

## Исследовательская статья

УДК 612.221

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-359-143-152

Екатерина Александровна Клокотова

Северный (Арктический) федеральный университет  
им. М. В. Ломоносова,  
Архангельск, Россия

## ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЮНОШЕЙ СЕВЕРНОГО РЕГИОНА, УВЛЕКАЮЩИХСЯ ТАБАКОКУРЕНИЕМ, НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

**Аннотация.** В статье приводится исследование физической работоспособности юношей, проживающих в северном регионе, и ее оценка в зависимости от отсутствия или наличия у них вредной привычки — курения. Всего в эксперименте приняли участие 50 юношей в возрасте 20 лет (курящие юноши,  $n = 24$ ; некурящие юноши,  $n = 26$ ). Для оценки физической работоспособности использовали нагрузочное тестирование на велоэргометре (мощность нагрузки — 1,5 кГм/мин (0,25 Вт), частота педалирования — 60 об/мин). Для измерения легочного газообмена использовали кардиопульмональную систему MetaMax®3B компании CORTEX Biophysik GmbH. Результаты исследования показали более низкие величины  $\text{PO}_2$  и  $\text{BCO}_2$  на фоне более высоких значений ЧСС у курящих юношей в состоянии относительного мышечного покоя. При выполнении физической нагрузки в данной группе отмечено замедление процессов встраивания системы гемодинамики на фоне активного нарастания газообменных процессов. У курящих лиц восстановление обеспечения тканей кислородом ( $\text{PO}_2$ ) и удаление продуктов обмена ( $\text{BCO}_2$ ) после выполнения физической нагрузки на 1 и 2 минуте протекает более выражено (на 5–8 %). К завершению процесса восстановления (три минуты) значения показателей  $\text{BCO}_2$  и  $\text{DO}$  у юношей не возвращаются к исходным величинам, оставаясь выше на 11–15 % и 5–6 % соответственно у курящих и некурящих лиц. Отмеченная незавершенность процессов восстановления в системе внешнего дыхания по завершении трех минут восстановительного периода указывает на низкий уровень физической работоспособности молодых людей, более выраженный у курящих.

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система, курение, физическая работоспособность, юноши

## Research article

UDC 612.221

DOI: 10.24412/2076-9091-2025-359-143-152

**Ekaterina Alexandrovna Klokotova**

Northern (Arctic) Federal University  
named after M. V. Lomonosov,  
Arkhangelsk, Russia

## ASSESSMENT OF THE PHYSICAL PERFORMANCE OF YOUNG MEN WHO SMOKE TOBACCO AND LIVE IN THE NORTHERN REGION BASED ON CHANGES IN THE PARAMETERS OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM

**Abstract.** The study of physical performance in young men living in the northern region and its assessment depending on the absence or presence of a bad habit — smoking. A total of 50 boys aged 20 years participated in the experiment (smoking boys,  $n = 24$ ; non-smoking boys,  $n = 26$ ). To assess physical performance, we used load testing on a bicycle ergometer (load capacity — 1.5 kGm/min (0.25 W), pedaling frequency — 60 rpm). The cardiopulmonary MetaMax®3B system from CORTEX Biophysik GmbH was used to measure pulmonary gas exchange. The results of the study showed lower values of  $\text{VO}_2$  and  $\text{VCO}_2$  against the background of higher heart rate values in smoking young men in a state of relative muscle rest. When performing physical activity in this group, a slowdown in the processes of developing the hemodynamic system was noted against the background of an active increase in gas exchange processes. In smokers, the restoration of tissue oxygen supply ( $\text{VO}_2$ ) and the removal of metabolic products ( $\text{VCO}_2$ ) after exercising for 1 and 2 minutes is more pronounced (by 5–8 %). By the end of the recovery process (three minutes), the values of  $\text{VCO}_2$  and  $\text{V}_T$  indicators in young men do not return to their initial values, remaining 11–15 % and 5–6 % higher, respectively, in smokers and non-smokers. The noted incompleteness of the recovery processes in the respiratory system after the end of the three-minute recovery period indicates a low level of physical performance in young people, more pronounced in smokers.

**Keywords:** cardiorespiratory system, smoking, physical performance, young men

### Введение

Курение табачной продукции у молодых юношей и девушек в современном мире, в том числе в России, распространено достаточно широко<sup>1</sup>. К возрасту 18–20 лет у многих из них уже имеется никотиновая зависимость [1, с. 46–48; 7, с. 49–51]. С возрастом увеличивается интенсивность и стаж курения. Так, у студентов старших курсов, независимо

<sup>1</sup> World Health Organization, 2020.

от половых различий, выявлено более высокое пристрастие к курению табака, чем у студентов младших курсов [2, с. 80–82; 5, с. 215–217]. Среди студенческой молодежи курящих юношей в процентном соотношении больше, чем девушек, поэтому мужская популяция имеет более высокий риск развития различных заболеваний. Холодовой фактор оказывает значительную нагрузку на систему внешнего дыхания, провоцируя повреждение эпителия дыхательных путей, повышение уровня провоспалительных цитокинов, воспаление и перестройку периферических дыхательных путей [6, с. 102–105; 9; 10, с. 102933; 11, с. 128–130]. Курение создает дополнительную нагрузку на респираторную систему. Считается, что при курении табака вследствие нарушения переноса гемоглобина эритроцитами организм испытывает кислородное голодание, наблюдается снижение толерантности организма к гипоксии [4, с. 48–49]. У испытуемых на фоне курения зафиксировано значимое снижение показателей физической работоспособности и максимального потребления кислорода, выявлено уменьшение показателей максимального дыхательного объема и максимальной минутной вентиляции [3, с. 34–35; 8, с. 57–63].

Цель нашего исследования — оценить физическую работоспособность юношей, увлекающихся табакокурением, на основе изменения показателей их кардиореспираторной системы.

## Материалы и методы исследования

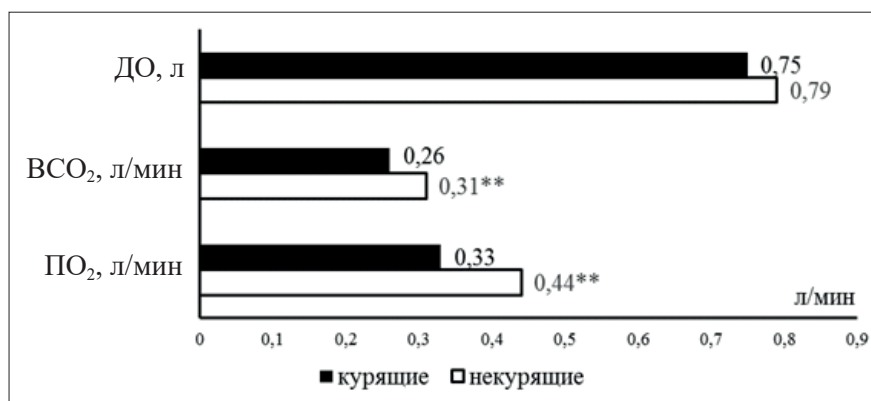
Исследование физической работоспособности было проведено у практически здоровых молодых людей, являвшихся на момент обследования студентами высшего учебного заведения (Архангельск). Все юноши относились к основной медицинской группе здоровья, не имели хронических заболеваний. Всего в эксперименте приняли участие 50 юношей в возрасте 20 лет. Испытуемые были распределены на две группы: 1) курящие юноши ( $n = 24$ ); 2) некурящие юноши ( $n = 26$ ). Согласно результатам, полученным по тесту Фагерстрема (ответить на 6 вопросов с оценкой от 0–3 балла — 2 вопроса и 0–1 балл — 4 вопроса) курящие юноши имели слабую степень никотиновой зависимости (оценка от 0 до 10 баллов определяет 5 уровней никотиновой зависимости: очень слабая — 0–2 балла, слабая — 3–4 балла, средняя — 5 баллов, высокая — 6–7 баллов, очень высокая — 8–10 баллов). Для оценки физической работоспособности использовали нагрузочное тестирование на велоэргометре. Мощность нагрузки подбирали с учетом низкой физической активности юношей — 1,5 кГм/мин (0,25 Вт). Частота педалирования — 60 об/мин. Для измерения легочного газообмена использовали кардиопульмональную систему MetaMax®3В компании CORTEX Biophysik GmbH. Программа позволяла непрерывно регистрировать частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), показатели газообмена (поглощение кислорода ВTPS ( $\text{PO}_2$ , л/мин), выход углекислого газа

ВТПС ( $\text{CO}_2$ , л/мин); показатели вентиляции (частота дыхания (ЧД, раз/мин), глубину дыхания (ДО, л/мин). Данные регистрировали в состоянии относительного мышечного покоя, в процессе нагрузочного тестирования (3 мин) и в процессе восстановления (3 мин).

Результаты обрабатывались при помощи пакета программ Statistica 11.0. Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась при помощи теста Шапиро – Уилка ( $n \leq 50$ ). Было определено, что параметры не подчиняются закону нормального распределения. Статистически значимые различия между показателями определяли с помощью критерия Манна – Уитни с поправкой Бонфферони. Уровень значимости принимался  $p < 0,05$ – $0,001$ .

## Результаты исследования

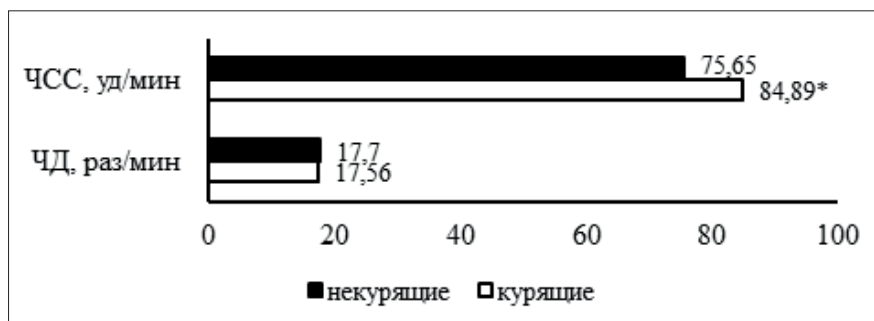
Согласно результатам наших исследований, в состоянии относительного мышечного покоя у курящих и некурящих юношей наблюдаются достоверные различия по ряду показателей (рис. 1). Потребление  $\text{O}_2$  находилось в пределах 0,38–0,44 л/мин, выделение  $\text{CO}_2$  — в пределах 0,29–0,33 л/мин. У некурящих юношей в состоянии относительного мышечного покоя отмечены достоверно более высокие величины  $\text{PO}_2$  ( $p < 0,05$ ) и  $\text{VCO}_2$  ( $p < 0,05$ ).



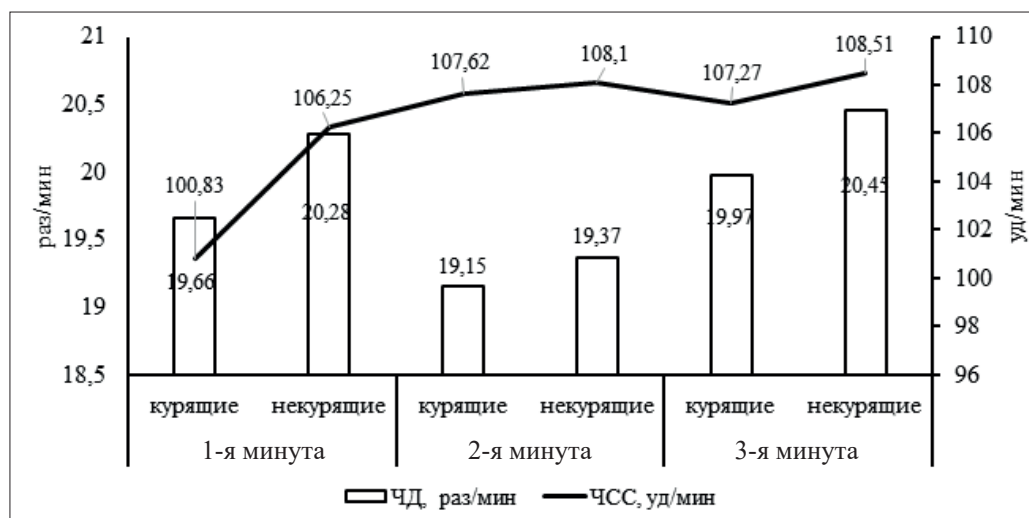
**Рис. 1.** Показатели респираторной системы юношей в состоянии относительного мышечного покоя

Данная динамика зарегистрирована на фоне более низких величин ЧСС ( $p < 0,05$ ) у юношей, не увлекающихся табакокурением (рис. 2). Показатели ДО и ЧД у юношей соответствовали нормированным величинам вне зависимости от наличия фактора курения.

При выполнении нагрузочного тестирования в группе некурящих молодых людей наблюдалось более активное протекание процессов вработывания, согласно результатам ЧСС (рис. 3). Только ко 2-й минуте физической нагрузки ЧСС у курящих респондентов, увеличившись на 7 % ( $p < 0,05$ ), достигла



**Рис. 2.** Показатели ЧСС и ЧД у юношей в состоянии относительного мышечного покоя

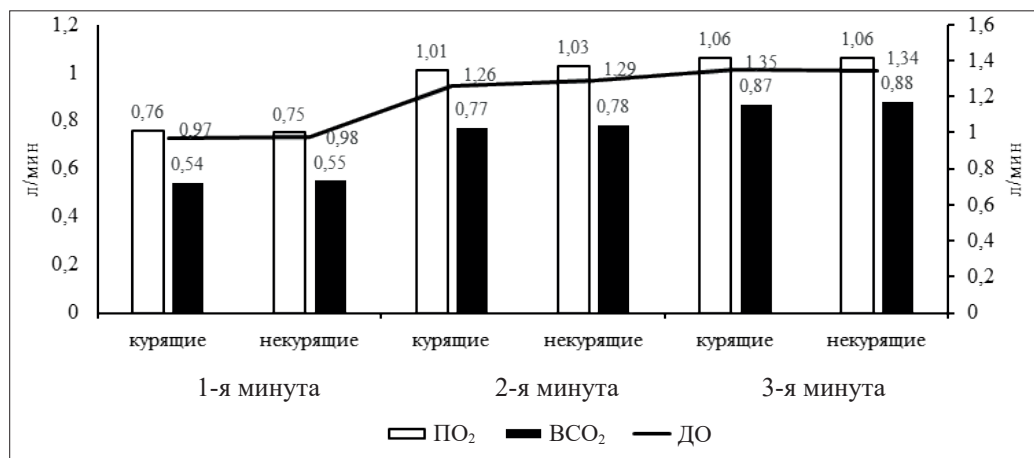


**Рис. 3.** Изменение показателей ЧД и ЧСС у юношей в процессе нагрузочного тестирования

величин, которые в группе некурящих юношей уже были на 1-й минуте выполнения физической нагрузки. К завершению 3-й минуты теста ЧСС, как и ЧД, не имели значительной динамики роста и остались стабильны относительно 2-й минуты.

Выполнение физической нагрузки вызывает у участников эксперимента значительное увеличение потребления кислорода относительно состояния мышечного покоя. У курящих молодых людей данный показатель увеличивается на 50 % ( $p < 0,001$ ), у некурящих — на 42 % ( $p < 0,001$ ) (см. рис. 4).

Аналогично происходит изменение величин  $\text{ВСО}_2$  — к завершению 1-й минуты нагрузки зафиксировано увеличение на 46 % ( $p < 0,001$ ) и на 40 % ( $p < 0,001$ ) у курящих и некурящих лиц соответственно. Значения ДО увеличиваются не столь значительно — на 17 % ( $p < 0,001$ ) у курящих и на 15 % ( $p < 0,001$ ) у некурящих. Вторая минута нагрузки характеризуется дальнейшим



**Рис. 4.** Изменение показателей респираторной системы у юношей в процессе нагрузочного тестирования

ростом  $PO_2$ ,  $ВСО_2$  и  $ДО$ . Динамика показателей ко 2-й минуте нагрузки относительно 1-й минуты в обеих группах идентична. Величины  $PO_2$  относительно 1-й минуты физической нагрузки в группе курящих юношей выросли на 25–27 % ( $p < 0,001$ ), выделение  $CO_2$  — на 30 % ( $p < 0,001$ ),  $ДО$  — на 23–24 % ( $p < 0,001$ ). К завершению нагрузки (3-я минута) величины  $PO_2$  и  $ДО$  увеличились в обеих группах незначительно — на 3–6 % и на 4–7 % (у курящих выше) на фоне продолжающегося роста величин  $ВСО_2$  — относительно 2-й минуты нагрузки зафиксирован рост на 21 % ( $p < 0,01$ ) в обеих группах.

Процесс восстановления происходил в течение 3 минут после завершения физической нагрузки (рис. 5). Значения ЧД после 1-й минуты восстановительного периода у юношей остались на уровне тех значений, которые были зафиксированы на 3-й минуте нагрузки. Снижение данного показателя на 4 % у молодых людей отмечено только к завершению 2-й минуты восстановительного периода, и далее, к 3-й минуте процесса восстановления, наблюдается возвращение ЧД к исходным показателям. Восстановление значения ЧСС происходило более активно. К концу 1-й минуты значения уменьшились на 9–11 % ( $p < 0,05$ ), к завершению 2-й минуты — на 9–20 % ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ) в группе курящих/некурящих. К 3-й минуте восстановительного периода в обеих группах показатели ЧСС практически вернулись к исходным значениям, характерным для состояния относительного мышечного покоя.

Первая минута восстановления характеризуется снижением  $PO_2$  в 1-й и 2-й группах на 45–41 % ( $p < 0,001$ ),  $ВСО_2$  — на 30–25 % ( $p < 0,001$ ) и  $ДО$  — на 29–16 % ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,01$ ) (рис. 6). На 2-й минуте скорость снижения  $PO_2$  также высокая (запрос уменьшается относительно 1-й минуты восстановления на 41 % ( $p < 0,001$ ),  $ВСО_2$  снижается относительно 1-й минуты восстановления на 34–36 % ( $p < 0,001$ ), а значения  $ДО$  — на 34–30 % ( $p < 0,001$ )).

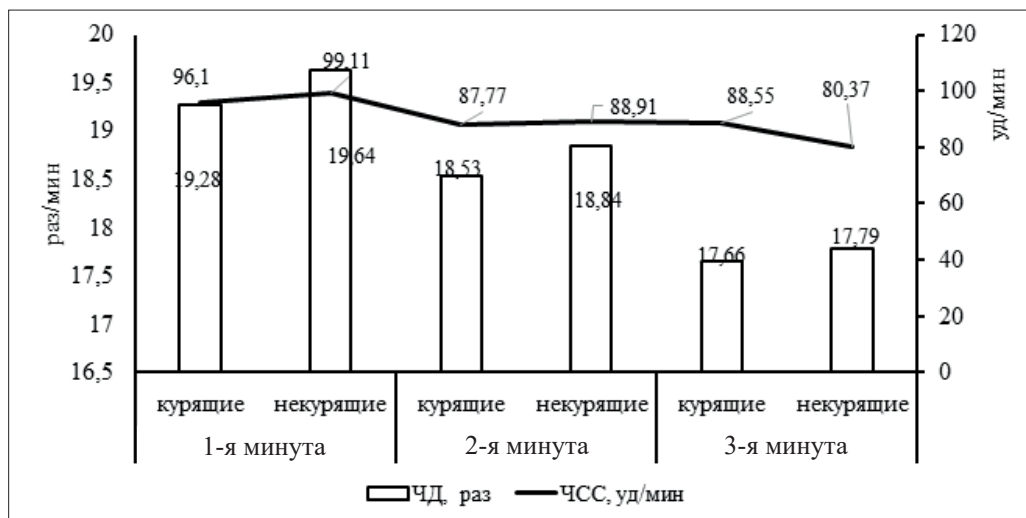


Рис. 5. Изменение показателей ЧД и ЧСС у юношей в процессе восстановительного периода

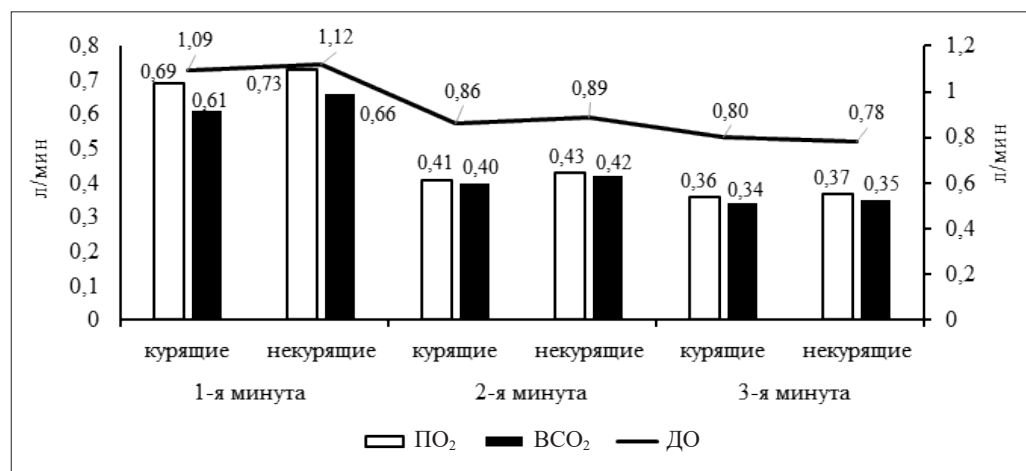


Рис. 6. Изменение показателей респираторной системы у юношей в процессе восстановительного периода

соответственно у курящих/некурящих. К завершению восстановительного процесса (3-я минута) величины PO<sub>2</sub> у курящих юношей достигли значений 0,36 л/мин (снизились относительно 2-й минуты восстановления на 12 %,  $p < 0,01$ ), величины VCO<sub>2</sub> — 0,34 л/мин (снизились относительно 2-й минуты восстановления на 15 %,  $p < 0,01$ ), значения DO — 0,80 л/мин (снизились относительно 2-й минуты восстановления на 7 %,  $p < 0,05$ ). У юношей, не имеющих вредной привычки, динамика показателей, информирующих о газообменных процессах в организме, имела следующую картину — величины PO<sub>2</sub> достигли значений 0,37 л/мин (снизились относительно 2-й минуты восстановления на 14 %,  $p < 0,01$ ), величины VCO<sub>2</sub> — 0,35 л/мин (снизились относительно



2-й минуты восстановления на 17 %,  $p < 0,01$ ), ДО — 0,78 л/мин (снизились относительно 2-й минуты восстановления на 12 %,  $p < 0,01$ ).

## Выводы

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют, что в состоянии относительного мышечного покоя у курящих юношей гемодинамические показатели выше (ЧСС выше на 15 %,  $p < 0,01$ ) на фоне более низких значений  $PO_2$  (на 14 %,  $p < 0,01$ ) и  $BCO_2$  (на 12 %,  $p < 0,01$ ) при стабильных величинах глубины и частоты дыхания относительно студентов без вредной привычки. Такая динамика показателей кардиореспираторной системы может указывать, что у курящих юношей обеспечение вентиляционного процесса происходит за счет более выраженной нагрузки на сердечно-сосудистую систему. При выполнении нагрузочного тестирования у курящих молодых людей отмечена более активная реакция респираторной системы на нагрузочное тестирование — прирост ЧСС происходит только к завершению 2-й минуты нагрузки при активном увеличении показателей  $PO_2$ ,  $BCO_2$ , ДО. В группе некурящих обеспечение физической нагрузки происходит за счет интегрированной реакции сердечно-сосудистой и респираторной систем.

Согласно динамике фактических величин газообмена на каждой минуте восстановления показано, что у курящих лиц восстановление обеспечения тканей кислородом ( $PO_2$ ), удаление продуктов обмена ( $BCO_2$ ) после выполнения физической нагрузки на 1-й и 2-й минутах протекают более выраженно (на 5–8 %,  $p < 0,05$ ). К 3-й минуте процессы восстановления показателей  $PO_2$  и  $BCO_2$  у некурящих и курящих юношей синхронизируются.

Следует отметить низкий уровень физической работоспособности молодых людей, участвующих в эксперименте. Несмотря на тот факт, что физическая нагрузка относится к категории «низкая», показано, что вне зависимости от статуса «курящий»/«некурящий» восстановление всех показателей респираторной системы до величин, зарегистрированных в состоянии относительного мышечного покоя, к завершению процесса восстановления не наблюдается. У курящих лиц в момент завершения 3-й минуты восстановительного периода показатели  $BCO_2$  и ДО остаются высокими (на 15–11 % выше, чем в состоянии относительного мышечного покоя,  $p < 0,01$ ). У некурящих молодых людей данная тенденция сохраняется, хотя и менее выражена ( $BCO_2$  выше на 6 %, а ДО — на 5 %,  $p < 0,05$ ).

## Список источников

1. Андреева Е. А., Похазникова М. А., Кузнецова О. Ю. Интенсивность и длительность курения: факторы риска и гендерные особенности (по результатам международного исследования РЕСПЕКТ) // Профилактическая медицина. 2021. Т. 24. № 1. С. 45–52. <https://doi.org/10.17116/profmed20212401145>. EDN: MKIWGD.



2. Антипина Т. В., Исаева Е. Е., Шамратова В. Г., Усманова С. Р. Влияние курения на состояние кислородтранспортной системы крови юношей в зависимости от уровня их двигательной активности // Физическая культура, спорт — наука и практика. 2019. № 1. С. 78–83. EDN: YTHEYJ.
3. Бобрик Ю. В., Корепанов А. Л. Выявление функциональных резервов внешнего дыхания и общей физической работоспособности студентов // Теория и практика физической культуры. 2021. № 2. С. 33–35. EDN: PBQCFZ.
4. Влияние поведенческих факторов риска на состояние кардиореспираторной системы девушек, проживающих в Приарктическом регионе / Е. А. Клокотова, И. А. Варенцова, В. Н. Пушкина, Е. Ю. Федорова // Теория и практика физической культуры. 2023. № 10. С. 48–50. EDN: PAQTLS.
5. Лобанова Д. С., Халиуллина Р. Н., Толмачев Д. А. Табакокурение среди студентов Ижевской Медицинской Академии // Modern Science. 2020. № 4–3. С. 215–217. EDN: QHCRUT.
6. Луговая Е. А., Аверьянова И. В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных резервов организма при хроническом воздействии факторов севера // Анализ риска здоровью. 2020. № 2. С. 101–109. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.11>. EDN: XTIDIM.
7. Межебовский В. Р. Табакокурение и его влияние на респираторное здоровье студентов города Оренбурга / В. Р. Межебовский, А. В. Межебовский, И. В. Лабутин [и др.] // Оренбургский медицинский вестник. 2020. Т. 8. № 3 (31). С. 49–54. EDN: KXDEYN.
8. Постникова Л. Б. Физическая работоспособность и показатели кардиопульмонального нагрузочного тестирования у здоровых курящих и некурящих молодых мужчин / Л. Б. Постникова, И. А. Доровской, В. А. Костров [и др.] // Вестник современной клинической медицины. 2016. Т. 9. № 1. С. 57–63. [https://doi.org/10.20969/vskm.2016.9\(1\).57-63](https://doi.org/10.20969/vskm.2016.9(1).57-63). EDN: THUWKK.
9. Rice M. Association of outdoor temperature with lung function in a temperate climate / M. B. Rice, W. Li, E. N. Wilker, D. R. Gold [et al.] // European Respiratory Journal. 2019. Vol. 53. Iss. 1. № 1800612. <https://doi.org/10.1183/13993003.00612-2018>
10. Wu J. Human physiological responses of exposure to extremely cold environments / J. Wu, Z. Hu, Z. Han [et al.] // Journal of Thermal Biology. 2021. Vol. 98. P. 102933. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102933>. EDN: VQQITO.
11. Yurkevicius B. R., Alba B. K., Seeley A. D., Castellani J. W. Human cold habituation: Physiology, timeline, and modifiers // Temperature. 2022. Vol. 9. Iss. 2. P. 122–157. <https://doi.org/10.1080/23328940.2021.1903145>. EDN: AEPPJC.

## References

1. Andreeva E. A., Pokhaznikova M. A., Kuznetsova O. Yu. Intensity and duration of smoking: risk factors and gender features (according to the results of the international RESPECT study). Preventive medicine. 2021;24(1):45–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/profmed20212401145>. EDN: MKIWGD.
2. Antipina T. V., Isaeva E. E., Shamratova V. G., Usmanova S. R. The effect of smoking on the state of the oxygen transport system of the blood of young men depending on the level of their motor activity. Physical culture, sports — science and practice. 2019;(1):78–83. EDN: YTHEYJ. (In Russ.).

3. Bobrik Yu. V., Korepanov A. L. Functional reserves of external respiration system and overall physical working capacity of students. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2021;(2):48–50. EDN: BHWOAR.
4. The influence of behavioral risk factors on the state of the cardiorespiratory system of girls living in the Arctic region / E. A. Klokotov, I. A. Varentsov, V. N. Pushkin, E. Yu. Fedorova. *Theory and practice of physical culture*. 2023;(10):48–50. EDN: PAQTLS. (In Russ.).
5. Lobanova D. S., Khaliullina R. N., Tolmachev D. A. Tobacco smoking among students of the Izhevsk Medical Academy. *Modern Science*. 2020;(4-3):215–217. EDN: QHCRUT. (In Russ.).
6. Lugovaya E. A., Averyanova I. V. Assessment of the stress coefficient of the body's adaptive reserves during chronic exposure to north factors. *Health risk analysis*. 2020;(2):101–109. (In Russ.). <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.11>. EDN: XTIDIM.
7. Mezhebovsky V. R. Tobacco smoking and its impact on the respiratory health of students in the city of Orenburg / V. R. Mezhebovsky, A. V. Mezhebovsky, I. V. Labutin [et al.]. *Orenburg Medical Bulletin*. 2020;8(3):49–54. EDN: KXDEYH. (In Russ.).
8. Postnikova L. B. Physical performance and indicators of cardiopulmonary load testing in healthy smoking and non-smoking young men / L. B. Postnikov, I. A. Dorovskaya, V. A. Kostrov [et al.]. *Bulletin of Modern Clinical Medicine*. 2016;9(1):57–63. (In Russ.). [https://doi.org/10.20969/vskm.2016.9\(1\).57-63](https://doi.org/10.20969/vskm.2016.9(1).57-63). EDN: THUWKK.
9. Rice M. Association of outdoor temperature with lung function in a temperate climate / M. B. Rice, W. Li, E. N. Wilker, D. R. Gold [et al.]. *European Respiratory Journal*. 2019;53(1):1800612. <https://doi.org/10.1183/13993003.00612-2018>
10. Wu J. Human physiological responses of exposure to extremely cold environments / J. Wu, Z. Hu, Z. Han [et al.]. *Journal of Thermal Biology*. 2021;98:102933. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102933>. EDN: VQQITO.
11. Yurkevicius B. R., Alba B. K., Seeley A. D., Castellani J. W. Human cold habituation: Physiology, timeline, and modifiers. *Temperature*. 2022;9(2):122–157. <https://doi.org/10.1080/23328940.2021.1903145>. EDN: AEPPJC.

### *Информация об авторе / Information about the author:*

**Клокотова Екатерина Александровна** — специалист по учебно-методической работе, Высшая школа психологии педагогики и физической культуры Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова, Архангельск, Россия.

**Klokotova Ekaterina Alexandrovna** — Expert in Educational and Methodological Work, Higher School of Psychology of Pedagogy and Physical Culture of the Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia.

[ekaterina-taurus@yandex.com](mailto:ekaterina-taurus@yandex.com), <https://orcid.org/0000-0002-1750-3339>

Статья поступила в редакцию: 19.03.2025;  
одобрана после доработки: 07.04.2025;  
принята к публикации: 20.05.2025.

The article was submitted: 19.03.2025;  
approved after reviewing: 07.04.2025;  
accepted for publication: 20.05.2025.