

---

## СИСТЕМНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

### **Прыткова Полина Александровна,**

студент, Уральский государственный медицинский университет  
Россия, г. Екатеринбург  
E-mail: polinaprytkova0@gmail.com

### **Кузьмин Руслан Натигович,**

студент, Уральский государственный медицинский университет  
Россия, г. Екатеринбург  
E-mail: ruskakuzmin595@gmail.com

### **Зерчанинова Елена Игоревна,**

кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии, Уральский  
государственный медицинский университет  
Россия, г. Екатеринбург  
E-mail: zerchaninova@mail.ru

### **Аннотация**

---

Циклические физические нагрузки полезны для организма, так как в перспективе длительных занятий происходит перестройка всех органов и систем в организме. В данной статье рассмотрены основные патофизиологические принципы изменения организма при проведении циклической физической нагрузки как при однократном занятии в краткосрочной перспективе, так и при длительных занятиях.

---

**Ключевые слова:** физиология, спортивная медицина, циклические тренировки, адаптация организма

---

## SYSTEMIC CHANGES IN THE BODY DURING CYCLIC PHYSICAL EXERCISES

### **Polina A. Prytkova,**

Student, Ural State Medical University  
Russia, Yekaterinburg  
E-mail: polinaprytkova0@gmail.com

### **Ruslan N. Kuzmin,**

Student, Ural State Medical University  
Russia, Yekaterinburg  
E-mail: ruskakuzmin595@gmail.com

### **Elena I. Zerchaninova,**

PhD, Associate Professor, Department of Normal Physiology, Ural State Medical University  
Russia, Yekaterinburg  
E-mail: zerchaninova@mail.ru

---

**ABSTRACT**

---

Cyclic physical exercise is beneficial for the body, as long-term exercise leads to restructuring of all organs and systems. This article examines the fundamental pathophysiological principles of changes in the body during cyclic physical exercise, both during a single short-term session and during long-term training.

---

**Keywords:** physiology, sports medicine, cyclic training, body adaptation

---

Здоровый образ жизни в последнее время стал модным трендом, что, несомненно, позитивно для сохранения здоровья населения. Интерес людей основывается на увеличении интереса в том числе и к патофизиологическим основам рационального подхода к организации спорта.

Особенностью циклических физических нагрузок является ритмичное повторение движений [5]. К таким видам спорта можно отнести бег, плавание, езду на велосипеде, греблю, лыжи. Преимуществом такого вида нагрузок является: лучшая проработка определенной группы мышц (а при правильном выборе нагрузки результат будет направлен на интересующие части тела); а также лучшая адаптация организма с комплексной перестройкой физиологических систем. Среди недостатков, соответственно, нагрузка на организм неравномерная, что предполагает большее скопление лактата локально в нагружаемой группе мышц и большую мышечную боль в них, а также меньшая работа с другими частями тела. В качестве компенсации подобных недостатков были разработаны специальные интервальные тренировки, которые предполагают циклические упражнения на все группы мышц [8; 9].

Изменения в организме можно подразделить на моментальные кратковременные (которые возникают на время тренировки и при отсутствии регулярного формата занятий не сохраняются) и долговременные (для которых характерно стойкое формирование изменения в организме при длительном формате тренировок).

Изменения в сердечно-сосудистой системе. Краткосрочная реакция приводит к активации симпатoadrenalовой системы и выбросу норадреналина, стимуляции  $\beta_1$ -адренорецепторов миокарда и вследствие этого увеличивается сила и частота сокращений миокарда левого желудочка, возрастает ударный объем. Диастола укорачивается сильнее, чем систола, что создает риск субэндокардиальной ишемии при чрезмерной тахикардии ( $>180$  уд/мин) [8].

Кроме того, наблюдается гемодинамический сдвиг и перераспределение крови. Вазоконстрикция в чревной области и почках ( $\alpha$ -адренергический спазм), но при этом наблюдается приток крови в мышцы, где капиллярное русло раскрывается практически полностью и снижается общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС), что также называется феноменом капиллярного рекрутинга. Так, в работающих мышцах возникает метаболическая вазодилатация, но при этом наблюдается накопление аденозина,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{K}^+$ , лактата и происходит падение pH.

В случае, если занятия продолжались 4-6 недель, то начиналась долговременная адаптация. Из-за длительного увеличения ударного объема происходит хроническая

перегрузка объемом, что активизирует механорецепторы кардиомиоцитов и запускается каскад сигнальных путей Akt/mTOR [10]. При этом активизируется блуждающий нерв для компенсации увеличения ЧСС и приводит к снижению частоты синоатриального узла.

В то же время в периферическом русле также наблюдаются изменения. Из-за длительной гипоксии в мышцах увеличивается синтез гипоксией индуцируемого фактора-1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ) и увеличивается экспрессия VEGF (фактора роста эндотелия сосудов), что приводит к росту новых капилляров, что увеличивает приток крови к ткани и способствует ее гипертрофии [1].

Изменения в дыхательной системе. Во время краткосрочной реакции, аналогично изменениям в сердечно-сосудистой системы, происходит как увеличение частоты дыхательных движений, так и минутного объема дыхания. Это происходит как в результате симпатoadреналовой системы, так и из-за раздражения хеморецепторов каротидного синуса ионами H<sup>+</sup> из-за снижения рН из работающих мышц. При этом подсасывающая система легких увеличивает венозный возврат, что приводит к увеличению ударного объема (и изменениям сердечно-сосудистой системы) [2].

При длительных упражнениях циклическими видами тренировок снижает частоту дыхания в покое с увеличением объема вдоха из-за длительной адаптации организма к нагрузкам и переходу на более эффективный тип дыхания – при большем объеме воздуха происходит более длительный и полный газообмен, чем при частом и поверхностном дыхании.

Изменения в опорно-двигательном аппарате. Во время краткосрочной адаптации в мышечной ткани происходит реализация путей энергетического обеспечения миоцитов за счет: расщепление креатинфосфата в первые секунды начала нагрузки, однако его запасы быстро истощаются и происходит переход на анаэробный гликолиз, для которого характерно накопления лактата и снижение рН, что было описано выше, из-за чего может снижаться сила сокращений, так как нарушается связывание кальция с тропонином С. На фоне непрекращающихся нагрузок это может приводит к разрывам Z-линий саркомеров, что также может приводить к отеку и боли [5].

В случае если адаптация дыхательной системы и периферической сосудистой системы (неоангиогенез в мышцах) уже достаточна для обеспечения аэробного пути окисления, то предпочтение отдается ему, как наиболее результативному источнику АТФ.

Помимо этого, происходит увеличение экспрессии фермента LPL (липопротеинлипазы) в капиллярах мышц и транспортера жирных кислот FAT/CD36, в результате чего мышцы становятся «губкой» для триглицеридов крови.

Для костной ткани ударная волна при постановке стопы создает пьезоэлектрический потенциал на поверхности гидроксиапатита (микротоки), что усиливает активность остеобластов к синтезу костного матрикса [6; 9]. Это является благоприятным последствием спорта, так как предотвращает развитие остеопороза за счет увеличения минеральной плотности костей (МПК). Это особенно важно для таких травмоопасных участков, как шейка бедра и поясничные позвонки. Однако это справедливо только для занятий с наличием ударяющего компонента (бег, интервальная тренировка), при плавных движениях (плавание, езда на велосипеде). Наблюдается благоприятное воздействие на ткань сухожилий, так как в результате стимуляции фибробластов в ответ на растяжение и механическое напряжение увеличивается синтез коллагена и количества поперечных сшивок, что увеличивает прочность сухожилия.

Кровеносная система. В краткосрочном периоде характерна гемоконцентрация крови из-за потери жидкости с потом и перемещения плазмы в пространство работающих мышц (из-за изменения рН и накопления высокосмоляных продуктов метаболизма), при этом при длительном периоде тренировок, напротив, наблюдается гемоделиция из-за

стимуляции РААС системы и задержки натрия и воды почками, вследствие чего увеличивается объем плазмы [3].

Нервная система. В краткосрочном периоде организм реагирует на спорт как на стрессовую реакцию выбросом норадреналина и адреналина. При этом они способствуют гликогенолизу в печени с последующим липолизом в жировой ткани (при большой длительности тренировки и переходом на аэробный тип окисления). В случае длительного периода одной тренировки происходит синтез и выброс кортизола, который способствует катаболизму белка для обеспечения глюконеогенеза в печени. При этом длительные занятия спортом снижают реактивность симпатoadреналовой системы, из-за чего реакция на стресс менее выражена, при этом регистрируется синтез эндорфинов и эндоканнабиноидов, что приводит к снижению тревожности и изменению архитектоники сна. Кроме того, кортизол, как известно, нарушает синтез BDNF (нейротрофический фактор мозга) [7]. В результате лучшего контроля САС уровень гормона снижается, и BDNF может способствовать пролиферации нейронов в гиппокампе [4].

Таким образом, циклические тренировки характеризуются благоприятными изменениями со стороны организма. Организм учится экономить ресурсы в покое и повышать коэффициент полезного действия при нагрузке. Организм учится выполнять большой объем работы с меньшими затратами энергии и меньшей нагрузкой на сердце и дыхание. Именно эти изменения лежат в основе долголетия и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

#### Список литературы:

1. Карагодина А. М., Лаврентьева Е. А., Шевченко Т.А. Оздоровительное влияние циклических упражнений на функциональные возможности сердечно-сосудистой системы студентов специального отделения // Наука - 2020. 2023. № 1 (62). С. 15-20.
2. Еськов В. М., Фудин Н. А., Белых Е. В., Митюшкина О. А. Сравнительный анализ параметров организма учащихся, занимающихся циклическими и ациклическими видами спорта // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. №2. DOI: 10.12737/19743
3. Мельникова Н. А., Седова Д. Г., Уланова Т. В. Влияние однократной и многократной гипоксии, вызванной физической нагрузкой до отказа, на содержание лимфоцитов и показатели их энергетического обмена // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. Т. 12. №2. С. 63-67.
4. Радченко А.С., Давыдов В.В., Калинин А.Н. Многолетняя циклическая аэробная тренировка сохраняет здоровье мозга человека в пожилом возрасте (краткий обзор иностранной литературы) // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2016. № 4. С. 152-163.
5. Рудневская В.А. Влияние оздоровительных видов гимнастики на опорно-двигательный аппарат // The Scientific Heritage. 2019. № 34-2 (34). С. 70-72.
6. Carter M.I., Hinton P.S. Physical activity and bone health // Mo Med. 2014. Vol. 111(1). Pp. 59-64.
7. Lunina N.V., Koryagina Y.V. Impact of neurobiofeedback by beta rhythm of the brain on the functional state of cardiovascular system of athletes with different motor activity // Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult. 2023. Vol. 100(2). Pp. 45-51.

8. Oliveira AJ, Vale WS, da Silveira ALB, de Carvalho LM, Lattari E, Pancoti BM, Maranhão Neto GA. Frequency of leisure-time physical activity and pulse pressure in the Brazilian population: a population-based study // *Public Health*. 2022. No. 209. Pp. 39-45.
9. Olmedillas H., González-Agüero A., Moreno L.A. et al. Cycling and bone health: a systematic review // *BMC Med*. 2012. Vol. 10. No. 168 (2012). . DOI: 10.1186/1741-7015-10-168
10. Szekeres R, Priksz D, Bombicz M, Pelles-Tasko B, Szilagyi A, Bernat B, Posa A, Varga B, Gesztelyi R, Somodi S, Szabo Z, Szilvassy Z, Juhasz B. Exercise Types: Physical Activity Mitigates Cardiac Aging and Enhances Mitochondrial Function via PKG-STAT3-Opa1 Axis // *Aging Dis*. 2024. No. 16(5). Pp. 3040-3054.

### References:

1. Karagodina A. M., Lavrentyeva E. A., Shevchenko T. A. The health-improving effect of cyclic exercises on the functional capabilities of the cardiovascular system of students of a special department // *Science - 2020*. 2023. No. 1 (62). Pp. 15-20
2. Eskov V. M., Fudin N. A., Belykh E. V., Mityushkina O. A. Comparative analysis of body parameters of students involved in cyclic and acyclic sports // *Bulletin of new medical technologies*. Electronic publication. 2016. No. 2. DOI: 10.12737/19743
3. Melnikova N. A., Sedova D. G., Ulanova T. V. The effect of single and multiple hypoxia caused by physical exertion to failure on the content of lymphocytes and indices of their energy metabolism // *Bulletin of new medical technologies*. Electronic publication. 2018. Vol. 12. No. 2. Pp. 63-67.
4. Radchenko A. S., Davydov V. V., Kalinichenko A. N. Long-term cyclic aerobic training maintains brain health in humans in old age (a brief review of foreign literature) // *Pavlov Russian Medical and Biological Bulletin*. 2016. No. 4. Pp. 152-163.
5. Rudnevskaya V. A. The effect of health-improving types of gymnastics on the musculoskeletal system // *The Scientific Heritage*. 2019. No. 34-2 (34). Pp. 70-72.
6. Carter M.I., Hinton P.S. Physical activity and bone health // *Mo Med*. 2014. Vol. 111(1). Pp. 59-64.
7. Lunina N.V., Koryagina Y.V. Impact of neurobiofeedback by beta rhythm of the brain on the functional state of cardiovascular system of athletes with different motor activity // *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult*. 2023. Vol. 100(2). Pp. 45-51.
8. Oliveira AJ, Vale WS, da Silveira ALB, de Carvalho LM, Lattari E, Pancoti BM, Maranhão Neto GA. Frequency of leisure-time physical activity and pulse pressure in the Brazilian population: a population-based study // *Public Health*. 2022. No. 209. Pp. 39-45.
9. Olmedillas H., González-Agüero A., Moreno L.A. et al. Cycling and bone health: a systematic review // *BMC Med*. 2012. Vol. 10.No. 168 (2012). DOI: 10.1186/1741-7015-10-168
10. Szekeres R, Priksz D, Bombicz M, Pelles-Tasko B, Szilagyi A, Bernat B, Posa A, Varga B, Gesztelyi R, Somodi S, Szabo Z, Szilvassy Z, Juhasz B. Exercise Types: Physical Activity Mitigates Cardiac Aging and Enhances Mitochondrial Function via PKG-STAT3-Opa1 Axis // *Aging Dis*. 2024. No. 16(5). Pp. 3040-3054.