

Przeciążeniowy ból piszczeli, czyli shin splints. Najczęstsza kontuzja osób biegających. Czy znamy jej przyczynę?

The overused shin pain, shin splints. The most common injury of runners. Do we know its cause?

AUTOR

dr n. med. Paweł Walasek

Oddział Urazowo-Ortopedyczny, Szpital Bielański, Warszawa
Autor bloga Biegający Ortopeda

AUTOR DO KORESPONDENCJI

dr n. med. Paweł Walasek

e-mail: dr.walasek@gmail.com

STRESZCZENIE

Przeciążeniowy zespół bólu przyśrodkowego brzegu piszczeli (ang. *medial tibial stress syndrome* - MTSS) to jedna z najczęstszych kontuzji osób biegających. Charakteryzuje się rozlanym bólem jednej trzeciej dalszej piszczeli, jej tylny-przyśrodkowego brzegu. Przyczyną bólu jest zapalenie okostnej, któremu może towarzyszyć uszkodzenie warstwy korowej kości, aczkolwiek nie jest jasne, co występuje jako pierwsze - reakcja tkanek miękkich czy uszkodzenie warstwy korowej kości. Przyczyną kontuzji są powtarzające się mikrourazy piszczeli podczas ładowania stopy na podłożu w czasie biegu. Etiologię kontuzji próbuje wytłumaczyć teoria powiązania miejsca bólu z nadmierną pracą mięśni przyczepiających się w tym miejscu lub teoria bezpośredniego uszkodzenia kości. Ostatnio pojawiły się doniesienia o wpływie niedoboru witaminy D₃ na metabolizm kości i występowanie MTSS. W diagnostyce różnicowej zawsze należy brać pod uwagę złamanie zmęczeniowe kości. Badaniem różnicującym jest badanie rezonansu magnetycznego. Udowodnionymi czynnikami ryzyka są: nadmierna pronacja stóp, płeć żeńska, występowanie wcześniejszych epizodów MTSS. Leczeniem z wyboru jest leczenie zachowawcze, które koncentruje się na odpoczynku i regeneracji. Nie udowodniono wyższości konkretnego protokołu rehabilitacyjnego. Rokowanie jest pomyślne i pozwala optymistycznie na powrót do aktywności sportowej.

ABSTRACT

Medial tibial stress syndrome (MTSS) is one of the most common injuries among runners. The injury is characterized by diffuse pain in the distal 1/3 of the tibia, its posteromedial edge. Pain is caused by inflammation of the periosteum, which may be accompanied by cortical bone damage, although it is not clear whether the soft tissue reaction or cortical bone damage occurs first. The cause of the injury are repeated microtrauma of the tibia when the foot strikes on the ground while running. The etiologies of injuries are explained by the theory of linking the place of pain with excessive work of the muscles attached in this place or the theory of direct bone damage. Recently, there have been reports linking vitamin D₃ deficiency to bone metabolism and the occurrence of MTSS. Stress fracture should always be considered in the differential diagnosis. The examination that differentiates is magnetic resonance imaging. Proven risk factors include foot pronation, female gender, history of previous MTSS episodes. The treatment of choice is conservative treatment, which focuses on rest and recovery. The superiority of a particular rehabilitation protocol has not been proven. The prognosis is good and allows for an optimistic return to sports activity.

SŁOWA KLUCZOWE

- przeciążeniowy zespół bólu przyśrodkowego brzegu piszczeli
- shin splints
- zmęczeniowe uszkodzenia kości
- MTSS (*medial tibial stress syndrome*)
- niedobór witaminy D₃
- gęstość mineralna kości

KEYWORDS

- MTSS
- medial tibial stress syndrome
- shin splints
- stress bone injuries
- vitamin D₃ deficiency
- bone mineral density

Profilaktyka chorób cywilizacyjnych opiera się na prawidłowym stylu życia, a aktywność fizyczna to jego podstawowy element. Bieganie natomiast jest najpopularniejszą, a zarazem najprostszą formą ruchu. Przynosi wielorakie korzyści dla organizmu – poprawia pracę nie tylko serca, ale również układów nerwowego i pokarmowego. Dodatkowo zmniejsza ryzyko nowotworów, redukuje stres, a tym samym znacznie poprawia samopoczucie.

Niestety, często najlepsze intencje zmiany stylu życia zderzają się z problemem pojawiających się kontuzji. Są one deprymujące i zniechęcające, często powodują zwątpienie. Najczęstszą kontuzją biegaczy jest przeciążeniowy ból piszczeli, określane z angielskiego potocznie jako shin splints, a bardziej fachowo jako MTSS (ang. *medial tibial stress syndrome*). Ta jednostka chorobowa nie doczekała się polskiego nazewnictwa, dlatego dominuje anglojęzyczny akronim MTSS lub bardziej kolokwialny termin shin splints. Pomimo powszechności problemu wciąż nie wypracowano ostatecznego konsensusu co do etiologii tej kontuzji.

Badania naukowe potwierdzają moje obserwacje, że przeciążeniowy ból piszczeli (MTSS) to najczęstsza kontuzja biegaczy [1, 2]. Charakteryzuje się on rozlanym bólem przyśrodkowego brzegu jednej trzeciej dalszej kości piszczelowej. Ból obejmuje minimum 5 cm powierzchni i wyraźnie wzmacnia się podczas palpacji. Co charakterystyczne, bardziej nasilony bywa na początku aktywności, z tendencją do ustępowania w trakcie wysiłku [3]. To kontuzja występująca najczęściej u biegaczy, ale może dotyczyć również piłkarzy, koszykarzy, tancerzy oraz personelu wojskowego (piechoty) z częstością występowania od 4 do 35% [4]. U biegaczy częstość występowania MTSS wynosi od 13 do 20% [2, 5]. Uważa się, że przyczyną MTSS są nadmierne obciążenia występujące w momencie uderzenia stopy o podłoże. Ból dotyka obszaru jednej trzeciej dalszej kości piszczelowej o słabszym unaczynieniu i większej podatności. Część badaczy sądzi, że może on poprzedzać zmęczeniowe uszkodzenie kości [4].

Patofizjologia

Dokładna przyczyna MTSS nie jest w pełni poznana. Dominują dwie teorie: teoria trakcji i teoria oparta na

modelu patologicznej adaptacji warstwy korowej kości piszczelowej na powtarzające się działanie sił podczas biegu [3, 4].

Teoria trakcji

Teoria trakcji po raz pierwszy została zaprezentowana przez Devasa w 1958 r. Stwierdził on, że do zapalenia okostnej dochodzi w wyniku nadmiernej pracy (pociągania) mięśni łydki [6].

Teoria trakcji opiera się na połączeniu miejsca bólu z anatomicznym przyczepem włókien mięśniowych do tylnopryśrodkowego brzegu kości piszczelowej. W miejscu bólu na kości piszczelowej znajdują się przyczepy włókien mięśnia płaszczkowatego, zginacza długiego palców (FDL) i mięśnia piszczelowego tylnego (TP), co potwierdziły badania kadawerowe przeprowadzone przez Bouche i Johnsona [7]. Biorąc pod uwagę mechaniczne połączenie włókien Sharpeya, które są włóknami perforującymi, łączącymi okostną z kością, uważa się, że powtarzająca się praca mięśni może być podstawową przyczyną zapalenia okostnej. Pozostaje niejasne, czy zapalenie okostnej występuje przed uszkodzeniem warstwy korowej kości piszczelowej, czy kolejność ich występowania jest odwrotna [8].

Teoria oparta na modelu patologicznej adaptacji warstwy korowej kości piszczelowej na powtarzające się działanie sił podczas biegu

Patologiczna adaptacja warstwy kości piszczelowej w wyniku powtarzających się naprężeń w momencie lądowania stopy w czasie biegu oraz pracy mięśni łydki leży u podstawy drugiej teorii tłumaczącej MTSS [3, 4]. Największe siły koncentrują się na styku środkowej i jednej trzeciej dalszej kości piszczelowej, gdzie trzon kości piszczelowej jest najwęższy. Zauważono, że u osób z MTSS pole przekroju kości piszczelowej oraz gęstość mineralna kości (ang. *bone mineral density* – BMD) są mniejsze niż w grupie kontrolnej [9, 10]. Zgodnie z prawem Delpecha–Wolffa siła wywierana na kość powoduje wyzwolenie komórkowej reakcji naprawczej mikrouszkodzeń i przebudowę kości [11]. Niestety, obciążenia powyżej pewnego zakresu wymykają się

poza możliwość naprawy, z czasem się kumulują, co prowadzi do uszkodzenia kości. Badania sugerują również, że słabsza siła mięśni łydki ma negatywny wpływ na proces adaptacji kości. MTSS rozwija się, gdy słabe mięśnie nie są w stanie przeciwstawić się siłom zginającym kość piszczelową, co skutkuje większym obciążeniem warstwy korowej kości piszczelowej [9, 12].

Wydaje się, że połączenie teorii trakcji okostnej przez mięśnie łydki i powtarzające się obciążenia zginające w poprzek kości piszczelowej są głównymi przyczynami MTSS. Warunki te oddziałują na siebie, tworząc patologiczne środowisko, którego organizm nie może zagoić. Reakcja zapalna okostnej jest dobrym wyjaśnieniem fazy ostrej, podczas gdy uszkodzenia kości mogą tłumaczyć fazę przewlekłą.

Czy MTSS poprzedza złamanie zmęczeniowe kości?

Można przyjąć założenie, że złamanie zmęczeniowe jest konsekwencją trwającego MTSS, co można tłumaczyć tym, że do złamań zmęczeniowych dochodzi w tym samym miejscu, tzn. w jednej trzeciej dalszej kości piszczelowej. Jednakże złamania zmęczeniowe piszczeli są obserwowane również w innych miejscach piszczeli, co dowodzi, że jest to oddzielny mechanizm uszkodzeń [13]. Poza tym zakładając, że ten sam uraz przeciążeniowy doprowadza do MTSS i złamań zmęczeniowych, wszyscy pacjenci powinni doznać po pewnym czasie złamań zmęczeniowych, a tak się nie dzieje. W obu przypadkach dochodzi do uszkodzenia warstwy korowej kości piszczelowej, co jest spowodowane cyklicznym obciążaniem w momencie lądowania pięty na podłożu, jednak geometria kości piszczelowej i gęstość mineralna kości różnią się w obu przypadkach, co sugeruje inne biomechanizmy tych zjawisk [9, 14]. Wymaga to jeszcze dalszych obserwacji i badań prospektywnych dla wyjaśnienia tych kwestii.

Niedobór witaminy D₃?

Ostatnio pojawiła się praca Stürznickela i wsp., która dowodzi, że przyczyną nawrotowych obustronnych bólów piszczeli u biegaczy może być niedobór witaminy D [15, 16]. Może on prowadzić do powstania rzekomych złamań piszczeli, podobnych do tych obser-

wowanych w przypadkach osteomalacji. Co więcej, manifestacja złamań rzekomych nie jest konsekwencją zmienionej BMD ani mikroarchitektury, ale pojawia się u pacjentów ze wzrostem BMD wywołanym wysiłkiem fizycznym w połączeniu ze zmniejszonym poziomem 25(OH)D.

Rozpoznanie

Do postawienia rozpoznania MTSS upoważnia nas wywiad chorobowy pacjenta oraz dokładne badanie ortopedyczne.

Zazwyczaj pierwsze objawy bólu pojawiają się następnego dnia po intensywnym wysiłku. Ból jest zlokalizowany w jednej trzeciej dalszej piszczeli, na jej tylnoprzyszrodkowym brzegu, na obszarze powyżej 5 cm [3, 4, 17, 18].

Ból wyraźnie wzmacnia się podczas palpacji. Początkowo ma tendencję do ustępowania podczas wysiłku. Niestety, wraz z postępem choroby dolegliwości nasilają się do tego stopnia, że mogą występować podczas spoczynku i być przyczyną utykania.

W diagnostyce różnicowej w przypadku zespołu bólu piszczeli należy zawsze brać pod uwagę złamanie zmęczeniowe oraz przewlekły zespół przedziałów powięziowych [17].

W przewlekłym zespole przedziału wysiłkowego pacjenci zwykle opisują bolesny ucisk w przednio-bocznej części podudzia, związany z wysiłkiem fizycz-



Ryc. 1. Miejsce bólu w MTSS, obszar bólu na tylnoprzyszrodkowym brzegu piszczeli ma więcej niż 5 cm

nym. Bólowi mogą towarzyszyć łagodne objawy neurologiczne. Ból nie pojawia się w spoczynku, ale nasila się podczas aktywności i szybko ustępuje po zaprzestaniu wysiłku fizycznego. W badaniu palpacyjnym nie stwierdza się typowej dla MTSS tklivości [19].

Różnicowanie MTSS ze złamaniem zmęczeniowym jest trudniejsze. Ból jest zazwyczaj większy, dokładniej zlokalizowany, ograniczony i punktowy, nie pozwala na treningi. W celu różnicowania rozpoznania istnieje konieczność wykonania badania rezonansu magnetycznego [20]. Czynniki ryzyka MTSS przedstawia tabela 1.

Badania dodatkowe

Zasadniczo rozpoznanie MTSS opiera się na objawach klinicznych i u pacjentów z typową historią obciążeń treningowych i z typowymi objawami nie ma potrzeby wykonywania badań dodatkowych. W przypadku podejrzenia zmęczeniowego uszkodzenia kości, tzn. gdy ból jest punktowy, na obszarze mniejszym niż 5 cm i wzrasta się podczas obciążeń, istnieje konieczność poszerzenia diagnostyki. Klasyczne zdjęcie radiologiczne ma ograniczoną wartość i służy raczej wykluczeniu innych przyczyn bólu [4].

Obecnie badanie rezonansu magnetycznego jest badaniem z wyboru. Ma ono tę zaletę, że obrazuje obrzęk zarówno okostnej, jak i szpiku kostnego, co pozwala rozróżnić ból piszczeli i zmęczeniowe uszkodzenie kości [13, 22]. Fredericson i wsp. na podstawie wyników badania rezonansu magnetycznego opracowali klasyfikację rozróżniającą MTSS i zmęczeniowe uszkodzenie kości wraz z przewidywanym czasem odpoczynku [13].

Tab. 1. Czynniki ryzyka MTSS na podstawie przeglądu systematycznego Karrie Hamster-Wright i wsp. [21]

Czynniki ryzyka MTSS	
1.	Płeć żeńska
2.	BMI >21
3.	Nadmierna pronacja stopy – płaskostopie
4.	Ograniczenie zgięcia podeszwowego stopy
5.	Nadmierna rotacja zewnętrzna biodra
6.	Mała masa mięśniowa łydki
7.	Początkujący biegacz
8.	Historia wcześniejszych epizodów MTSS

Leczenie

Leczenie polega na zaprzestaniu aktywności, które doprowadziły do kontuzji. Na podstawie klasyfikacji Fredericsona można oszacować czas potrzebnego odpoczynku. W przypadku gdy nie zostało wykonane badanie rezonansu, przerwa w treningu powinna trwać do całkowitego ustąpienia bólu, w tym również bolesności palpacyjnej piszczeli.

W ostrej fazie bólu postępujemy zgodnie z protokołem RICE (*rest, ice, compression, elevation*). W tej fazie leczenia pomocne są krótkotrwałe niesteroidowe leki przeciwzapalne – nie tylko łagodzą ból, ale również są skuteczne dzięki efektowi przeciwzapalnemu.

Nie ma jednoznacznych dowodów na skuteczność fizykoterapii w leczeniu MTSS [23], wykazano jednak, że przy wprowadzeniu terapii falą uderzeniową w połączeniu z odpowiednio dobranym treningiem biegowym czas trwania objawów jest krótszy niż w przypadku zastosowania samego treningu [24, 25].

Poza samym odpoczynkiem ważna jest profilaktyka kontuzji, to znaczy modyfikacja czynników ryzyka zależnych od pacjenta, przedstawionych w tabeli 1. Chodzi o dobór wkładek ortopedycznych w przypadku nadmiernej pronacji stopy, rozciąganie i wzmacnianie mięśni łydki (mięśnia płaszczkowatego, mięśnia zginacza palucha i mięśnia piszczelowego tylnego), wzmacnianie stabilizacji miednicy i mięśni posturalnych [26, 27]. Pojawiają się opinie, że modyfikacja kroku biegowego może mieć wpływ na występowanie MTSS – do urazu są predysponowani zawodnicy biegający ze śródstopia [28].

W przypadku nawracających bólów piszczeli, szczególnie gdy problem występuje po obu stronach, należy oznaczyć stężenie witaminy D₃ w surowicy, a w przypadku jej niedoboru – rozpocząć suplementację [15, 16].

Istotna jest również edukacja pacjenta w zakresie właściwego planu treningowego, w którym znajduje się czas nie tylko na trening biegowy, ale również na stretching, ćwiczenia ogólnorozwojowe, regenerację i odpoczynek. Niestety, najczęstszym błędem jest postępowanie, które można opisać: „za dużo, za szybko, za wcześnie”. Zbyt szybki wzrost objętości treningowych, bez właściwej regeneracji, u niedoświadczonych biegaczy kończy się kontuzją.

Tab. 2. Klasyfikacja Fredericsona na podstawie rezonansu magnetycznego, rozróżniająca MTSS i zmęczeniowe uszkodzenie kości, z zalecanymi okresami odpoczynku [13]

Stopień	Diagnoza	Obraz MRI	Zalecenia odpoczynku
1.	MTSS	Obrzęk okostnej od łagodnego do umiarkowanego tylko na obrazach T2-zależnych; szpik: prawidłowy na obrazach T1- i T2-zależnych	Minimum trzy tygodnie
2.	MTSS	Obrzęk okostnej i obrzęk szpiku tylko na obrazach T2-zależnych	Minimum sześć tygodni
3.	Zmęczeniowe uszkodzenie kości piszczelowej	Obrzęk szpiku kostnego na obrazach T1- i T2-zależnych z obrzękiem okostnej lub bez niego	12–16 tygodni
4.	Zmęczeniowe uszkodzenie kości piszczelowej	Umiarkowany lub znaczny obrzęk okostnej i obrzęk szpiku na obrazach zarówno T1-, jak i T2-zależnych; linia złamania wyraźnie widoczna na wszystkich sekwencjach	Powyżej 16 tygodni

Leczenie operacyjne jest bardzo rzadko wykonywane i nie ma naukowych dowodów potwierdzających jego skuteczność [3].

Powrót do treningu

Powrót do aktywności sportowej można przewidywać na podstawie rezonansu magnetycznego i skali Fredericsona [13]. W praktyce możemy się posługiwać dynamiką ustępowania dolegliwości bólowych – gdy możliwe jest codzienne funkcjonowanie bez bólu oraz gdy ból nie występuje przy palpacji, można stopniowo powracać do treningu. W okresie rekonwalescencji możliwy jest trening na bieżni antygravitacyjnej lub trening w wodzie, jeśli nie wywołuje on bólu. Trening na bieżni antygravitacyjnej umożliwia dobór obciążenia pod kontrolą dolegliwości.

W momencie powrotu do normalnych treningów czas trwania biegu należy wydłużyć przed intensywnością, pamiętając, aby obciążenia zwiększać nie więcej niż o 10% tygodniowo [29].

Profilaktyka

Każdego początkującego biegacza należy instruować, że trening biegowy polega nie tylko na samym bieganiu, ale również na kształtowaniu ogólnej sprawności, ze szczególnym uwzględnieniem mięśni stabilizujących miednicę, mięśni posturalnych i mięśni brzucha. Ustawienie miednicy w momencie podparcia ciała na jednej kończynie ma wpływ na obciążenia całej kończyny i ewentualne kontuzje.

W profilaktyce MTSS znaczenie mają również właściwości amortyzacyjne butów biegowych. Zmieniają się one wraz z liczbą przebiegniętych kilometrów. Buty powinny być wymieniane po przebiegnięciu ok. 500–1000 km [30]. W przypadku osób mających tendencję do nadmiernej pronacji stóp istnieje potrzeba doboru obuwia z przyśrodkową stabilizacją lub odpowiednich, dopasowanych wkładek ortopedycznych.

Podsumowanie

Zespół bólowy piszczeli MTSS to częsta kontuzja biegaczy, która jest spowodowana nadmiernym przeciążeniem treningowym powodującym zapalenie okostnej kości piszczelowej, a która u niektórych osób może prowadzić do uszkodzenia warstwy korowej kości. Uważa się, że dwoma głównymi mechanizmami powstania tej kontuzji są zapalenie okostnej wywołane trakcją mięśni lub zapalenie spowodowane mikrourazami warstwy korowej kości. Pomimo licznych prac przeglądowych nadal nie ma konsensusu co do ostatecznej etiologii urazu – czy zapalenie okostnej występuje przed uszkodzeniem warstwy korowej czy odwrotnie.

Ostatnio pojawiła się koncepcja niedoboru witaminy D₃ jako przyczyny nawracających i obustronnych epizodów bólu piszczeli.

Do postawienia rozpoznania wystarczy dokładny wywiad i badanie ortopedyczne. W diagnostyce różnicowej należy brać pod uwagę przede wszystkim uszkodzenie zmęczeniowe kości. Badaniem umożliwiającym przeprowadzenie diagnostyki różnicowej

jest badanie rezonansu magnetycznego. Na jego podstawie można również przewidzieć szacowany czas leczenia.

Leczenie zachowawcze jest leczeniem z wyboru i w zdecydowanej większości kończy się sukcesem. Polega ono przede wszystkim na przerwie w treningu i regeneracji. Powrót do sportu jest możliwy po całkowitym ustąpieniu objawów.

Podczas powrotu do treningu istotne jest, aby zmodyfikować (ograniczyć) czynniki ryzyka zależne od pacjenta (poprawa stabilizacji mięśniowej, wkładki ortopedyczne, zmiana butów biegowych, redukcja masy ciała).

U osób z nawracającym obustronnym zespołem MTSS konieczne jest oznaczenie stężenia witaminy D₃ i ewentualne wyrównanie jej niedoboru. ■

PIŚMIENICTWO:

1. Kakouris N., Yener N., Fong D.T.P. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci*. Published online April 20, 2021. Doi: 10.1016/j.jshs.2021.04.001.
2. Lopes A.D., Hespanhol L.C., Yeung S.S. et al. What are the main running-related musculoskeletal injuries? *Sports Medicine* 2012; 42 (10): 891–905.
3. Moen M.H., Tol J.L., Weir A. et al. Medial tibial stress syndrome: a critical review. *Sports Med* 2009; 39 (7): 523–546.
4. Reshef N., Guelich D.R. Medial tibial stress syndrome. *Clin Sports Med* 2012; 31 (2): 273–290.
5. Bennett J.E., Reinking M.F., Pluemer B. et al. Factors contributing to the development of medial tibial stress syndrome in high school runners. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 31 (9): 504–510.
6. Devas M.B. Stress fractures of the tibia in athletes or shin soreness. *J Bone Joint Surg Br* 1958; 40-B (2): 227–239.
7. Bouché R.T., Johnson C.H. Medial tibial stress syndrome (tibial fasciitis): a proposed pathomechanical model involving fascial traction. *J Am Podiatr Med Assoc* 2007; 97 (1): 31–36.
8. Winters M., Burr D.B., van der Hoeven H. et al. Microcrack-associated bone remodeling is rarely observed in biopsies from athletes with medial tibial stress syndrome. *J Bone Miner Metab* 2019; 37 (3): 496–502.
9. Franklyn M., Oakes B. Aetiology and mechanisms of injury in medial tibial stress syndrome: Current and future developments. *World J Orthop* 2015; 6 (8): 577–589.
10. Magnusson H.I., Westlin N.E., Nyqvist F. et al. Abnormally decreased regional bone density in athletes with medial tibial stress syndrome. *Am J Sports Med* 2001; 29 (6): 712–715.
11. Frost H.M. Bone's mechanostat: a 2003 update. *Anatomical Record – Part A Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology* 2003; 275 (2): 1081–1101.
12. Milgrom C., Radeva-Petrova D.R., Finestone A. et al. The effect of muscle fatigue on in vivo tibial strains. *J Biomech* 2007; 40 (4): 845–850.
13. Fredericson M., Bergman A.G., Hoffman K.L. et al. Tibial stress reaction in runners. Correlation of clinical symptoms and scintigraphy with a new magnetic resonance imaging grading system. *Am J Sports Med* 1995; 23 (4): 472–481.
14. Franklyn M., Oakes B., Field B. et al. Section modulus is the optimum geometric predictor for stress fractures and medial tibial stress syndrome in both male and female athletes. *Am J Sports Med* 2008; 36 (6): 1179–1189.
15. Stürznickel J., Jandl N.M., Delsmann M.M. et al. Bilateral Looser zones or pseudofractures in the anteromedial tibia as a component of medial tibial stress syndrome in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021; 29 (5): 1644–1650.
16. Ruohola J.P., Laaksi I., Ylikomi T. et al. Association between serum 25(OH)D concentrations and bone stress fractures in Finnish young men. *J Bone Miner Res* 2006; 21 (9): 1483–1488.
17. Kortebein P.M., Kaufman K.R., Basford J.R. et al. Medial tibial stress syndrome. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (3 Suppl): S27–S33.
18. Yates B., White S. The incidence and risk factors in the development of medial tibial stress syndrome among naval recruits. *Am J Sports Med* 2004; 32 (3): 772–780.
19. Edwards P.H., Wright M.L., Hartman J.F. A practical approach for the differential diagnosis of chronic leg pain in the athlete. *Am J Sports Med* 2005; 33 (8): 1241–1249.
20. Moran D.S., Evans R.K., Hadad E. Imaging of lower extremity stress fracture injuries. *Sports Med* 2008; 38 (4): 345–356.
21. Hamstra-Wright K.L., Bliven K.C.H., Bay C. Risk factors for medial tibial stress syndrome in physically active individuals such as runners and military personnel: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2015; 49 (6): 362–369.
22. Beck B.R., Bergman A.G., Miner M. et al. Tibial stress injury: relationship of radiographic, nuclear medicine bone scanning, MR imaging, and CT Severity grades to clinical severity and time to healing. *Radiology* 2012; 263 (3): 811–818.
23. Nissen L.R., Astvad K., Madsen L. [Low-energy laser therapy in medial tibial stress syndrome]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7801390/> [accessed: April 12, 2023].
24. Reilly J.M., Bluman E., Tenforde A.S. Effect of shockwave treatment for management of upper and lower extremity musculoskeletal conditions: a narrative review. *PM and R* 2018; 10 (12): 1385–1403.
25. Moen M.H., Rayer S., Schipper M. et al. Shockwave treatment for medial tibial stress syndrome in athletes; a prospective controlled study. *Br J Sports Med* 2012; 46 (4): 253–257.
26. Schwellnus M.P., Jordaan G., Noakes T.D. Prevention of common overuse injuries by the use of shock absorbing insoles. A prospective study. *Am J Sports Med* 1990; 18 (6): 636–641.
27. Pope R.P., Herbert R.D., Kirwan J.D. et al. A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32 (2): 271–277.
28. Napier C., Cochrane C.K., Taunton J.E. et al. Gait modifications to change lower extremity gait biomechanics in runners: a systematic review. *Br J Sports Med* 2015; 49 (21): 1382–1388.
29. Rajasekaran S., Finnoff J.T. Exertional leg pain. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2016; 27 (1): 91–119.
30. Galbraith R.M., Lavallee M.E. Medial tibial stress syndrome: conservative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2009; 2 (3): 127–133.