

JEDLINA, Klaudia, PACEK, Katarzyna, MAKOWSKA, Karolina, KAMIŃSKA, Izabela, PIKULICKA, Agata, SZULC, Izabela, SWACHA, Weronika, PIEKARSKA, Małgorzata, KASPERSKI, Radosław & RUSIN, Klaudia. Causes of runner's diarrhea and dietary recommendations to avoid it - systematic review. Journal of Education, Health and Sport. 2023;34(1):11-21. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.34.01.001> <https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/43719> <https://zenodo.org/record/7977166>

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. 32343. Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32343. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159. Przepisane dyscypliny naukowe: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).

© The Authors 2023;

This article is published with open access at License Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, 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 Share alike.

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/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: 27.04.2023. Revised: 10.05.2023. Accepted: 27.05.2023. Published: 27.05.2023.

## **Causes of runner's diarrhea and dietary recommendations to avoid it - systematic review**

Klaudia Jedlina, Centralny Szpital Kliniczny MSWiA in Warsaw, ORCID: 0000-0002-2363-2620, [klaudiajedlina@gmail.com](mailto:klaudiajedlina@gmail.com)

Katarzyna Pacek, Centralny Szpital Kliniczny MSWiA in Warsaw, ORCID: 0000-0001-6947-558X, [kasia.pacek1@gmail.com](mailto:kasia.pacek1@gmail.com)

Karolina Makowska, Uniwersyteckie Centrum Kształcenia WUM in Warsaw, ORCID: 000-0001-5467-3137 [makowska.karolinaa@gmail.com](mailto:makowska.karolinaa@gmail.com)

Izabela Kamińska, Szpital Czerniakowski sp. z o. o. in Warsaw, ORCID: 0000-0002-5766-2262, [izakam303@gmail.com](mailto:izakam303@gmail.com)

Agata Pikulicka, SZPITAL SOLEC in Warsaw, ORCID:0000-0003-1693-8127, [agapikulicka@gmail.com](mailto:agapikulicka@gmail.com)

Izabela Szulc, Szpital Praski P.W. Przemienienia Pańskiego in Warsaw, ORCID: 0000-0002-2262-6886, [izabelaszulc4@gmail.com](mailto:izabelaszulc4@gmail.com)

Weronika Swacha, Mazowieckie Centrum Stomatologii in Warsaw, ORCID: 0000-0002-1865-5967, [weronka6@gmail.com](mailto:weronka6@gmail.com)

Małgorzata Piekarska, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. Stefana Kardynała Wyszyńskiego SPZOZ in Lublin, ORCID: 0000-0001-5055-4923, [piekarska13@gmail.com](mailto:piekarska13@gmail.com)

Radosław Kasperski, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. Stefana Kardynała Wyszyńskiego SPZOZ in Lublin, ORCID :0000-0002-7364-3205, [r.kasperski95@gmail.com](mailto:r.kasperski95@gmail.com)

Klaudia Rusin, Mazowieckie Centrum Stomatologii in Warsaw, ORCID: 0000-0001-8386-7053 [klaudiarusin1911@gmail.com](mailto:klaudiarusin1911@gmail.com)

## Abstract

Complaints of diarrhea and other gastrointestinal symptoms are common among endurance runners. These problems may interfere with athletic activities and be the main cause of underperformance during sports events. It is estimated that this difficulty affects 30 to 90 percent of long-distance runners. The most important pathophysiological factors affecting the occurrence of gastrointestinal symptoms are ischemia and mechanical damage to the intestines, as well as the secretion of neuroendocrine substances. The diet before physical exercise is also one of the most significant factors related to the appearance of gastrointestinal symptoms. Avoiding the intake of fat, caffeine, protein, fiber, non-steroidal anti-inflammatory drugs and dehydration before performance is one of the suggestions for preventing runner's diarrhea. There are new recommendations for athletes, such as avoidance of fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols (FODMAPs) and the intake of multiple transportable carbohydrates. It seems that a short-term gluten free diet has no effect on the performance of athletes but further research is needed. Mechanisms of runner's diarrhea are still poorly understood, so more research needs to be conducted to improve the recommendations to runners.

Key words: runner's diarrhea, nutrition, diet, gastrointestinal problems

## 1. Wprowadzenie

Dolegliwości z przewodu pokarmowego są powszechnym problemem dotyczącym sportowców trenujących dyscypliny wytrzymałościowe. Szacuję się, że problem ten dotyczy od 30 do 90 procent biegaczy dystansowych i jest w ich przypadku prawie dwa razy częstszy niż u przedstawicieli innych dyscyplin sportowych takich jak kolarstwo czy pływanie. [1,2] Podany rozkład procentowy jest zależny od czynników takich jak płeć, wiek, poziom wytrenowania, intensywność, rodzaj i czas trwania treningu oraz sposób odżywiania, stwierdzenie występowania objawów w spoczynku czy metoda przeprowadzenia badania. [1,3,4,]

Wysiłek o dużej intensywności jest najczęściej przyczyną następujących objawów z przewodu pokarmowego: biegunka, częsta potrzeba defekacji, zaparcia, wzdęcia, odbijanie, skurcze brzucha, zgaga, wymioty, nudności, ból w klatce piersiowej.[5] Niektóre z nich mogą wydawać się

nieznaczące i w małym stopniu ograniczają wydajność sportowca a inne potrafią być na tyle poważne, że mogą wpływać na obniżenie wyników sportowych lub nawet na samą możliwość uprawiania sportu. Jednym z przykładów może być biegunka, która zmusza uczestnika zawodów do ich przerwania. [6] Niniejszy przegląd zostanie poświęcony tematyce dotyczącej najważniejszych przyczyn występowania biegunki u biegaczy oraz na najnowszych zaleceniach dietetycznych rekomendowanych w celu jej uniknięcia.

## 2. Definicja

Biegunkę czynnościową definiuje się jako oddawanie stolca powyżej trzech razy na dobę o charakterze wodnistym z ponad 75% zawartością wody bez uczucia bólu przy defekacji.[7-9] W ciężkich przypadkach zdarza się zaobserwować utratę krwi w kale u osób trenujących bieganie. Mimo to zazwyczaj dolegliwości mają przebieg lekki, nie doprowadzając do zaburzenia równowagi elektrolitowej ani do odwodnienia. [10]

## 3. Statystyki

W badaniu przeprowadzonym na ultramaratończykach w 2016 roku na 20 osobach, które ukończyły bieg aż 80% prezentowało objawy z przewodu pokarmowego w tym 20 % miało biegunkę. [11]

W innym badaniu aż 96% uczestników zgłaszało dolegliwości gastroenterologiczne z czego 22,2% biegunkę. Z osób, które nie ukończyły wyścigu 35.6 % zawodników uznawało za przyczynę problemy z przewodu pokarmowego. [12]

44% biegaczy biorących udział w innym badaniu również zgłaszało biegunkę. [13]

W doświadczeniu przeprowadzonym na 1281 osobach uprawiających bieganie rekreacyjnie około 2% doświadczało biegunki w trakcie ćwiczeń a poniżej 1% podczas odpoczynku po ćwiczeniach.

[14] Zaobserwowano, że objawy z dolnego odcinka przewodu pokarmowego dotyczą około 71% biegaczy. Większość z nich występuje nie w trakcie wysiłku a po jego zakończeniu. [4]

## 4. Patofizjologiczne czynniki wpływające na zaburzenia żołądkowo-jelitowe u sportowców

Najważniejszymi czynnikami patofizjologicznymi wpływającymi na wystąpienie objawów z przewodu pokarmowego są niedokrwienie, uszkodzenia mechaniczne oraz wydzielanie substancji

neuroendokrynych. Do ich wystąpienia dochodzi w określonych warunkach, głównie w ciepłym klimacie oraz w stanie niewłaściwego odżywienia i nawodnienia. A także w trakcie wykonywania ćwiczeń w sposób intensywny. [15]

### Motoryka i czynniki mechaniczne

Mechaniczną przyczyną zaburzeń żołądkowo-jelitowych jest odbijanie się narządów oraz wyższe niż normalnie ciśnienie wewnątrz jamy brzusznej podczas znacznego wysiłku fizycznego. [5]

Temat ten budzi wiele kontrowersji. W niektórych badaniach stwierdzono, że bieganie przyspiesza pasaż jelita grubego [16], oraz spowalnia pasaż jelita cienkiego. [16,17] Inni badacze wysunęli wniosek, że czas pasażu nie jest zależny od intensywnych ćwiczeń fizycznych [18], ani nie ma wpływu na zmianę motoryki okrężnicy czy jelita cienkiego. [19]

Osoby trenujące biegi długodystansowe są szczególnie narażone na zaburzenia motoryki jelit, co jest łączone z biegunką i występowaniem zespołu jelita drażliwego. [4,16,] Mimo braku wiedzy, co do dokładnej przyczyny patofizjologicznej, do możliwych czynników zalicza się: zaburzenia jelitowej równowagi wodno-elektrolitowej, uraz mechaniczny, niedokrwienie krezki, zmiany w przepuszczalności błony śluzowej oraz motoryki jelita grubego. [5]

### Czynniki niedokrwienne

Podczas ćwiczeń statycznych i dynamicznych wzrasta aktywność nerwów współczulnych, przez co zwiększeniu ulega rzut serca co pozwala zaspokoić potrzeby metaboliczne organizmu. [20] W trakcie maksymalnego wysiłku przepływ krwi przez trzewia zmniejsza się nawet o 80% przy 70 % VO<sub>2</sub>max na rzecz innych narządów oraz w celu dostarczenia tlenu do mięśni. [21] W wyniku zmniejszonego przepływu krwi przez przewód pokarmowy, błona śluzowa jelita staje się podatna na niedokrwienie oraz wzrasta jej przepuszczalność. Naturalna mikrobiota pełniąca funkcję ochronną ulega translokacji co może generować endotoksyny - skutkiem może być biegunka, jednak nie wszyscy badacze są zgodni co do tego stwierdzenia. [2] Nasileniu ulega utrata krwi utajonej. [5] Niedokrwienie błony śluzowej jelit prowadzi do znacznego wyczerpania komórkowego ATP, komórki ulegają apoptozie co skutkuje zapaleniem błony śluzowej. [22] Jest to jedna z głównych przyczyn krwawienia z dolnego odcinka przewodu pokarmowego związanego z intensywnym wysiłkiem fizycznym. [23]

Ważnym czynnikiem wpływającym na objawy z przewodu pokarmowego jest stan odwodnienia. Ćwiczenia fizyczne wykonywane są pod wpływem emocji towarzyszących rywalizacji co wzmacnia uwalnianie katecholamin, które odpowiedzialne są za tłumienie uczucia pragnienia. Często ma to

miejsce w środowisku o ciepłym klimacie co powoduje większą utratę wody w wyniku termoregulacji. [24] Jednym z objawów związanych z odwodnieniem może być kserostomia a co za tym idzie infekcja dróg oddechowych. [25]

Innym aspektem mogącym prowadzić do powikłań jelitowych jest uraz termiczny oraz spożywanie niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ) w wyniku czego połączenia istniejące w nabłonku układu pokarmowego mogą tracić szczelność. [2]

### Czynniki neuroendokryne

Podczas wysiłku fizycznego zwiększa się wydzielanie hormonów, między innymi kortyzolu w związku ze stymulacją osi podwzgórze-przysadka-nadnercza. [26] Wraz ze wzrostem stężenia hormonu stresu na skutek intensywnego wysiłku dochodzi do ujemnego bilansu energetycznego. Naturalnie kompensacja polega na zmniejszeniu wysiłku fizycznego lub/i zwiększenia dostaw energii z pożywieniem. [27] Jednak w sytuacji bardzo intensywnego wysiłku fizycznego zauważono, że ośrodek głodu ulega zahamowaniu prowadząc do zjawiska „anoreksji spowodowanej przez wysiłek fizyczny”. [28] Zmiany te prowadzą do zaburzeń odżywienia, które prawdopodobnie są jedną z przyczyn biegunki u sportowców. [2]

VIP jedna z najsilniej działających substancji wazoaktywnych, jest uwalniania w trakcie mechanicznej stymulacji zarówno okrężnicy, jak i jelita cienkiego. [29] Tłumaczy to, dlaczego jazda na rowerze prowadzi do wydzielenia mniejszej ilości peptydów i sympatyków niż bieg wytrzymałościowy, który jest połączeniem mechanicznego uszkodzenia jelit i hipoksji. [1] Mimo iż okres półtrwania VIP wynosi kilka minut, zaobserwowano, że po zakończeniu wysiłku fizycznego podwyższony poziom tego peptydu utrzymuje się do dwóch godzin. [30] W innych obserwacjach z 1986 roku u biegaczy stwierdzono zmniejszony o 80% przepływ krwi przez tętnice krezkową górną utrzymujący się do godziny po wysiłku. [31] Może to tłumaczyć, że lokalne niedokrwienie jelit, które utrzymuje się po wysiłku jest powodem podwyższenia poziomu VIP. [1]

### 5. Zalecenia dietetyczne

Sposób odżywiania przed wysiłkiem fizycznym jest jednym z czynników mających wpływ na pojawienie się dolegliwości żołądkowo-jelitowych. Dietetycy napotykają trudności w sformowaniu zaleceń żywieniowych przed treningami oraz zawodami dla sportowców uprawiających dyscypliny wytrzymałościowe ze względu na wciąż zbyt małą ilość danych dotyczących nietolerancji płynów i pokarmów w tej grupie osób. [32] Trawienie pokarmu jest procesem mogącym trwać 24 - 72 godzin,

więc istotne są zarówno pokarmy spożywane bezpośrednio przed wyścigiem jak i odżywianie w dniach poprzedzających bieg. [2]

Biegaczom wytrzymałościowym rekomenduje się indywidualne określenie własnej wrażliwości na pokarmy, z ogólną radą, żeby starać się unikać spożywania tych które są bogate w tłuszcz, błonnik oraz białko i ograniczenie skoncentrowanych źródeł węglowodanów. [33-35]

Innymi czynnikami powiązаныmi z biegunką są: kofeina, niskie spożycie płynów, zanieczyszczona żywność, fruktoza i izomaltuloza. [2] Kofeina jako suplement stosowana w zbyt dużych ilościach może wywierać efekt przeczyszczający na przewód pokarmowy. [36] Aby zmniejszyć ryzyko zaburzeń żołądkowo-jelitowych sugeruje się spożywanie niższych dawek produktów zawierających kofeinę ( 3 mg/kg ). [37] Wodorowęglan i cytrynian sodu, będące w użyciu jako suplementy buforujące, również zgłaszane są przez sportowców jako powodujące biegunkę czy wymioty. [38] Są to powody, dla których zaleca się co najmniej 3 godziny przerwy pomiędzy spożyciem tych suplementów i pokarmów a wysiłkiem. [2]

## Dieta FODMAP

Fermentowalne oligosacharydy, disacharydy, monosacharydy i poliole (FODMAPs) należą do grupy słabo wchłanianych krótko łańcuchowych węglowodanów. Możemy je znaleźć w cebuli, sorbitolu, niektórych produktach mlecznych, pszenicy oraz wielu owocach i warzywach. [39] Spożycie pokarmów bogatych w FODMAPs może powodować efekt osmotyczny - dostarczanie dużej ilości wody do okrężnicy i jelita cienkiego oraz fermentację [40], zwiększa to wytwarzanie gazów oraz krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych. [39,41] U osób zdrowych FODMAPs zdają się nie powodować innych zaburzeń niż wzdęcia [42], natomiast u osób z zespołem jelita drażliwego mogą powodować biegunkę. [39, 42] Możliwe jest, że osoby aktywne ze względu na powtarzający się stres jelit są podatne w większym stopniu na czynniki takie jak FODMAPs które prowadzą do objawów żołądkowo- jelitowych. Należy jednak przeprowadzić dalsze badania dotyczące tego tematu z uwagi na zbyt mało danych.[2]

## Węglowodany

Podczas wysiłku fizycznego spożywanie węglowodanów poprawia wydolność organizmu. [37] Glukoza wchłaniana jest w jelicie z szybkością około 1,0 - 1,2 g/min, większa podaż glukozy prowadzi do zwiększenia ilości węglowodanów resztkowych w jelicie prawdopodobnie doprowadzając do biegunki. [43] Istnieje jednak możliwość spożycia większej ilości węglowodanów około 1,5-1,8 g/min przy dodatku fruktozy do pozostałych węglowodanów. [43, 44]

Sportowcy trenujący dyscypliny wytrzymałościowe, przy spożyciu napoju zawierającego mieszaninę węglowodanów prostych takich jak glukoza i fruktoza wykazują mniej objawów z układu pokarmowego niż sportowcy przyjmujący taką samą ilość pojedynczego węglowodanu - glukozy. [37,44,45] W badaniu z 2015 roku 14 mężczyzn i 6 kobiet dwukrotnie wzięło udział w biegu trwającym 120 minut, a następnie 4-milowym biegu na czas. Uczestnicy podzieleni byli na dwie grupy, jedna spożywająca wyłącznie napoje z glukozą i druga mieszkankę glukozy z fruktozą. Osoby przyjmujące mieszkankę glukozy z fruktozą zgłaszały mniejsze zaburzenia żołądkowo-jelitowe. [46]

Zwraca się uwagę na szkodliwość spożycia węglowodanów w upale w trakcie wykonywania aktywności fizycznej, może ono bowiem doprowadzić do uszkodzenia ścian jelit. [47] Opróżnianie jelitowe i przesunięcie wody do światła jelita może być też spowodowane przyjęciem węglowodanów o zbyt dużej osmolalności lub w zbyt dużej ilości, co doprowadzić może do biegunki. [2]

## Gluten

Wśród sportowców istnieje przekonanie, że stosowanie diety bezglutenowej pomaga w utracie wagi, osiągnięciu lepszych wyników sportowych oraz zmniejszeniu dolegliwości żołądkowo-jelitowych. 41% sportowców bez zdiagnozowanej celiakii stosowało dietę bezglutenową przez większość czasu aby zmniejszyć dolegliwości żołądkowe [48] Jednakże na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, że powyższe przekonanie jest mylne. Należy przeprowadzić więcej badań oceniających wpływ przewlekłego stosowania diety bezglutenowej u sportowców na dolegliwości z przewodu pokarmowego podczas długotrwałego wysiłku fizycznego. [2]

## 6. Podsumowanie

Biegunka biegacza jest powszechnym problemem spotykającym atletów podczas występów sportowych. Do głównych jej przyczyn należy niedokrwienie, uszkodzenia mechaniczne oraz wydzielanie substancji neuroendokrynych. Ważnym aspektem jest również nawodnienie oraz odpowiednie odżywienie w dniach poprzedzających zawody.

Istnieją nowe zalecenia aby unikać diety FODMAPs oraz spożywania samej glukozy. Rekomenduje się spożywanie mieszaniny węglowodanów prostych (fruktoza i glukoza). Do pozostałych zaleceń należy unikanie przyjmowania pokarmów bogatych w tłuszcz, białko oraz błonnik oraz picia zbyt dużej ilości kofeiny przed biegiem. W dotychczasowych badaniach nie udowodniono wpływu diety bezglutenowej na zmniejszenie dolegliwości żołądkowo-jelitowych u biegaczy.

## REFERENCES

- [1] Brouns F, Beckers E. Is the gut an athletic organ? Digestion, absorption and exercise. *Sports Med.* 1993;15:242–57.
- [2] de Oliveira EP. Runner's diarrhea: what is it, what causes it, and how can it be prevented? *Curr Opin Gastroenterol.* 2017 Jan;33(1):41-46. doi: 10.1097/MOG.0000000000000322. PMID: 27798441.
- [3] Peters HP, Akkermans LM, Bol E, et al. Gastrointestinal symptoms during exercise. The effect of fluid supplementation. *Sports Med* 1995;20:65–76.
- [4] Peters HP, Bos M, Seebregts L, et al. Gastrointestinal symptoms in long-distance runners, cyclists, and triathletes: prevalence, medication, and etiology. *Am J Gastroenterol.* 1999 Jun;94(6):1570-81. doi: 10.1111/j.1572-0241.1999.01147.x. PMID: 10364027.
- [5] Casey E, Mistry DJ, MacKnight JM. Training room management of medical conditions: sports gastroenterology. *Clin Sports Med* 2005; 24:525 – 540.
- [6] deOliveiraEP,BuriniRC,JeukendrupA.Gastrointestinalcomplaintsduring exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Med* 2014; 44 (Suppl 1):S79 – S85.
- [7] Baska RS, Moses FM, Graeber G, et al. Gastrointestinal bleeding during an ultramarathon. *Dig Dis Sci.* 1990;35:276–9.
- [8] Hoffman MD, Fogard K. Factors related to successful completion of a 161-km ultramarathon. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6:25–37.
- [9] Rehrer NJ, Brouns F, Beckers EJ, et al. Physiological changes and gastro-intestinal symptoms as a result of ultra-endurance running. *Eur J Appl Physiol.* 1992;64:1–8.
- [10] Pfeiffer B, Stellingwerff T, Hodgson AB, et al. Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44:344–51.
- [11] Stuempfle KJ, Valentino T, Hew-Butler T, Hecht FM, Hoffman MD. Nausea is associated with endotoxemia during a 161-km ultramarathon. *J Sports Sci.* 2016 Sep;34(17):1662-8. doi: 10.1080/02640414.2015.1130238. Epub 2015 Dec 28. PMID: 26707127.
- [12] Stuempfle KJ, Hoffman MD. Gastrointestinal distress is common during a 161-km ultramarathon. *J Sports Sci.* 2015;33(17):1814-21. doi: 10.1080/02640414.2015.1012104. Epub 2015 Feb 26. PMID: 25716739.
- [13] Stuempfle KJ, Hoffman MD, Hew-Butler T. Association of gastrointestinal distress in ultramarathoners with race diet. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2013; 23:103 – 109.
- [14] ter Steege RW, Van der Palen J, Kolkman JJ. Prevalence of gastrointestinal complaints in runners competing in a long-distance run: an internet-based observational study in 1281 subjects. *Scand J Gastroenterol.* 2008;43(12):1477-82. doi: 10.1080/00365520802321170. PMID: 18777440.



- [15] de Oliveira EP, Burini RC. The impact of physical exercise on the gastrointestinal tract. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2009 Sep;12(5):533-8. doi: 10.1097/MCO.0b013e32832e6776. PMID: 19535976.
- [16] van Nieuwenhoven MA, Brouns F, Brummer RJ. Gastrointestinal profile of symptomatic athletes at rest and during physical exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2004 Apr;91(4):429-34. doi: 10.1007/s00421-003-1007-z. Epub 2003 Nov 22. PMID: 14634826.
- [17] Moses FM. The effect of exercise on the gastrointestinal tract. *Sports Med*. 1990 Mar;9(3):159-72. doi: 10.2165/00007256-199009030-00004. PMID: 2180030.
- [18] Kayaleh RA, Meshkinpour H, Avinashi A, Tamadon A. Effect of exercise on mouth-to-cecum transit in trained athletes: a case against the role of runners' abdominal bouncing. *J Sports Med Phys Fitness*. 1996 Dec;36(4):271-4. PMID: 9062051.
- [19] Rao KA, Yazaki E, Evans DF, Carbon R. Objective evaluation of small bowel and colonic transit time using pH telemetry in athletes with gastrointestinal symptoms. *Br J Sports Med*. 2004 Aug;38(4):482-7. doi: 10.1136/bjism.2003.006825. PMID: 15273191; PMCID: PMC1724875.
- [20] Raven PB, Fadel PJ, Ogoh S. Arterial baroreflex resetting during exercise: a current perspective. *Exp Physiol*. 2006 Jan;91(1):37-49. doi: 10.1113/expphysiol.2005.032250. Epub 2005 Oct 6. PMID: 16210446.
- [21] Qamar MI, Read AE. Effects of exercise on mesenteric blood flow in man. *Gut*. 1987 May;28(5):583-7. doi: 10.1136/gut.28.5.583. PMID: 3596339; PMCID: PMC1432887.
- [22] Oktedalen O, Lunde OC, Opstad PK, Aabakken L, Kvernebo K. Changes in the gastrointestinal mucosa after long-distance running. *Scand J Gastroenterol*. 1992 Apr;27(4):270-4. doi: 10.3109/00365529209000073. PMID: 1589703.
- [23] Heer M, Repond F, Hany A, et al. Acute ischaemic colitis in a female long distance runner. *Gut*. 1987 Jul;28(7):896-9. doi: 10.1136/gut.28.7.896. PMID: 3498668; PMCID: PMC1433062.
- [24] Maresh CM, Gabaree-Boulant CL, Armstrong LE, et al. Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *J Appl Physiol* (1985). 2004 Jul;97(1):39-44. doi: 10.1152/jappphysiol.00956.2003. Epub 2004 Feb 27. PMID: 14990557.
- [25] Fox PC, van der Ven PF, Sonies BC, Weiffenbach JM, Baum BJ. Xerostomia: evaluation of a symptom with increasing significance. *J Am Dent Assoc*. 1985 Apr;110(4):519-25. doi: 10.14219/jada.archive.1985.0384. PMID: 3858368.
- [26] Smith JA. Exercise immunology and neutrophils. *Int J Sports Med*. 1997 Mar;18 Suppl 1:S46-55. doi: 10.1055/s-2007-972699. PMID: 9129262.
- [27] Hill JO, Melby C, Johnson SL, Peters JC. Physical activity and energy requirements. *Am J Clin Nutr*. 1995 Nov;62(5 Suppl):1059S-1066S. doi: 10.1093/ajcn/62.5.1059S. PMID: 7484922.

- [28] King NA, Burley VJ, Blundell JE. Exercise-induced suppression of appetite: effects on food intake and implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr.* 1994 Oct;48(10):715-24. PMID: 7835326.
- [29] Fahrenkrug J, Haglund U, Jodal M, et al. Nervous release of vasoactive intestinal polypeptide in the gastrointestinal tract of cats: possible physiological implications. *J Physiol.* 1978 Nov;284:291-305. doi: 10.1113/jphysiol.1978.sp012541. PMID: 215756; PMCID: PMC1282822.
- [30] Oektedalen O, Flaten O, Opstad PK, Myren J. hPP and gastrin response to a liquid meal and oral glucose during prolonged severe exercise, caloric deficit, and sleep deprivation. *Scand J Gastroenterol.* 1982 Aug;17(5):619-24. doi: 10.3109/00365528209181068. PMID: 7178825.
- [31] Kehl O, Jäger K, Münch R, et al. Mesenteriale Ischämie als Ursache der "Jogging-Anämie"? [Mesenterial anemia as a cause of jogging anemia?]. *Schweiz Med Wochenschr.* 1986 Jul 19;116(29):974-6. German. PMID: 3764381.
- [32] Parnell JA, Wagner-Jones K, Madden RF, Erdman KA. Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms. *J Int Soc Sports Nutr.* 2020 Jun 10;17(1):32. doi: 10.1186/s12970-020-00361-w. PMID: 32522222; PMCID: PMC7288429.
- [33] Tiller NB, Roberts JD, Beasley L, et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019 Nov 7;16(1):50. doi: 10.1186/s12970-019-0312-9. PMID: 31699159; PMCID: PMC6839090.
- [34] Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016 Mar;116(3):501-528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006. Erratum in: *J Acad Nutr Diet.* 2017 Jan;117(1):146. PMID: 26920240.
- [35] Burke LM, Jeukendrup AE, Jones AM, Mooses M. Contemporary Nutrition Strategies to Optimize Performance in Distance Runners and Race Walkers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019 Mar 1;29(2):117-129. doi: 10.1123/ijsnem.2019-0004. Epub 2019 Apr 4. PMID: 30747558.
- [36] Wilson PB. Dietary and non-dietary correlates of gastrointestinal distress during the cycle and run of a triathlon. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(4):448-54. doi: 10.1080/17461391.2015.1046191. Epub 2015 Jul 29. PMID: 26222930.
- [37] Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016 Mar;48(3):543-68. doi: 10.1249/MSS.0000000000000852. Erratum in: *Med Sci Sports Exerc.* 2017 Jan;49(1):222. PMID: 26891166.
- [38] Burke LM, Pyne DB. Bicarbonate loading to enhance training and competitive performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007 Mar;2(1):93-7. doi: 10.1123/ijsp.2.1.93. PMID: 19255457.

- [39] Chey WD, Kurlander J, Eswaran S. Irritable bowel syndrome: a clinical review. *JAMA*. 2015 Mar 3;313(9):949-58. doi: 10.1001/jama.2015.0954. PMID: 25734736.
- [40] Barrett JS, Gearry RB, Muir JG, et al. Dietary poorly absorbed, short-chain carbohydrates increase delivery of water and fermentable substrates to the proximal colon. *Aliment Pharmacol Ther*. 2010 Apr;31(8):874-82. doi: 10.1111/j.1365-2036.2010.04237.x. Epub 2010 Jan 22. PMID: 20102355.
- [41] Murray K, Wilkinson-Smith V, Hoad C, et al. Differential effects of FODMAPs (fermentable oligo-, di-, mono-saccharides and polyols) on small and large intestinal contents in healthy subjects shown by MRI. *Am J Gastroenterol*. 2014 Jan;109(1):110-9. doi: 10.1038/ajg.2013.386. Epub 2013 Nov 19. PMID: 24247211; PMCID: PMC3887576.
- [42] Halmos EP, Power VA, Shepherd SJ, Gibson PR, Muir JG. A diet low in FODMAPs reduces symptoms of irritable bowel syndrome. *Gastroenterology*. 2014 Jan;146(1):67-75.e5. doi: 10.1053/j.gastro.2013.09.046. Epub 2013 Sep 25. PMID: 24076059.
- [43] de Oliveira EP, Burini RC. Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress. *Nutrients*. 2014 Oct 13;6(10):4191-9. doi: 10.3390/nu6104191. PMID: 25314645; PMCID: PMC4210913.
- [44] Wallis GA, Rowlands DS, Shaw C, Jentjens RL, Jeukendrup AE. Oxidation of combined ingestion of maltodextrins and fructose during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2005 Mar;37(3):426-32. doi: 10.1249/01.mss.0000155399.23358.82. PMID: 15741841.
- [45] Wright EM, Martin MG, Turk E. Intestinal absorption in health and disease--sugars. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*. 2003 Dec;17(6):943-56. doi: 10.1016/s1521-6918(03)00107-0. PMID: 14642859.
- [46] Wilson PB, Ingraham SJ. Glucose-fructose likely improves gastrointestinal comfort and endurance running performance relative to glucose-only. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Dec;25(6):e613-20. doi: 10.1111/sms.12386. Epub 2014 Dec 30. PMID: 25556817.
- [47] Sessions J, Bourbeau K, Rosinski M, et al. Carbohydrate gel ingestion during running in the heat on markers of gastrointestinal distress. *Eur J Sport Sci*. 2016 Nov;16(8):1064-72. doi: 10.1080/17461391.2016.1140231. Epub 2016 Feb 3. PMID: 26841003.
- [48] Lis DM, Stellingwerff T, Shing CM, Ahuja KD, Fell JW. Exploring the popularity, experiences, and beliefs surrounding gluten-free diets in nonceliac athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015 Feb;25(1):37-45. doi: 10.1123/ijsnem.2013-0247. Epub 2014 Jun 5. PMID: 24901744.