnej (B) po przewlekłym urazie, który spowodował atrofię mięśnia. Zwiększona echogeniczność zanikowej tkanki mięśniowej odpowiadająca stłuszczeniu

zgięciu grzbietowym stopy) (Film 1 i 2 – dostępne na www.jultrason.pl). W czasie badania ucisk głowicy powinien być delikatny, aby nie spowodować redukcji przepukliny lub nie zamaskować jej obecności. Jak dotąd nie badano roli badania elastograficznego w diagnostyce przepukliny mięśniowej. Jednak nasze doświadczenie sugeruje, że w przypadkach wątpliwych elastografia odkształceniowa może przyczynić się do potwierdzenia rozpoznania przez ujawnienie zmian w obrazie prawidłowego mięśnia w postaci jednorodnego wzrostu sztywności w okolicy przepukliny (Ryc. 5 D).

Torbiele i zanik mięśniowy

Torbiele śródmięśniowe to powikłania wynikające z niekompletnej resorpcji krwiaka^(31,32). Są to torbiele rzekome, ponieważ ich ściany wyściela wyłącznie kolagen. Mogą zawierać skrzepy, fibrynę, amorficzny materiał, cząsteczki cholesterolu, złogi hemosyderyny, komórki tkanki bliznowatej, a czasem dystroficzne zwapnienia⁽³²⁾. Zmiany te są w literaturze angloskiej określane jako *calcific myonecrosis*, *expanding hematoma* lub *ancient hematoma*. Pourazowe torbiele w obrębie mięśni mogą pozostawać bezobjawowe lub pogarszać prawidłową pracę mięśni, wpływając na właściwości biomechaniczne w czasie ich skurczu. W badaniu ultrasonograficznym uwidocznąć można zbiornik płynowy o cienkich bądź niewyraźnych ścianach, zawierający przejrzysty płyn lub echogeniczny, niejednorodny materiał, dający obraz zmiany rzekomo litej (Ryc. 6). Zarówno w badaniu klinicznym, jak i ultrasonograficznym śródmięśniowe torbiele pourazowe mogą imitować agresywne nowotwory tkanki miękkiej, a diagnostykę różnicową opiera się na obecności urazu w wywiadzie, obserwacji zmiany i czasem dodatkowych badaniach obrazowych^(31,32). Elastografię odkształceniową i fali poprzecznej oceniano pod kątem narzędzia dodatkowego, ułatwiającego odróżnienie torbieli łagodnych lub rzekomych od mięsaków, uzyskując obiecujące wstępne wyniki^(33–35). Aspiracja torbieli pod kontrolą ultrasonografii może zredukować objawy i pozwolić uniknąć resekcji chirurgicznej.

Zanik mięśnia może być ostateczną konsekwencją rozległego urazu, z obecnością dużych krwiaków w obrębie mięśnia, i często niedostatecznej rehabilitacji⁽⁵⁾. Badanie

ultrasonograficzne ujawnia zanik masy mięśniowej i zwiększoną echogeniczność atroficznej tkanki (Ryc. 7), co jest lepiej widoczne w płaszczyznach osiowych oraz w porównaniu z przeciwną, niezmienioną stroną. Jednak w diagnostyce i ocenie stopnia utraty objętości i stłuszczenia mięśnia nawet półilościowe techniki ultrasonograficzne są mniej dokładne i mniej powtarzalne niż badanie MR^(5,36).

W kilku pracach opisano zastosowanie elastografii jako alternatywy badania USG do oceny zaniku mięśni i zawartości tkanki tłuszczowej, głównie w odniesieniu do stożka rotatorów^(37–39). Elastografia fali poprzecznej umożliwia ilościową ocenę stopnia zaniku mięśni pod warunkiem obecności niezbyt dużej ilości tkanki miękkiej pokrywającej badany mięsień⁽³⁷⁾. W badaniu atrofii mięśnia nadgrzebieniowego zaobserwowano zmniejszenie prędkości fali poprzecznej wraz ze zwiększającą się zawartością tkanki tłuszczowej, co odpowiada zwiększeniu elastyczności mięśnia we wczesnym stadium atrofii z następowym jego usztywnieniem na ostatecznym etapie procesu stłuszczeniowego⁽³⁸⁾. Jednak wszystkie te dane opierają się na badaniach wstępnych.

Podsumowanie

Powikłania urazów mięśni są konsekwencją zakłócenia naturalnego procesu gojenia. Zaliczamy do nich: bliznowacenie mięśnia, zapalenie kostniejące mięśnia, atrofię mięśnia, torbiele i przepukliny. Ultrasonografia jest bardzo dobrym narzędziem do wstępnej diagnostyki i monitorowania pacjenta po urazie mięśni oraz rozpoznawania powikłań, ze względu na szeroką dostępność, nieskomplikowany charakter oraz możliwość oceny dynamicznej i porównawczej ze stroną przeciwną. Badanie dynamiczne z opcją dopplerowską umożliwia wczesne wykrycie kostniejącego zapalenia mięśnia, stanowi metodę z wyboru w rozpoznawaniu przepuklin mięśniowych oraz pozwala na diagnostykę i kontrolowaną obrazem USG aspirację torbieli i płynu surowiczego. W przypadkach nadmiernego powstawania tkanki bliznowatej w badaniu ultrasonograficznym można z łatwością zobrazować typowe zmiany echogeniczne. Problematiczne pozostają małe blizny, widoczne dopiero w badaniu MR.

Badanie ultrasonograficzne cechuje się także niższą czułością niż badanie MR w ocenie stłuszczenia i zaniku mięśni w następstwie przewlekłego urazu. Elastografia odkształceniowa jest techniką obiecującą w ocenie zmian elastyczności mięśni związanych z tworzeniem się tkanki bliznowatej. Ponieważ jednak dostępnych jest niewiele danych na temat roli elastografii w obserwacji pacjentów po urazie mięśni, konieczne są dalsze badania w tym zakresie.

Piśmiennictwo

- Slavotinek JP: Muscle injury: the role of imaging in prognostic assignment and monitoring of muscle repair. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 194–200.
- Järvinen TA, Järvinen M, Kalimo H: Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. *Muscles Ligaments Tendons J* 2014; 3: 337–345.
- Fournier-Farley C, Lamontagne M, Gendron P, Gagnon DH: Determinants of return to play after the nonoperative management of hamstring injuries in athletes: a systematic review. *Am J Sports Med* 2016; 44: 2166–2172.
- Koh ES, McNally EG: Ultrasound of skeletal muscle injury. *Semin Musculoskelet Radiol* 2007; 11: 162–173.
- Woodhouse JB, McNally EG: Ultrasound of skeletal muscle injury: an update. *Semin Ultrasound CT MR* 2011; 32: 91–100.
- Blankenbaker DG, Tuite MJ: Temporal changes of muscle injury. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 176–193.
- Lee JC, Healy J: Sonography of lower limb muscle injury. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182: 341–351.
- Connell DA, Schneider-Kolsky ME, Hoving JL, Malara F, Buchbinder R, Koulouris G *et al.*: Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 183: 975–984.
- Park GY, Kwon DR: Application of real-time sonoelastography in musculoskeletal diseases related to physical medicine and rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil* 2011; 90: 875–886.
- Brandenburg JE, Eby SF, Song P, Zhao H, Brault JS, Chen S *et al.*: Ultrasound elastography: the new frontier in direct measurement of muscle stiffness. *Arch Phys Med Rehabil* 2014; 95: 2207–2219.
- Chino K, Akagi R, Dohi M, Takahashi H: Measurement of muscle architecture concurrently with muscle hardness using ultrasound strain elastography. *Acta Radiol* 2014; 55: 833–839.
- Winn N, Lalam R, Cassar-Pullicino V: Sonoelastography in the musculoskeletal system: current role and future directions. *World J Radiol* 2016; 8: 868–879.
- Inami T, Nakagawa K, Yonezu T, Fukano M, Higashihara A, Iizuka S *et al.*: Tracking of time-dependent changes in muscle hardness after a full marathon. *J Strength Cond Res* 2018. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002495.
- Botar Jid C, Vasilescu D, Damian L, Dumitriu D, Ciurea A, Dudea SM: Musculoskeletal sonoelastography. Pictorial essay. *Med Ultrason* 2012; 14: 239–245.
- Koçyiğit F, Kuyucu E, Koçyiğit A: Real-time sonoelastography findings in a patient with tennis leg: a promising technique in the assessment of muscle rupture. *Eur J Phys Rehabil Med* 2016; 52: 754–755.
- Saito A, Minagawa H, Watanabe H, Kawasaki T, Okada K: Elasticity of the pronator teres muscle in youth baseball players with elbow injuries: evaluation using ultrasound strain elastography. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 27: 1642–1649.
- Lv F, Tang J, Luo Y, Ban Y, Wu R, Tian J *et al.*: Muscle crush injury of extremity: quantitative elastography with supersonic shear imaging. *Ultrasound Med Biol* 2012; 38: 795–802.
- Zhou X, Wang C, Qiu S, Mao L, Chen F, Chen S: Non-invasive assessment of changes in muscle injury by ultrasound shear wave elastography: an experimental study in contusion model. *Ultrasound Med Biol* 2018; 44: 2749–2767.
- Serafin-Król M, Maliborski A: Diagnostic errors in musculoskeletal ultrasound imaging and how to avoid them. *J Ultrason* 2017; 17: 188–196.
- Hinz B: Tissue stiffness, latent TGF-beta1 activation, and mechanical signal transduction: implications for the pathogenesis and treatment of fibrosis. *Curr Rheumatol Rep* 2009; 11: 120–126.
- Liu KH, Bhatia K, Chu W, He LT, Leung SF, Ahuja AT: Shear wave elastography – a new quantitative assessment of post-irradiation neck fibrosis. *Ultraschall Med* 2015; 36: 348–354.
- Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ: Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *Br J Radiol* 2012; 85: 1435–1445.
- Drakonaki EE, Allen GM: Magnetic resonance imaging, ultrasound and real-time ultrasound elastography of the thigh muscles in congenital muscle dystrophy. *Skeletal Radiol* 2010; 39: 391–396.
- Tyler P, Saifuddin A: The imaging of myositis ossificans. *Semin Musculoskelet Radiol* 2010; 14: 201–216.
- Devilbiss Z, Hess M, Ho GWK: Myositis ossificans in sport: a review. *Curr Sports Med Rep* 2018; 17: 290–295.
- Lee KR, Park SY, Jin W, Won KY: MR imaging and ultrasonography findings of early myositis ossificans: a case report. *Skeletal Radiol* 2016; 45: 1413–1417.
- Sharma N, Kumar N, Verma R, Jhobta A: Tibialis anterior muscle hernia: a case of chronic, dull pain and swelling in leg diagnosed by dynamic ultrasonography. *Pol J Radiol* 2017; 82: 293–295.
- Artul S, Habib G: The importance of dynamic ultrasound in the diagnosis of tibialis anterior muscle herniation. *Crit Ultrasound J* 2014; 6: 14.
- Khaladkar SM, Kondapavuluri SK, Kamal A, Kalra R, Kamal V: Detection of myofascial herniation on dynamic sonography and magnetic resonance imaging. *Case Rep Radiol* 2016; 2016: 4245189.
- Rho NK, Kim WS, Kim YJ, Yoo KH, Kim BJ, Kim MN: The use of dynamic ultrasonography for the confirmation of lower leg muscle herniation. *Ann Dermatol* 2008; 20: 190–192.
- Campi A: [A case of post-traumatic cyst of the semitendinosus muscle]. *Chir Organi Mov* 1979; 65: 593–596.
- Mentzel T, Goodlad JR, Smith MA, Fletcher CD: Ancient hematoma: a unifying concept for a post-traumatic lesion mimicking an aggressive soft tissue neoplasm. *Mod Pathol* 1997; 10: 334–340.
- Riishede I, Ewertsen C, Carlsen J, Petersen MM, Jensen F, Nielsen MB: Strain elastography for prediction of malignancy in soft tissue tumours – preliminary results. *Ultraschall Med* 2015; 36: 369–374.
- Lee YH, Song HT, Suh JS: Use of strain ratio in evaluating superficial soft tissue tumors on ultrasonic elastography. *J Med Ultrason* (2001) 2014; 41: 319–323.
- Yeoh HJ, Kim TY, Ryu JA: The feasibility of shear wave elastography for diagnosing superficial benign soft tissue masses. *Ultrasonography* 2019; 38: 37–43.
- Peetrons P: Ultrasound of muscles. *Eur Radiol* 2002; 12: 35–43.
- Hatta T, Giambini H, Uehara K, Okamoto S, Chen S, Sperling JW *et al.*: Quantitative assessment of rotator cuff muscle elasticity: reliability and feasibility of shear wave elastography. *J Biomech* 2015; 48: 3853–3858.
- Gilbert F, Klein D, Weng AM, Köstler H, Schmitz B, Schmalz J *et al.*: Supraspinatus muscle elasticity measured with real time shear wave ultrasound elastography correlates with MRI spectroscopic measured amount of fatty degeneration. *BMC Musculoskelet Disord* 2017; 18: 549.
- Roskopf AB, Ehrmann C, Buck FM, Gerber C, Flück M, Pfirrmann CW: Quantitative shear-wave US elastography of the supraspinatus muscle: reliability of the method and relation to tendon integrity and muscle quality. *Radiology* 2016; 278: 465–474.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpływać na treść niniejszej publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.