

Michalik Kamil, Maciaszek Mariusz, Klich Sebastian, Konieczny Szymon, Jastrzębska Agnieszka. The occurrence of injuries in recreational runners in Wrocław. Journal of Education, Health and Sport. 2017;7(5):55-66. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.569871>
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/4432>

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 1223 (26.01.2017).
1223 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7

© The Author (s) 2017;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 02.04.2017. Revised: 18.03.2017. Accepted: 28.04.2017.

Występowanie kontuzji u osób rekreacyjnie biegających we Wrocławiu

The occurrence of injuries in recreational runners in Wrocław

**Kamil Michalik¹, Mariusz Maciaszek², Sebastian Klich¹, Szymon Konieczny²,
Agnieszka Jastrzębska¹**

1 - Akademia Wychowania Fizycznego, Wrocław, Polska

2 – absolwent Akademii Wychowania Fizycznego

Adres:

Katedra Fizjologii i Biochemii
Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu
Polska
ul. Paderewskiego 35
51-612 Wrocław

Autor korespondencyjny:

Kamil Michalik
ul. Mickiewicza 98
51-684 Wrocław
kamil.michalik@awf.wroc.pl
693 023 875

Słowa kluczowe: trening, bieganie długodystansowe, kontuzje, medycyna sportowa

Key words: training, long-distance running, injuries, sports medicine

Streszczenie

Wstęp. Celem pracy było określenie występowania urazów wśród osób rekreacyjnie uprawiających biegi długie we Wrocławiu. Drugim celem pracy była identyfikacja czynników ryzyka urazów u biegaczy.

Materiał i metody. W badaniach uczestniczyło 255 osób (157 mężczyzn i 98 kobiet). Byli to zadeklarowani członkowie stowarzyszenia WKB PIAST Wrocław, PRO-RUN Wrocław oraz osoby niezrzeszone. Zastosowano metodę sondażu diagnostycznego, posługując się techniką ankiety, przygotowaną przez autorów.

Wyniki. Wśród ankietowanych biegaczy kontuzji doznało 61% (n=155), natomiast 39% (n=100) nie zadeklarowało kontuzji narządu ruchu.

Wnioski. Wśród badanych biegaczy dochodziło najczęściej do przeciążeń w obrębie rozciągnięta podeszwowego, mm. tylnych łydki oraz mm. przednich ud. Do głównych czynników predysponujących do urazów można zaliczyć nieodpowiedni dobór obciążeń treningowych oraz nawierzchnię treningowej.

Abstract

Introduction. Practicing sports activities e.g. running exposes individuals to physical injuries.

Aim. Aim of the study was to determine the occurrence of injuries in runners training long running in Wrocław. The second aim was to investigate injury risk factors in runners.

Materials and methods. In the study participated 255 subjects (157 man and 98 woman). The subjects were members in a running association WKB PIAST Wrocław, PRO-RUN Wrocław as well as non associated runners. In the study a diagnostic survey was used.

Results. In this study 61% (n=155) of participants were injured, while 39% (n=100) trained without any injuries.

Conclusions. The runners suffered from overloads in plantar fascia, cuff muscles and quadriceps muscles. The main injury factors were improper training loads and training surface.

Wstęp

W ostatnim dziesięcioleciu można zaobserwować zwiększające się zainteresowanie biegami długimi. Rosnące zainteresowanie biegami ulicznymi (np. 5 km, 10 km, półmaraton, czy maraton) ma swoje odzwierciedlenie w badaniach naukowych. W publikacjach można odnaleźć zagadnienia z zakresu fizjologii wysiłku fizycznego, czy socjologii kultury fizycznej [1,2,3], które charakteryzują specyfikę oraz społeczny fenomen biegów długich. Coraz częściej pojawiają się też prace odnoszące się do epidemiologii urazów [4,5,6].

Regularna aktywność fizyczna ma korzystny wpływ na rozwój sprawności fizycznej oraz działanie prewencyjne przeciw tzw. chorobom cywilizacyjnym [7]. Jednakże, należy podkreślić, że amatorskie oraz wyczynowe uprawianie biegów długich prowadzi do powstawania wielu urazów oraz w konsekwencji kontuzji aparatu ruchu [8,9]. Najczęściej do powstania urazów dochodzi w wyniku oddziaływania nieprawidłowych obciążeń. Planowanie procesu treningowego jest procesem skomplikowanym, wymagającym odpowiedniego doboru obciążeń treningowych oraz przerw, a także jednostek regeneracyjnych. Nieodpowiednie prowadzenie treningu może doprowadzić do występowania urazów, które często stanowią duże wyzwanie dla lekarzy oraz fizjoterapeutów [10]. W związku z tym należy zweryfikować metody treningowe stosowane przez amatorów, a także określić zależności pomiędzy wielkością obciążenia treningowego, czynnikami zewnętrznymi (np. nawierzchnia treningowa), a typami i częstością odnoszenia kontuzji.

Osoby rekreacyjnie biegające odnoszą częściej urazy niż wyczynowi sportowcy [11]. Jest to najczęściej związane z nieumiejętnym doбором obciążeń treningowych, zazwyczaj zbyt dużych w stosunku do prezentowanego poziomu oraz wydolności fizycznej. W efekcie może dojść do urazów mięśniowych oraz więzadłowych. Dodatkowo, badania donoszą, że zawodnicy wyczynowi przeprowadzają specjalistyczne jednostki treningowe, ukierunkowane na doskonalenie siły dynamicznej oraz stabilizacji. W związku z tym, występuje większa kontrola oraz stabilizacja narządu ruchu, co zwiększa sprawność układu mięśniowo – więzadłowego [12,13,14].

Współczesne badania poddają analizie nowe metody prewencji nieprawidłowych obciążeń treningowych, na podstawie oceny wielu czynników ryzyka. Prowadzenie badań w tym zakresie jest również niezbędne do usystematyzowania dotychczasowej wiedzy odnośnie mechanizmów prowadzących do rozwoju urazów.

Cel pracy

Głównym celem pracy było określenie czy rekreacyjnie biegający we Wrocławiu odnoszą kontuzje podczas procesu treningowego i startów. Drugim celem pracy była identyfikacja czynników ryzyka urazów u tych osób.

Materiał i metody

Tabela 1. Wartości średniej arytmetycznej oraz odchylnia standardowego wieku oraz rekordów życiowych w badanej grupie.

	Wiek [lata]	Liczba startów w 2015r.	Rekord 5km [gg:mm:ss]	Rekord 10km [gg:mm:ss]	Rekord półmaraton [gg:mm:ss]	Rekord maraton [gg:mm:ss]
X	28,91	8	0:23:17	0:48:41	1:49:51	3:58:26
SD	9,02	4	0:04:12	0:07:38	0:16:19	0:39:42

W badaniach uczestniczyło 255 osób (157 mężczyzn i 98 kobiet). Byli to zadeklarowani członkowie stowarzyszenia WKB PIAST Wrocław, PRO-RUN Wrocław oraz osoby niezrzeszone, deklarujące uczestnictwo w treningach i zawodach biegowych. Badania przeprowadzono pomiędzy lutym, a majem 2016 roku. Zastosowano metodę sondażu diagnostycznego, posługując się techniką ankiety, przygotowaną przez autorów. Dla badanych zmiennych obliczono średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe. W analizie statystycznej wybranych zmiennych posłużono się testem zgodności chi kwadrat. Do opracowania statystycznego danych użyto programu Statistica 12,5 (StatSoft, USA).

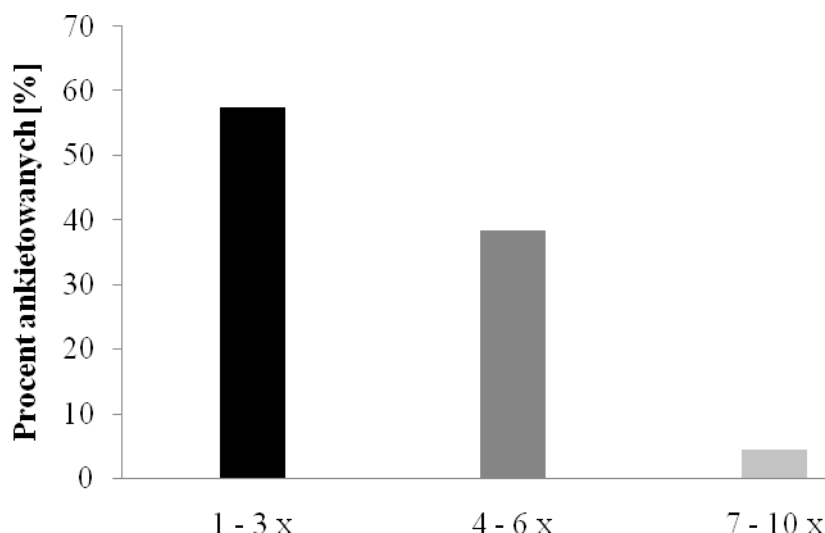
Wyniki

Tabela 2. Charakterystyka liczby kontuzji wśród biegaczy wrocławskich.

Łączna liczba badanych	255	[%]
Liczba osób kontuzjowanych	155	61
Liczba osób niekontuzjowanych	100	39

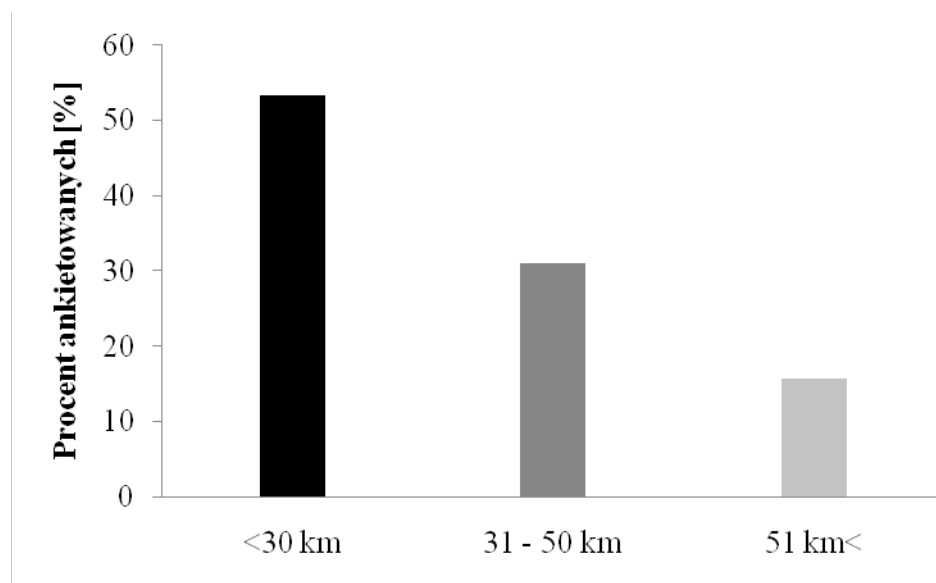
Wśród ankietowanych biegaczy (n=255) kontuzji doznało 61% (n=155), natomiast 39% (n=100) nie zadeklarowało kontuzji narządu ruchu (Tab. 2).

Najwięcej ankietowanych wykonywało trening od 1 do 3 razy w tygodniu (57%; n=146) oraz od 4 do 6 razy w tygodniu (38%; n=98). Jedynie 5% (n=11) przeprowadzało od 7 do 10 treningów tygodniowo (Rys. 1). Analiza obciążenia treningowego, wyrażona tygodniowym dystansem wykazała, że 53% (n=136) biegaczy przebiegło do 30 km; 31% (n=79) od 31 do 50 km, a jedynie 16% (n=40) powyżej 51 km (Rys. 2).

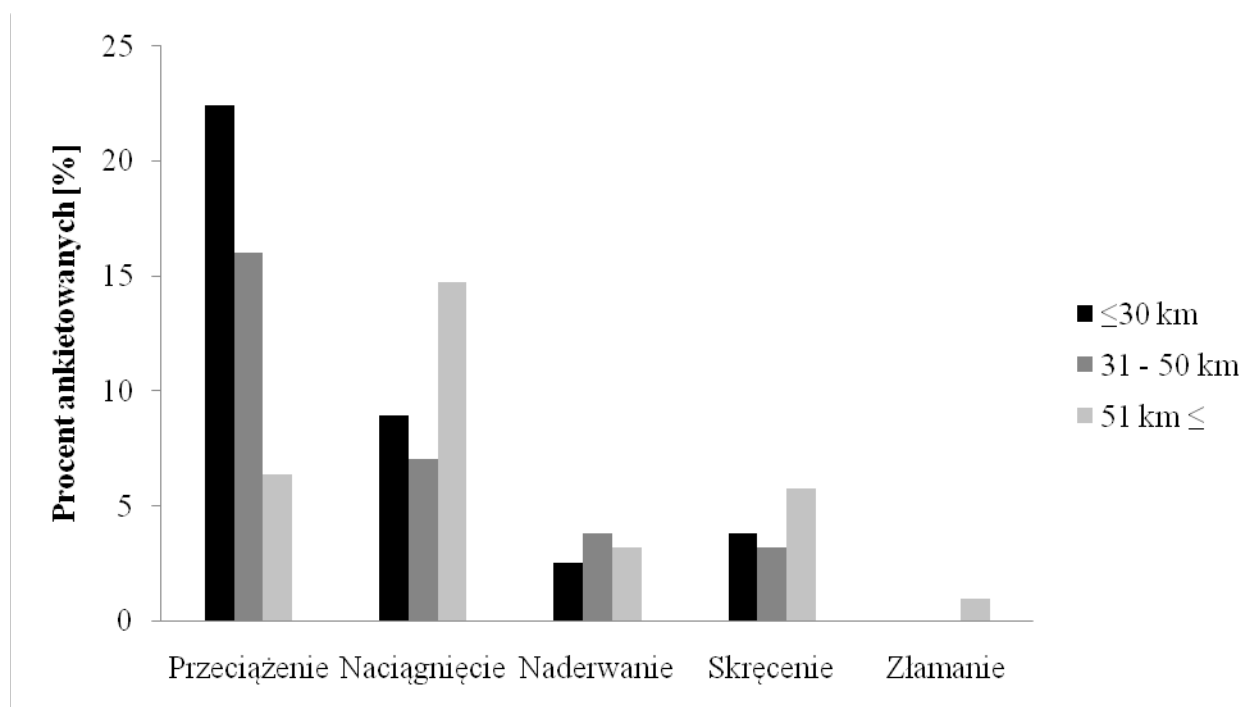


Rysunek 1. Tygodniowa liczba treningów wśród wrocławskich biegaczy.

Wśród biegaczy, u których tygodniowa objętość treningowa wynosi ≤ 30 km oraz od 31 do 50 km, najczęściej doszło do przeciążeń (tj. odpowiednio: 22% oraz 16%) (mięśniowych oraz stawowych) oraz naciągnięć (tj. odpowiednio: 9% oraz 7%) (mięśniowych). Natomiast u biegaczy pokonujących powyżej 51 km stwierdzono, że naciągnięcia (15%), przeciążenia mięśniowe i stawowe (6%) oraz skręcenia (6%) były najczęstszymi kontuzjami. U biegaczy, którzy przebiegli tygodniowo ≤ 30 km oraz od 31 do 50 km nie doszło do złamań (0%), natomiast w grupie ≥ 51 km 1% ankietowanych miało złamanie (złamanie zmęczeniowe stopy) (Rys. 3).



Rysunek. 2. Tygodniowa objętość treningów wśród wrocławskich biegaczy,



Rysunek 3. Charakterystyka odnoszonych kontuzji wśród biegaczy wrocławskich.

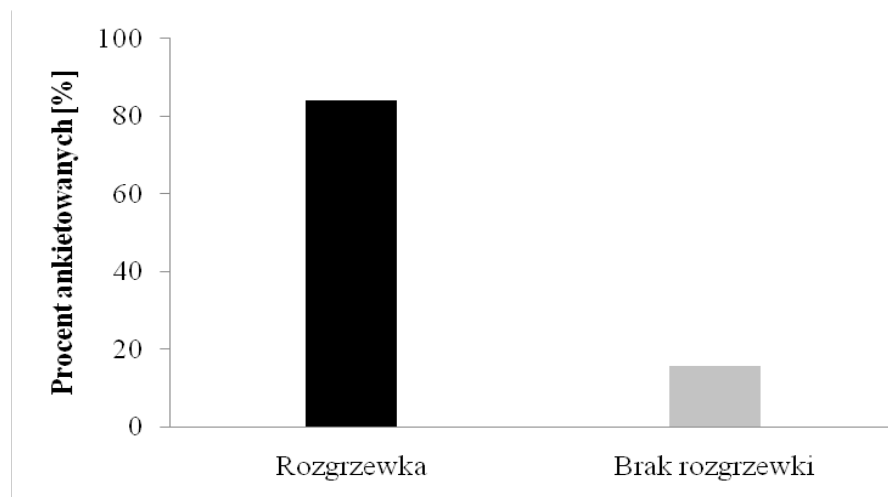
Szczegółowa charakterystyka odniesionych urazów mięśniowych wykazała, że najczęściej podatne na uszkodzenia były: rozciągnio podeszwowe i mięśnie grupy tylnej uda (16%, n=25), grupa przednia mięśni uda (15%, n=24), mięśnie grupy bocznej uda (21%, n=14) oraz mięśnie kręgosłupa (13%, n=20). Natomiast najrzadziej doszło do kontuzji w obrębie mięśni grupy przedniej podudzia (3%, n=4) oraz obręczy barkowej (4%, n=6) (Tab. 3).

Tabela 3. Charakterystyka badanych pod względem najczęstszych uszkodzeń mięśniowo-powięziowych.

Lokalizacja	Liczba badanych	Odsetek badanych [%]
Rozciągnio podeszwowe	25	16
Mm. piszczeli	4	3
Mm. tylne łydki	25	16
Mm. przednia uda	24	15
Mm. tylne uda	14	9
Mm boczne uda	21	14
Mm. pośladkowe	16	10
Mm. kręgosłupa	20	13
Mm. obręczy barkowej	6	4

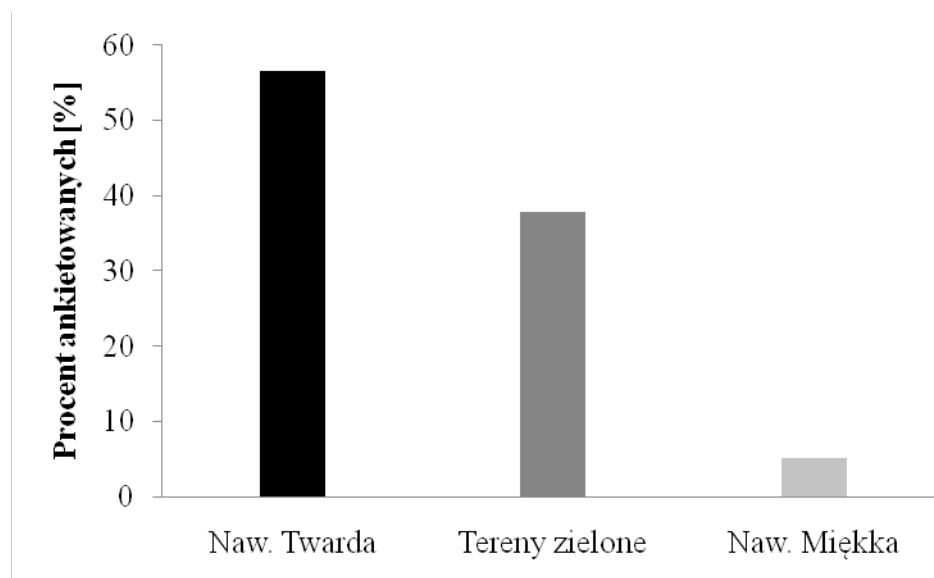
Wśród ankietowanych 84% (n=215) deklarowało przeprowadzenie rozgrzewki przed rozpoczęciem treningu, natomiast 16% (n=40) nie wykonywało rozgrzewki (Rys. 4).

Największy odsetek ankietowanych wykonujących rozgrzewkę przed treningiem znajdował się w grupie biegających do 30 km (58%; n=125), natomiast najmniejszy u biegaczy, którzy pokonali powyżej 51 km (3%; n=28). W przypadku ankietowanych, którzy nie wykonywali rozgrzewki tendencja procentowa jest identyczna.



Rysunek 4. Wykonywanie rozgrzewki wśród biegaczy wrocławskich.

Największy procent badanych biegaczy (61%; n=156) wykonywał treningi biegowe na ulicy, natomiast 12% (n=30) biegało na nawierzchni stadionu lekkoatletycznego typu tartan. Pozostała część wybierała alejki szutrowe lub naturalne ścieżki w parkach i lasach (27%; n=70). Wyniki badań statystycznych wskazują, że biegacze trenujący najrzadziej (1 – 3 tygodniowo) korzystają z nawierzchni twardej (ulicy) (Rys. 5).



Rysunek 5. Rodzaj nawierzchni treningowej wybieranej przez wrocławskich biegaczy.

Dyskusja

W przedstawionej przez autorów pracy, głównym zadaniem badawczym było określenie występowania urazów oraz identyfikacja czynników ryzyka (m.in. wpływu obciążeń treningowych) tych uszkodzeń w obrębie narządu ruchu u wrocławskich biegaczy. Z analizy badań epidemiologicznych wynika, że w populacji mieszkańców Unii Europejskiej, średnio co minutę jedna osoba odnosi kontuzję, która związana jest z aktywnością ruchową. EU Injury Database opublikowało dane, z których wynika, że rocznie około 5,2 miliona ludzi odnosi urazy aparatu ruchu podczas uprawiania sportu. Co więcej, aż u 18% tych osób konieczna była co najmniej jednodniowa hospitalizacja [15]. Wiele doniesień naukowych informuje o zagrożeniu powstawania urazów narządu ruchu, wskutek nieodpowiednio dobranego obciążenia treningowego [6,16,17]. Uszczegóławiając można wnioskować, że częstość trenowania oraz przebiegnięty tygodniowo dystans odgrywają istotne znaczenie w powstawaniu urazów narządu ruchu.

W badaniach własnych stwierdzono, że największy procent badanych trenował od 1 do 3 razy w tygodniu (57%; n=146) oraz pokonywał do 30 km tygodniowo (31%, n=79). Natomiast najmniej biegaczy przeprowadzało trening od 7 do 10 razy w tygodniu (5%, n=11) oraz przebiegając powyżej 51 km (16%, n=40). Powszechnie uważa się, że powyższa zmienna stanowi istotny czynnik urazów. Według Macera i wsp. [8] oraz Waltera i wsp. [18] ryzyko urazów w obrębie narządu ruchu zwiększa się u biegaczy, którzy biegają powyżej 35 km tygodniowo. Z kolei van Gent i wsp. [19] wykazali, że u biegających w zakresie 30 – 50 km/tydzień dochodzi do zapobiegania rozwoju urazów. Masłoń i wsp. [16] również wykazali, że wraz ze zwiększaniem się tygodniowego dystansu maleje odsetek nowych urazów. Wydaje się, że czynnikiem wpływającym na obniżenie ryzyka powstawania urazów jest doświadczenie oraz staż treningowy. Z kolei obie cechy pozwalają kształtować świadomość, która przyczynia się do obniżenia ryzyka odnoszenia kontuzji [20].

W badaniach własnych stwierdzono, że u biegaczy pokonujących dystans do 30 km pojawiają się przeciążenia układu ruchu oraz naciągnięcia mięśniowe. U biegaczy, którzy przebiegli od 31 do 50 km najczęściej doszło do przeciążeń oraz naciągnięć mięśniowych. Natomiast u osób biegających powyżej 51 km występowały przeciążenia, naciągnięcia w obrębie rozciągniętego podeszwowego, mm. tylnych łydki, pasma biodrowo – piszczelowego oraz skręcenia. Na urazy tych grup mięśniowych wskazują też Taunton i wsp. [5]. Natomiast do urazów w obrębie stawów biodrowych oraz kręgosłupa najczęściej dochodziło u biegaczy ze średnią tygodniową objętością treningową (31 – 50 km). Dolegliwości w obrębie kompleksu staw biodrowy – miednica – kręgosłup powstały najczęściej w wyniku kumulowania się przeciążeń z innych segmentów ciała (staw skokowy i/lub kolanowy) [21].

Niezbędnym ogniwem procesu treningowego jest przeprowadzenie właściwej rozgrzewki. Zwłaszcza u osób trenujących lekkoatletykę jest ważnym elementem, ponieważ zwiększa mobilność układu mięśniowo – więzadłowego sprawiając, że wykonywane czynności ruchowe są bardziej efektywne. Dlatego nieodpowiednia rozgrzewka mięśni kręgosłupa, jak i mięśni kulszowo – goleniowych może predysponować do rozwoju urazów [22]. Należy pamiętać, że niewłaściwe przygotowanie do treningu powoduje kontuzje, a tym samym dłuższą absencję od treningów [23,24]. Według Worell i Perrin [25] prawidłowa rozgrzewka w konkurencjach biegowych może przyczynić się do zwiększenia koordynacji ruchowej, a także zwiększenia ruchomości w stawach. Dodatkowo rozgrzewka wpływa na optymalizację funkcjonowania układu krążeniowo – oddechowego, czego skutkiem jest opóźnienie procesu zmęczenia. W badania własnych zaobserwowano, że biegacze wykonujący rozgrzewkę rzadziej odnosili kontuzje (62%). Stwierdzono również, że wśród ankietowanych, którzy nie wykonywali rozgrzewki, aż u 72% doszło do urazu.

Ważnym czynnikiem jest również nawierzchnia treningowa. Badania własne w całości potwierdzają obserwacje Masłoń i wsp. [16]. Największy odsetek badanych wybrał twardą nawierzchnię w postaci chodnika oraz ulicy asfaltowej, natomiast najmniej tartan (nawierzchnia miękka). W tej analizie należy w szczególności podkreślić istotne znaczenie wybranej nawierzchni treningowej na powstawanie urazów. Szczególnie biegacze trenujący na ulicy asfaltowej lub kostce brukowej są narażeni na wszelkie przeciążenia oraz urazy aparatu ruchu. Mniejsze ryzyko doznania urazów występuje u trenujących na tartanie, ponieważ niewłaściwe obciążenia są optymalizowane przez miękkie oraz elastyczne podłoże [26,27,28].

Badania własne należy rozwinąć o kolejne zmienne, np. dobór odpowiedniego obuwia, jako ważnego czynnika powstawania urazów. Innym ważnym elementem powinno być zróżnicowanie typu obuwia pod kątem odpowiedniego rodzaju (stopa neutralna, pronacyjna oraz supinacyjna). Istnieje doniesienie, według którego większość (70%) ankietowanych trenuje w uniwersalnym obuwiu sportowym [16].

Wnioski

1. Problem występowania urazów układu ruchu jest powszechnym zjawiskiem i dotyczy ponad połowy biegających rekreacyjnie mieszkańców Wrocławia.
2. Wśród badanych biegaczy najczęściej dochodziło do przeciążeń w obrębie rozciągniętego podszwowego, mm. tylnych łydki oraz mm. przednich ud.

3. Do głównych czynników predysponujących do urazów można zaliczyć nieodpowiedni dobór obciążeń treningowych oraz nawierzchni treningowej.

Piśmiennictwo

1. Inoue Y., Funk D., Jordan JS. The role of running involvement in creating self-sufficiency for homeless individuals through a community-based running program. *J Sport Menag* 2013, 27(6):439-452.
2. Rapoport, BI. Metabolic factors limiting performance in marathon runners. *PLoS Comput Biol* 2010;6(10).
3. Zinner C., Sperlich B. *Marathon Running: Physiology, Psychology, Nutrition and Training Aspects*, Springer, Zurych, 2016.
4. Robak A., Pencula M. Charakterystyka uszkodzeń kończyn dolnych u biegaczy oraz przebieg i wyniki rehabilitacji. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Społeczno Przyrodniczej im. Wincentego Pola w Lublinie* 2013; 17(2): 25-47.
5. Taunton JE., Ryan MB., Clement DB., McKenzie DC., Lloyd-Smith DR., Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002;36:95-101
6. Złotkowska R., Skiba M., Mroczek A., Bilewicz-Wyrozumska T., Król K., Lar K., Zbrojkiewicz E. Negatywne skutki aktywności fizycznej oraz uprawiania sportu. *Hygeia Public Health* 2015;50(1):41-46.
7. Johnston CA., Taunton JE., Lloyd-Smith DR., McKenzie DC. Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. *Can Fam Physician* 2003;49:1101–1109.
8. Macera CA, Pate RR, Powell KE, Powell KE, Jackson KL, Kendrick JS, Craven TE. Predicting lower extremity injuries among habits all runners. *Arch Intern Med* 1989; 149: 2565-2568.
9. Brill PA., Macera BA. The Influence of Running Patterns on Running Injuries. *Sport Med* 1995; 20(6):365-368.
10. Boguszewski D., Matuszewski T., Poświata P., Oko B., Śledź J., Adamczyk JG. Charakterystyka uszkodzeń ciała występujących u mężczyzn uprawiających sporty siłowe. *Roczniki Naukowe Wyższej Szkoły Wychowania Fizycznego i Turystyki w Białymstoku* 2011, 7: 158-161.

11. Hébert-Losier K., Jensen K., Mourot L., Holmberg HC. The influence of surface on the running velocities of elite and amateur orienteer athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 27;24(6):e448-455.
12. Lun V., Meeuwisse WH., Stergiou P., Stefanyshyn D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *Br J Sports Med* 2004;38:576-580
13. Scott SH., Winter DA. Internal forces at chronic running injury sites. *Med Sci Sports Exerc* 1990, 22(3):357-69.
14. Tik-Pui Fong D., Hong Y., Chan LK., Shu-Hang Yung P., Chan KM. A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports. *Sports Med* 2007, 37 (1): 73-94.
15. Injuries in the European Union. Summary of injury statistics for the years 2008-2010 Issue 4.EuroSafe, 2013.
16. Masłoń A., Golec E., Golec J., Czechowska D. Ocena wpływu warunków treningu biegowego kobiet na występowanie wśród nich uszkodzeń urazowych kończyn dolnych. *Ostry Dyżur* 2013;4:128-131.
17. Taunton JE., McKenzie DC., Clement DD. The role of biomechanics in the epidemiology of injuries. *Sports Med.* 1988; 6: 107–120.
18. Walter SD., Hart LE., McIntosh JM., Sutton JR. The Ontario cohort study of running-related injuries. *Arch Intern Med* 1989; 149:2561-2564.
19. Van Gent RN., Siem D., van Middelkoop, van Os AG., Bierma-Zeinstra SMA., Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: asystematic review. *Br J Sports Med* 2007; 41: 469–480.
20. Nowak P., Supiński J. Uczestnictwo w biegach maratońskich a zdrowotność polskich biegaczy. *Rozprawy Naukowe* 2014; 45: 41-47.
21. Mascal CL, Landel R, Powers C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33(11):647-60.
22. Van Mechelen W., Hlobil H, Kemper HC, Voorn WJ, de Jongh HR. Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *Am J Sports Med.* 1993;21(5):711-9.
23. Wilson JM, Hornbuckle LM, Kim JS, Ugrinowitsch C, Lee SR, Zourdos MC, Sommer B, Panton LB. Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *J Strength Cond Res.* 2010, 24(9):2274-2279

24. Young WB., Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003;43(1):21-7.
25. Worrell TW., Perrin DH. Hamstring muscle injury: the influence of strength, flexibility, warm-up, and fatigue. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1992;16(1):12-8.
26. Nigg B. The Role of Impact Forces and Foot Pronation: A New Paradigm. *Clin J Sport Med* 2009,11, 2-9.
27. Pohl MB., Hamill J., Davis IS. Biomechanical and Anatomic Factors Associated with a history of plantar fasciitis in female runners. *Clin J Sport Med* 2009, 19, 372-376.
28. Ferris D.P., Liang K., Farley CT. Runners adjust leg stiffness for their 1st step on a new running surface. *J Biomech* 1999, 32, 787-794s.