

Влияние спорта и физических нагрузок на кишечный микробиом человека

Ольга Н. Крюкова	¹	ol.cok.3@mail.ru	 0000-0002-3955-5287
Александр И. Бушуев	¹	irina59.bush@mail.ru	 0009-0002-2936-3940
Татьяна С. Ковалева	¹	tanyakova2501@gmail.com	 0000-0002-3531-3811
Светлана Ф. Яковлева	¹	svetlana.yakovleva.68@mail.ru	 0000-0003-3686-9966

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. У каждого человека есть триллионы бактерий, вирусов и грибов, живущих внутри и на нем в многочисленных микробных экосистемах, известных как микробиомы. Микробы кишечника несут ответственность за то, как наш организм расщепляет углеводы, клетчатку, белок и регулирует энергию тела. Эти микробы влияют на воспалительную реакцию организма, устойчивость к стрессу, неврологические функции и даже влияют на умственную силу. Регулярные физические упражнения рекомендованы Всемирной организацией здравоохранения для укрепления здоровья и снижения риска развития многих заболеваний, в том числе психических, а также для увеличения продолжительности жизни. Эти рекомендации основаны на данных множества исследований, демонстрирующих разнообразие патогенетических путей, посредством которых улучшается здоровье на фоне физической нагрузки. С появлением возможности изучения микробиома кишечника, влияние на его таксономический состав и метаболизм с помощью упражнений служат предметом научного интереса. Улучшение микробиома может помочь повысить спортивную производительность и физическую выносливость и улучшить здоровье в целом. Потребление пребиотиков и пробиотиков, соблюдение здорового и сбалансированного рациона, уменьшение потребления сахара и жирной пищи, увеличение потребления растительной пищи, уменьшение стресса и увеличение физической активности – все это может помочь улучшить микробиом и увеличить выносливость. Спорт, посредством изменения микробиома, оказывает благотворное влияние на эмоциональное состояние, пищеварительную функцию, иммунный ответ, сердечно-сосудистое здоровье и здоровье мозга. При снижении физической активности снижается и положительное влияние микробиома.

Ключевые слова: спорт, физические нагрузки, кишечный микробиом.

Effects of sport and physical activity on the human intestinal microbiome

Olga N. Kryukova	¹	ol.cok.3@mail.ru	 0000-0002-3955-5287
Alexander I. Bushuyev	¹	irina59.bush@mail.ru	 0009-0002-2936-3940
Tatiana S. Kovaleva	¹	tanyakova2501@gmail.com	 0000-0002-3531-3811
Svetlana F. Yakovleva	¹	svetlana.yakovleva.68@mail.ru	 0000-0003-3686-9966

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Each person has trillions of bacteria, viruses and fungi living in and on them in numerous microbial ecosystems known as microbiomes. Gut microbes are responsible for how our bodies break down carbohydrates, fiber, protein and regulate body energy. These microbes influence the body's inflammatory response, stress resistance, neurological function, and even affect mental strength. Regular exercise is recommended by the World Health Organization to promote health and reduce the risk of many diseases, including mental illness, as well as increase longevity. These recommendations are based on evidence from multiple studies demonstrating the variety of pathogenetic pathways by which exercise improves health. With the advent of the ability to study the gut microbiome, influencing its taxonomic composition and metabolism through exercise serves as a subject of scientific interest. Improving the microbiome may help increase athletic performance and physical endurance and improve overall health. Consuming prebiotics and probiotics, eating a healthy and balanced diet, reducing sugar and fatty foods, increasing plant-based foods, reducing stress and increasing physical activity can all help improve the microbiome and increase endurance. Sport, through altering the microbiome, has beneficial effects on emotional well-being, digestive function, immune response, cardiovascular health and brain health. When physical activity decreases, the beneficial effects of the microbiome also decrease.

Keywords: sport, exercise, gut microbiome.

Для цитирования

Крюкова О.Н., Бушуев А.И., Ковалева Т.С., Яковлева С.Ф. Влияние спорта и физических нагрузок на кишечный микробиом человека // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 207–212. doi:10.20914/2310-1202-2024-2-207-212

For citation

Kryukova O.N., Bushuyev A.I., Kovaleva T.S., Yakovleva S.F. Effects of sport and physical activity on the human intestinal microbiome. Vestnik VGUI [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 207–212. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-2-207-212

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Микробиом – это совокупность микроорганизмов, которые населяют организм человека и выполняют важные функции для нашего здоровья. Микроорганизмы в желудочно-кишечном тракте играют значительную роль в поглощении питательных веществ, синтезе витаминов, усвоении энергии, воспалительной модуляции и иммунном ответе хозяина, что в совокупности способствует здоровью человека.

Важные факторы, такие как возраст, способ рождения, использование антибиотиков и питание, были установлены в качестве формирующих факторов микробиоты кишечника [1].

В последние годы исследования показали, что и спортивная деятельность может оказывать значительное влияние на микробиом человека. В статье рассмотрим, как спорт влияет на микробиом и что можно сделать, чтобы улучшить свой микробиом и повысить спортивную производительность.

Спортивная деятельность имеет большое значение для нашего здоровья, в том числе и для формирования кишечного микробиома. Некоторые микроорганизмы, которые обитают в кишечнике, могут помочь улучшить пищеварение и усвоение питательных веществ, а также уменьшить воспаление и улучшить иммунную систему.

Кроме того, микробиом может влиять на нашу способность к физической активности. Исследования показали, что люди с различными типами микробиома имеют разные уровни физической активности и спортивной производительности. Физические упражнения, связанные с ними диетические факторы и спортивная классификация способствуют более «ассоциированной» микробиоте кишечника [1]. Физическая активность (независимо от специфических характеристик) вносит значительный вклад в состав микробиома кишечника и связанные с ним метаболиты: изменяются разнообразие и масса определенных видов [2].

Изменения состава микробиоты кишечника могут способствовать производительности и восстановлению после тренировки.

Виды бактерий, профилированные в кишечнике профессиональных спортсменов, являются производителями короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК), которые потенциально улучшают производство энергии и, следовательно, спортивные показатели [3].

Микробиом кишечника спортсменов показал более высокое изобилие противовоспалительных, способствующих здоровью бактерий.

Минуты активного спорта были связаны с уменьшением численности семейства *Clostridiaceae* [4].

Согласно обзору 2023 года, к изменениям микробиома кишечника привели физические упражнения средней и высокой интенсивности в течение 30–90 минут ≥ 3 раза в неделю (или от 150 до 270 минут в неделю) в течение ≥ 8 недель [5].

Одним из наиболее изученных микроорганизмов, которые могут влиять на спортивную производительность, являются бифидобактерии. Эти бактерии могут помочь улучшить пищеварение и усвоение питательных веществ, уменьшить воспаление и улучшить иммунную систему. Помимо этого, они могут повысить выносливость и уменьшить утомляемость.

У спортсменов рост физической активности заметно повлиял на относительное содержание короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК). Аэробная тренировка, которая длилась 60 минут, и физическая активность на уровне 60 % HRmax или более, также повлияли на показатели бета-разнообразия. Результаты показали, что спортсмены имеют более разнообразный тип микробиоты кишечника, но с относительно уменьшенным количеством бактерий, производящих КЦЖК и молочные кислоты, что свидетельствует о негативном влиянии интенсивных физических упражнений на популяцию микробиоты кишечника [6].

Это подтверждает теорию, что уровень физической активности модулирует микробиоту желудочно-кишечного тракта у человека.

А может ли спорт навредить микробиоте? На иммунную функцию сильно влияет реакция микробиоты кишечника на физические упражнения. В течение длительного периода увеличение интенсивности и объема физических упражнений может привести к дисбиозу кишечника.

Проходящая иммунная дисфункция возникает после длительных высокоинтенсивных упражнений, которые коррелируют с дисрегуляцией микробиоты. Тем не менее, долгосрочное воздействие физических упражнений усилит иммунный ответ и приведет к положительным изменениям в микробиоте кишечника [7].

Обсуждение

Текущие данные позволяют предположить, что физические упражнения могут опосредовать двунаправленную связь между кишечником и мозгом через изменения микробиома. Эта связь может объяснить, почему физические упражнения могут быть терапевтическим фактором для психологических расстройств, так и для расстройств желудочно-двигательного тракта. Основными идентифицированными типами, которые реагируют на физические упражнения, являются *Firmicutes* и *Actinobacteria*, которые содержат роды *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* соответственно (рисунок 1) [8].



Рисунок 1. Роль физических упражнений в оси микробиом – кишечник – мозг

Figure 1. The role of exercise in the microbiome – gut – brain axis

В подростковом периоде состав микробиоты кишечника изменяется. Этот сдвиг связан с сигнализацией, связанной с аппетитом, так как уровни лептина в сыворотке крови положительно коррелируют с популяциями *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* и отрицательно с уровнями *Bacteroides spp.* и *Prevotella*, в то время как уровни сыворотки грелина оказывают противоположное воздействие на эти бактериальные популяции [9].

Таким образом, упражнения могут влиять на состав микробиоты кишечника, стимулируя развитие бактерий, способных вызывать адаптивные изменения в метаболизме хозяина, и способствовать оптимизации развития функции мозга [10].

Наиболее вероятная гипотеза состоит в том, что между мышцами и бактериями кишечника существует коммуникация по оси «кишечник – мышцы». Полагают, что эта коммуникация идет в обоих направлениях: микробиота кишечника влияет на состояние мышц, а физические упражнения регулируют состав микробиоты. Но у людей, хоть и наблюдается связь между дисбиозом кишечника и различными метаболическими изменениями в мышцах (синтез белка, высвобождение молекул, способствующих развитию мышц и т. д.), эта гипотеза пока четко не сформулирована [11].

Как улучшить микробиом для повышения спортивной производительности? Существует несколько способов, которые могут помочь улучшить микробиом для повышения физической эффективности:

1. Увеличение потребления пребиотиков и пробиотиков.

Пребиотики – это пищевые волокна, которые не перевариваются в желудке и тонком кишечнике, но служат пищей для полезных бактерий в толстом кишечнике. Пробиотики – это живые бактерии, которые могут помочь улучшить состав микробиома. Рацион питания долгожителей в первую очередь включает в себя пробиотические продукты. Чем меньше микробное разнообразие желудочно-кишечного тракта, тем меньше количество комменсальных бактерий.

А именно они являются продуцентами короткоцепочечных жирных кислот (КЦЖК) – масляной, пропионовой, способствуют предотвращению инфекционных заболеваний, а также аутоиммунных и болезней цивилизации – сахарного диабета, сердечно-сосудистых и онкологических. Без разнообразия кишечной микрофлоры невозможно адекватное переваривание и всасывание минералов и витаминов.

Пробиотические продукты – это молочнокислые продукты: кефир, йогурт, сыры – помимо содержания штаммов лакто- и бифидобактерий, в их состав входят также КЦЖК, которые всасываются энтероцитами напрямую, без участия ферментов, что важно не только для здоровых, но и для лиц с расстройствами желудочно-кишечного тракта. При непереносимости молочных продуктов обязательно включать в рацион ферментированные овощи, – например, квашеную капусту, кимчи и др.

Несомненную ценность несут в себе овощи, ягоды, фрукты и грибы – источники редких фитонутриентов, каротиноидов, растворимой клетчатки, они способны снижать холестерин, связывать желчные кислоты, лучше выводить продукты метаболизма улучшая третью фазу детоксикации, и способствовать регулярному и правильному функционированию органов ЖКТ.

Для здоровья сердечно-сосудистой системы крайне важно поступление в пищу полиненасыщенных жирных кислот, холина – источниками являются субпродукты, мясо, рыба, яйца и морепродукты. Полиненасыщенные жирные кислоты участвуют в построении мембран клеток, способствуют эластичности сосудов и необходимы для выработки энергии – именно они нужны для построения мембран митохондрий – основных клеточных органелл, которые способствуют выработке энергии.

Для здоровья соединительной ткани, поддержания мышечной массы, улучшения обменных процессов, поддержания стабильной массы тела критически важно потреблять оптимальное количество белковой пищи, содержащей весь спектр заменимых и незаменимых аминокислот.

«Жизнь – есть способ существования белковых тел», – Ф. Энгельс, и, действительно, ни одна реакция в организме не происходит без участия белка, баланс катаболизма (распада белка) и анаболизма (синтеза белка) способствует правильному протеканию биохимических реакций. Сбалансированное поступление аминокислот легко обеспечить продуктами животного происхождения – мясом, рыбой, яйцами, молочными продуктами, источники растительного белка менее предпочтительны как основной источник, сложны в переваривании. Минимальное количество белка, которое должно поступать с пищей – 1 грамм на килограмм веса (при метаболических нарушениях 1 грамм на килограмм идеального веса). Дети, спортсмены, больные в процессе реконвалесценции нуждаются в большем поступлении белка, а также лица с дисплазией соединительной ткани.

Особое внимание стоит уделить лицам, имеющим соединительнотканную дисплазию – нарушение синтеза белка, что не является классическим заболеванием, но имеет свои особенности, в том числе со стороны построения рациона. Таким людям ни в коем случае не показаны растительные диеты, обязательным является поступление пролина, лизина и глицина, оптимальным источником которых являются крепкие мясные бульоны, заливное, холодец. Обязательным также должно быть адекватное поступление витамина С – свежие овощи, фрукты, квашеная капуста и другие ферментированные овощи, оптимальное поступление железа (субпродукты) и магния (цельные зерна и продукты животного происхождения).

2. Уменьшение потребления сахара и жирной пищи.

Сахар и жирная пища могут отрицательно влиять на состав кишечного микробиома и ухудшать его функцию. Уменьшение потребления сахара и жирной пищи может помочь улучшить микробиом и повысить физическую выносливость.

3. Уменьшение стресса.

Стресс может негативно влиять на состав микробиома. Уменьшение стресса способствует улучшению микробиома и повышению спортивной производительности.

4. Увеличение физической активности.

Физическая активность может помочь улучшить состав кишечного микробиома и повысить спортивную производительность.

Недавние исследования показали, что спорт и физическая активность могут изменять состав микробиома человека. Одно из исследований, проведенных в 2017 году, выявило, что у спортсменов, занимающихся аэробными упражнениями, было больше бактерий из рода

Akkermansia, которые связаны с улучшением метаболизма и снижением риска развития ожирения и других метаболических заболеваний [12].

Кроме того, физическая активность может увеличивать разнообразие микробиома. В 2021 году было проведено исследование, в котором участники, занимавшиеся физической активностью, имели более разнообразный микробиом, чем участники, не занимавшиеся спортом [13].

Некоторые исследования также показывают, что спорт и физическая активность могут уменьшать количество вредных бактерий в микробиоме. Например, участники исследования, занимавшиеся фитнесом, имели меньше бактерий из рода *Clostridium difficile*, которые могут вызывать некоторые инфекции кишечника [14].

Однако, необходимо отметить, что влияние спорта и физической активности на микробиом человека еще не полностью изучено. Некоторые исследования показывают противоположные результаты, например, участники одного исследования, выполнявшие упражнения на выносливость, имели меньше бактерий из рода *Bifidobacterium*, которые обычно считаются полезными для организма [15–20].

Заключение

Спорт и физическая активность могут оказывать положительное влияние на микробиом человека, но необходимо проводить дополнительные исследования для более точного определения этого влияния. В любом случае, занятия спортом и физической активностью всегда полезны для здоровья человека в целом. Улучшение микробиома может помочь повысить спортивную производительность и физическую выносливость и улучшить здоровье в целом. Потребление пребиотиков и пробиотиков, соблюдение здорового и сбалансированного рациона, уменьшение потребления сахара и жирной пищи, увеличение потребления растительной пищи, уменьшение стресса и увеличение физической активности – все это может помочь улучшить микробиом и увеличить выносливость. Спорт, посредством изменения микробиома, оказывает благотворное влияние на эмоциональное состояние, пищеварительную функцию, иммунный ответ, сердечно-сосудистое здоровье и здоровье мозга. При снижении физической активности снижается и положительное влияние микробиома.

Важным недостатком исследований, который необходимо устранить в будущем, служит отсутствие оценки влияния упражнений на представителей, не относящихся к бактериям (археи, грибы, вирусы).

Тем не менее, с учетом возрастающей доступности метагеномных методов исследования микробиома, решение указанных вопросов представляется возможным. В перспективе полученные данные способны сформировать новый метод, основанный на индивидуальном подходе к изменению микробиома кишечника, с учетом физических упражнений и рациона питания.

Модулирование микробиоты посредством физической активности открывает большие возможности для профилактики целого ряда заболеваний, связанных с провоспалительным состоянием: это атопический дерматит, ожирение, различные неврологические и гастроэнтерологические заболевания.

Литература

- 1 Mohr A.E., Jäger R., Carpenter K.C., Kersick C.M. et al. The athletic gut microbiota // J Int Soc Sports Nutr. 2020. V. 17. №1. P. 24.
- 2 Tzemah Shahar R., Koren O., Matarasso S., Shochat T. et al. Attributes of Physical Activity and Gut Microbiome in Adults: A Systematic Review // Int J Sports Med. 2020. V. 41. № 12. P. 801–814.
- 3 Tarracchini C., Fontana F., Lugli G.A., Mancabelli L. et al. Investigation of the Ecological Link between Recurrent Microbial Human Gut Communities and Physical Activity // Microbiol Spectr. 2022. V. 10. № 2. P. e0042022.
- 4 Holzhausen E.A., Malecki K.C., Sethi A.K., Gangnon R. et al. Assessing the relationship between physical activity and the gut microbiome in a large, population-based sample of Wisconsin adults // PLoS One. 2022. V. 26. № 17 (10). P. e0276684.
- 5 Boytar A.N., Skinner T.L., Wallen R.E., Jenkins D.G. et al. The Effect of Exercise Prescription on the Human Gut Microbiota and Comparison between Clinical and Apparently Healthy Populations: A Systematic Review // Nutrients. 2023. V. 15. № 6. P. 1534.
- 6 Dziewiecka H., Buttar H.S., Kasperska A., Ostapiuk-Karolczuk J. et al. Physical activity induced alterations of gut microbiota in humans: a systematic review // BMC Sports Sci Med Rehabil. 2022. V. 14. № 1. P. 122.
- 7 Miranda-Comas G., Petering R.C., Zaman N., Chang R. Implications of the Gut Microbiome in Sports // Sports Health. 2022. V. 14. № 6. P. 894–898.
- 8 Dalton A., Mermier C.M., Zuhl M.N. Exercise influence on the microbiome–gut–brain axis // Gut Microbes. 2019. V. 10. P. 555–568.
- 9 Mailing L.J., Allen J.M., Buford T.W., Fields C.J. et al. Exercise and the gut microbiome: a review of the evidence, potential mechanisms, and implications for human health // Exerc Sport Sci Rev. 2019.
- 10 Wegierska A.E., Charitos I.A., Topi, S. et al. The Connection Between Physical Exercise and Gut Microbiota: Implications for Competitive Sports Athletes // Sports Med. 2022. V. 52. P. 2355–2369.
- 11 Ticinesi A., Lauretani F., Tana C. et al. Exercise and immune system as modulators of intestinal microbiome: implications for the gut-muscle axis hypothesis // Exercise immunology review. 2019. V. 25.
- 12 Cani P.D., de Vos W.M. Next-generation beneficial microbes: the case of *Akkermansia muciniphila* // Frontiers in microbiology. 2017. V. 8. P. 1765.
- 13 Bragina T.V., Elizandrova E.V., Sheveleva S.A. Intestinal microbiota of athletes // Nutrition Issues. 2021. V. 4 (536).
- 14 Soltys K., Lendvorsky L., Hric I., Baranovicova E. et al. Strenuous Physical Training, Physical Fitness, Body Composition and Bacteroides to Prevotella Ratio in the Gut of Elderly Athletes // Front. Physiol. 2021. V. 12.
- 15 Bressa C., Bailen-Andrino M., Perez-Santiago J., Gonzalez-Soltero R. et al. Differences in gut microbiota profile between women with active lifestyle and sedentary women // PLoS ONE. 2017. V. 12. P. e0171352.
- 16 Derrien M., Alvarez A.-S., De Vos W.M. The Gut Microbiota in the First Decade of Life // Trends Microbiol. 2019. V. 27. P. 997–1010.
- 17 Claesson M.J., Jeffery I.B., Conde S., Power S.E. et al. Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly // Nature. 2012. V. 488. P. 178–184.
- 18 García-Peña C., Álvarez-Cisneros T., Quiroz-Baez R., Friedland R.P. Microbiota and Aging. A Review and Commentary // Arch. Med Res. 2017. V. 48. P. 681–689.
- 19 Casati M., Ferri E., Azzolino D., Cesari M. et al. Gut microbiota and physical frailty through the mediation of sarcopenia // Exp. Gerontol. 2019. V. 124. P. 110639.
- 20 A Segre J. Microbial growth dynamics and human disease // Science. 2015. V. 349. P. 1058–1059.

References

- 1 Mohr A.E., Jäger R., Carpenter K.C., Kersick C.M. et al. The athletic gut microbiota. J Int Soc Sports Nutr. 2020. vol. 17. no. 1. pp. 24.
- 2 Tzemah Shahar R., Koren O., Matarasso S., Shochat T. et al. Attributes of Physical Activity and Gut Microbiome in Adults: A Systematic Review. Int J Sports Med. 2020. vol. 41. no. 12. pp. 801–814.
- 3 Tarracchini C., Fontana F., Lugli G.A., Mancabelli L. et al. Investigation of the Ecological Link between Recurrent Microbial Human Gut Communities and Physical Activity. Microbiol Spectr. 2022. vol. 10. no. 2. pp. e0042022.
- 4 Holzhausen E.A., Malecki K.C., Sethi A.K., Gangnon R. et al. Assessing the relationship between physical activity and the gut microbiome in a large, population-based sample of Wisconsin adults. PLoS One. 2022. vol. 26. no. 17 (10). pp. e0276684.
- 5 Boytar A.N., Skinner T.L., Wallen R.E., Jenkins D.G. et al. The Effect of Exercise Prescription on the Human Gut Microbiota and Comparison between Clinical and Apparently Healthy Populations: A Systematic Review. Nutrients. 2023. vol. 15. no. 6. pp. 1534.

- 6 Dziewiecka H., Buttar H.S., Kasperska A., Ostapiuk-Karolczuk J. et al. Physical activity induced alterations of gut microbiota in humans: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2022. vol. 14. no. 1. pp. 122.
- 7 Miranda-Comas G., Petering R.C., Zaman N., Chang R. Implications of the Gut Microbiome in Sports. *Sports Health.* 2022. vol. 14. no. 6. pp. 894–898.
- 8 Dalton A., Mermier C.M., Zuhl M.N. Exercise influence on the microbiome–gut–brain axis. *Gut Microbes.* 2019. vol. 10. pp. 555–568.
- 9 Mailing L.J., Allen J.M., Buford T.W., Fields C.J. et al. Exercise and the gut microbiome: a review of the evidence, potential mechanisms, and implications for human health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2019.
- 10 Wegierska A.E., Charitos I.A., Topi, S. et al. The Connection Between Physical Exercise and Gut Microbiota: Implications for Competitive Sports Athletes. *Sports Med.* 2022. vol. 52. pp. 2355–2369.
- 11 Ticinesi A., Lauretani F., Tana C. et al. Exercise and immune system as modulators of intestinal microbiome: implications for the gut-muscle axis hypothesis. *Exercise immunology review.* 2019. vol. 25.
- 12 Cani P.D., de Vos W.M. Next-generation beneficial microbes: the case of *Akkermansia muciniphila*. *Frontiers in microbiology.* 2017. vol. 8. pp. 1765.
- 13 Bragina T.V., Elizarova E.V., Sheveleva S.A. Intestinal microbiota of athletes. *Nutrition Issues.* 2021. vol. 4 (536).
- 14 Soltys K., Lendvorsky L., Hric I., Baranovicova E. et al. Strenuous Physical Training, Physical Fitness, Body Composition and Bacteroides to Prevotella Ratio in the Gut of Elderly Athletes. *Front. Physiol.* 2021. vol. 12.
- 15 Bressa C., Bailen-Andrino M., Perez-Santiago J., Gonzalez-Soltero R. et al. Differences in gut microbiota profile between women with active lifestyle and sedentary women. *PLoS ONE.* 2017. vol. 12. pp. e0171352.
- 16 Derrien M., Alvarez A.-S., De Vos W.M. The Gut Microbiota in the First Decade of Life. *Trends Microbiol.* 2019. vol. 27. pp. 997–1010.
- 17 Claesson M.J., Jeffery I.B., Conde S., Power S.E. et al. Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly. *Nature.* 2012. vol. 488. pp. 178–184.
- 18 García-Peña C., Álvarez-Cisneros T., Quiroz-Baez R., Friedland R.P. Microbiota and Aging. A Review and Commentary. *Arch. Med Res.* 2017. vol. 48. pp. 681–689.
- 19 Casati M., Ferri E., Azzolino D., Cesari M. et al. Gut microbiota and physical frailty through the mediation of sarcopenia. *Exp. Gerontol.* 2019. vol. 124. pp. 110639.
- 20 A Segre J. Microbial growth dynamics and human disease. *Science.* 2015. vol. 349. pp. 1058–1059.

Сведения об авторах

Ольга Н. Крюкова к.п.н., кафедра физической культуры и спорта, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ol.cok.3@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3955-5287>

Александр И. Бушуев доцент, кафедра физической культуры и спорта, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, irina59.bush@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0002-2936-3940>

Татьяна С. Ковалева к.т.н., старший преподаватель, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tanyakova2501@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3531-3811>

Светлана Ф. Яковлева к.т.н., доцент, кафедра биохимии и биотехнологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, svetlana.yakovleva.68@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3686-9966>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Olga N. Kryukova Cand. Sci. (Ped.), physical education and sport department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ol.cok.3@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3955-5287>

Alexander I. Bushuyev associate professor, physical education and sport department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, irina59.bush@mail.ru

 <https://orcid.org/0009-0002-2936-3940>

Tatiana S. Kovaleva Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tanyakova2501@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3531-3811>

Svetlana F. Yakovleva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, biochemistry and biotechnology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, svetlana.yakovleva.68@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3686-9966>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 19/04/2024	После редакции 10/05/2024	Принята в печать 27/05/2024
Received 19/04/2024	Accepted in revised 10/05/2024	Accepted 27/05/2024