



Калюжный Е.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Мухина И.В., Разгулин С.А.

Разработка способа оценки резервных возможностей организма детей и подростков

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 603950, Нижний Новгород, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Оценка резервных возможностей организма актуализируется для повышения эффективности превентивной и персонализированной медицины, обеспечивающих здоровое долголетие населения.

Цель исследования — разработка способа оценки резервных возможностей организма детей и подростков.

Материалы и методы. Обследовали учащихся 1–11-х классов ($n = 5034$). Анализировали показатели массы тела, жизненной ёмкости лёгких, силы правой и левой кистей, проб Штанге и Генчи в 3 возрастных группах: 7–10, 11–14, 15–17 лет. Рассчитывали жизненный и силовой индексы; распределяли соответственно центильным интервалам по региональным нормам. Создали математическую модель расчёта индекса резервных возможностей организма (РВО) для определения РВО.

Результаты. РВО дифференцировали по индексам: $> 0,81$ — отличные; $\leq 0,81 \rightarrow 0,6$ — хорошие; $> 0,4 \rightarrow \leq 0,6$ — удовлетворительные; $< 0,43$ — неудовлетворительные. В группе 15–17 лет по сравнению с школьниками 7–10 лет нарастали доли лиц с неудовлетворительными и удовлетворительными РВО за счёт снижения долей с хорошими и отличными РВО — на 6,26%; наиболее значимо за счёт отличных. При незначительных долевыми различиях в оценочных значениях критериев «неудовлетворительные» и «удовлетворительные» РВО, а также «хорошие» и «отличные» у лиц мужского пола они снижались в группе 11–14 лет на 4,2%, а в группе 15–17 лет — на 5,6% относительно группы 7–10 лет; у лиц женского пола в группе 15–17 лет они были выше, чем в группе 7–10 лет, на 11,4%, чем в группе 11–14 лет — на 14,7%, что обуславливает изучение данного явления.

Ограничения исследования. Школьники 7–17 лет, I–II группы здоровья, отсутствие острых в течение 1 мес до начала осмотра заболеваний.

Заключение. Расширен арсенал способов оценки резервных возможностей организма человека при безопасном проведении исследований в скрининговых популяционных исследованиях.

Ключевые слова: школьники 7–17 лет; возрастно-половые группы; показатели антропометрии; показатели физиометрии; показатели расчётные; центильные шкалы; резервные возможности организма

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Получено заключение Комитета по этике ФГАОУ ВО «ННГУ» (протокол № 4 от 02.10.2014).

Для цитирования: Калюжный Е.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Мухина И.В., Разгулин С.А. Разработка способа оценки резервных возможностей организма детей и подростков. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2026; 70(2): 149–155. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2026-70-2-149-155> <https://elibrary.ru/bcqtbt>

Для корреспонденции: Калюжный Евгений Александрович, e-mail: eakmail@mail.ru

Участие авторов: Калюжный Е.А. — концепция и дизайн исследования, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; Рахманов Р.С. — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Богомолова Е.С. — сбор данных литературы, редактирование, ответственность за целостность всех частей статьи; Мухина И.В. — сбор, систематизирование и статистическая обработка материала; Разгулин С.А. — участие в статистической обработке материала, интерпретации результатов, подготовка текста.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Поступила: 22.05.2025 / Поступила после доработки: 28.01.2026 / Принята к печати: 19.02.2026 / Опубликовано: 30.04.2026

Evgeny A. Kalyuzhny, Rofail S. Rakhmanov, Elena S. Bogomolova, Irina V. Mukhina, Sergey A. Razgulin

Development of a method and assessment of reserve capacities of the body in children and adolescents

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The assessment of the body's reserve capacities is updated to improve the effectiveness of preventive and personalized medicine, ensuring healthy longevity of the population.

The purpose of the research is to develop a method and assess the reserve capacities of the body in children and adolescents.

Materials and methods. The study involved students in grades 1–11 ($n = 5034$). We analyzed body weight, vital capacity, right and left hand strength, Stange and Genchi tests in three age groups of 7–10, 11–14, 15–17 years. We calculated vital and strength indices; distributed them according to centile intervals according to regional standards. We created a mathematical model for calculating the index — body reserve index (BRI) to determine the reserve capacities of the body (RCB).

Results. The RCB were differentiated by indices: $> 0,81$ — excellent; $\leq 0,81 \rightarrow > 0,6$ — good; $> 0,43 \rightarrow \leq 0,6$ — satisfactory; $< 0,43$ — unsatisfactory. In the groups of 15–17 years students, compared with schoolchildren aged 7–10 years, the proportion of persons with unsatisfactory and satisfactory RCB increased due to a decrease in the proportion with good and excellent — by 6,26%; most significantly due

to excellent. With insignificant proportional differences in the estimated values of the criteria “unsatisfactory” and “satisfactory” RCB, as well as “good” and “excellent” in males, they decreased in the second by 4,2%, and in the third — by 5,6% relative to the first group; in females in the older group they were higher than in the first by 11,4%, in the middle group — by 14,7%, which justifies the study of this phenomenon.

Research limitations. Schoolchildren aged 7–17, I–II health groups, no acute diseases for 1 month prior to the examination.

Conclusion. The range of methods for assessing the reserve capacity of the human body has been expanded for safe research in population screening studies.

Keywords: schoolchildren aged 7–17; age and sex groups; indicators of anthropometry; indicators of physiometry; calculated indicators; centile scales; reserve capacity of the body

Compliance with ethical standards. The study was conducted in compliance with the ethical standards of the World Medical Association’s Declaration of Helsinki. The Ethics Committee of the Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod approved the study, Protocol No. 4, dated October 2, 2014.

For citation: Kalyuzhny E.A., Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Mukhina I.V., Razgulin S.A. Development of a method and assessment of reserve capacities of the body in children and adolescents. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii / Health Care of the Russian Federation, Russian journal*. 2026; 70(2): 149–155. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2026-70-2-149-155> <https://elibrary.ru/bcqtbc> (in Russian)

For correspondence: Evgeniy A. Kalyuzhny, e-mail: eakmail@mail.ru

Contribution of the authors: Kalyuzhny E.A. — concept and design of the study, writing the text, responsibility for the integrity of all parts of the article; Rakhmanov R.S. — editing, approval of the final version of the article; Bogomolova E.S. — collection of literature data, editing, responsibility for the integrity of all parts of the article; Mukhina I.V. — collection, systematization and statistical processing of material; Razgulin S.A. — participation in statistical processing of material, interpretation of results, preparation of text.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: May 22, 2025 / Revised: January 28, 2026 / Accepted: February 19, 2026 / Published: April 30, 2026

Введение

Политика нашего государства в области обеспечения безопасности детей обуславливает выявление и предотвращение угроз, определение приоритетности и обеспечение эффективности мер для принятия решений органами государственной власти местного самоуправления¹.

Ряд территорий Российской Федерации подвержены антропогенному загрязнению окружающей среды, которая негативно влияет на здоровье и адаптационный потенциал детей и подростков [1–3]. Свой «вклад» вносят условия воспитания и обучения в современных образовательных учреждениях [4–6]. Различаются адаптационные возможности и в зависимости от климатогеографических особенностей территорий регионов России [7–9]. Это актуализирует разработку единого методического подхода по оценке адаптации организма подрастающего поколения, которая является интегральной характеристикой здоровья [10]. Таким показателем может служить уровень адаптационных возможностей организма человека, который учитывает поддержание гомеостаза и степень напряжения регуляторных механизмов [11]. Его оценка может быть использована в качестве интегрального критерия для определения состояния здоровья при первичном скрининге населения [12–16].

Актуальность разработки методов оценки резервных возможностей организма (РВО) в настоящее время ещё более актуализируется в связи с необходимостью обеспечения повышения эффективности «превентивной и персонализированной медицины, обеспечивающих здоровое долголетие населения»².

Цель исследования — разработка способа оценки РВО детей и подростков при проведении скрининговых и популяционных исследований.

Материалы и методы

Разработку способа оценки РВО провели на примере обследования 5034 учащихся 1–11-х классов (2332 мальчика и 2702 девочки) общеобразовательных школ в 2020–2021 гг. Критерии включения в когорту обследования — I–II группы здоровья по результатам комплексной оценки. Критерии исключения — сверстники с органическими поражениями, период декомпенсаций хронических заболеваний.

Наблюдаемые были разделены на три репрезентативные возрастные группы: младшую (7–10 лет; $n = 1653$), среднюю (11–14 лет; $n = 1972$) и старшую (15–17 лет; $n = 1409$)³. Исходя из генеральной совокупности школьников наблюдаемого города репрезентативный объём выборки составил 815 человек, в том числе в возрасте 7–10 лет — 225 человек, 11–14 лет — 286, 15–17 лет — 304.

Оценивали показатели антропометрии и физиометрии: массу тела (МТ), жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ), мышечную силу кистей (МС), время задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) и выдохе (проба Генчи). Провели расчёты жизненного индекса (отношение ЖЕЛ к МТ), силового индекса (отношение МС к МТ) правой и левой кистей⁴.

Статистическую обработку провели с использованием программы Statistica v. 6.0, позволившей провести расчёты по электронным таблицам Excel. После определения нормальности распределения первичных данных, рассчитывали средние значения (M) и стандартные отклонения (σ), доли в структуре оценки РВО, достоверность различий по t -критерию Стьюдента. Анализировали как групповые (разного возраста), так и индивидуальные показатели; оценивали их динамику.

³ Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22.07.2021).

⁴ Оценочные (центильные) таблицы нормативов физического развития, физиологических показателей, детей и подростков Нижегородской области (утв. Приказом министра здравоохранения Нижегородской области от 18.04.2022 № 315-398/22П/од; Приказом Министерства образования и молодежной политики Нижегородской области от 30.05.2022 № 316-01-63-1292/22).

¹ Указ Президента РФ от 17.05.2023 № 358 «О Стратегии комплексной безопасности детей в Российской Федерации на период до 2030 года».

² Указ Президента РФ от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технического развития и перечня важнейших наукоёмких технологий».

Таблица 1. Характеристика резервных возможностей организма (РВО) детей и подростков в различных возрастных группах (баллы), $M \pm \sigma$ **Table 1.** Characteristics of reserve capacities of the body (RCB) in children and adolescents in different age groups (scores), $M \pm \sigma$

Состояние РВО State RCB	Возрастная группа Age group			P_{1-2}	P_{1-3}	P_{2-3}
	младшая younger (1)	средняя middle (2)	старшая older (3)			
Неудовлетворительные Unsatisfactory	0,38 $\pm$ 0,06	0,37 $\pm$ 0,08	0,37 $\pm$ 0,09	0,001	0,425	0,971
Удовлетворительные Satisfactory	0,55 $\pm$ 0,04	0,55 $\pm$ 0,03	0,55 $\pm$ 0,04	1,000	1,000	1,000
Хорошие Good	0,71 $\pm$ 0,04	0,70 $\pm$ 0,04	0,70 $\pm$ 0,05	0,001	0,001	1,000
Отличные Excellent	0,87 $\pm$ 0,05	0,86 $\pm$ 0,06	0,85 $\pm$ 0,04	0,016	0,017	0,001

Результаты

Для создания математической модели использовали показатели ЖЕЛ (Π_1), МС правой (Π_2) и левой (Π_3) кистей, проб Штанге (Π_4) и Генчи (Π_5), жизненного индекса (Π_6 : $\Pi_1/\text{МТ}$), силового показателя правой ($\Pi_7 = \Pi_3/\text{МТ}$) и левой ($\Pi_8 = \Pi_3/\text{МТ}$) кистей. Определяли принадлежность к центильным интервалам значений показателей Π_i для возрастных норм соответствующего региона (ЦИ(Π_i)), присваивая ЦИ(Π_i) значение центильного интервала согласно региональным нормативам. Это позволило определить индекс РВО по формуле (1):

$$\text{Индекс РВО} = \sum \log_8 \text{ЦИ}(\Pi_i) / 8, \quad (1)$$

где: Π_i — функциональный показатель.

По показателям индекса РВО определяли резервные возможности организма. Критерии оценки РВО: $> 0,81$ — отличные; $> 0,6 - \leq 0,81$ — хорошие; $> 0,43 - \leq 0,6$ — удовлетворительные; $< 0,43$ — неудовлетворительные.

Для определения нижней границы значения РВО «отличный» исходили из того, что по 50% показателей соответствуют центильным интервалам 5 и 6 (0,817815099, граничное значение «более 0,81»). Для определения нижней границы «удовлетворительный» использованы данные, когда по 50% показателей соответствуют центильным интервалам 2 и 3 (0,430827083, граничное значение «более 0,43»), а верхней — когда по 50% показателей соответствуют центильному интервалу 3 и 4 (0,59749375, граничное значение «менее 0,6»). Отсюда хорошие РВО оценивали в интервале 0,43–0,60, а неудовлетворительные — $< 0,43$ балла.

При оценке значимости разработанного способа в наблюдаемой когорте школьников оказалось, что в каждой возрастной группе показатели РВО имели статистически значимые различия. Снижение РВО по критерию «неудовлетворительно» было определено в средней возрастной группе, но в старшей значимых различий не было. По критерию «хорошо» достоверное уменьшение значения в баллах определено и в средней, и в старшей группах относительно младшей. Наиболее показательным было уменьшение значения по критерию «отлично»: оно от возрастной группы к группе снижалось (табл. 1).

В доле отношений среди школьников каждой возрастной группы преобладали лица с хорошими и отличными РВО. Однако уже в средней группе нарастали доли лиц с неудовлетворительными, удовлетворительными и хорошими РВО за счёт снижения доли отличных РВО. В старшей группе доля лиц с неудовлетворительными РВО была меньше, чем в средней, но всё же больше, чем в

младшей. С хорошими РВО доля лиц была больше в средней группе, но в старшей нарастание доли не произошло. Наиболее характерные изменения происходили по показателям «удовлетворительные» и «отличные» РВО: первый возрастал от группы к группе, а второй — уменьшался. Так, рост доли неудовлетворительных РВО составил, соответственно, 2,99 и 5,39%, а снижение доли хороших РВО — соответственно, 6,34 и 6,7% (табл. 2).

РВО всех детей и подростков в группах по половой принадлежности в целом оценивались как хорошие, без статистически значимых различий. Вместе с тем в группе мальчиков и подростков оценочные показатели, оцениваемые как удовлетворительно и хорошо, были меньшими, чем среди девочек и подростков. Имелись различия и в структуре по оцениваемым категориям. Так, у лиц мужского пола были больше доли лиц с неудовлетворительными (4,94% против 4,63%) и хорошими РВО (56,73% против 54,96%), но, наоборот, меньшими — доли с удовлетворительными (18,05% против 19,83%) и отличными РВО (20,28% против 20,58%). Доли лиц с неудовлетворительными и удовлетворительными РВО у лиц мужского пола составили 22,99% против 24,46%, а с хорошими и отличными — 77,01 и 75,54% у лиц женского пола (табл. 3).

Выявлены особенности и в динамике оценочных показателей состояния РВО в группах мужского и женского пола по возрастным группам. Среди школьников в младшей и средней группах они статистически значимо не различались, но в старшей группе были на 11,4% выше, чем в младшей, и на 14,7% выше, чем в средней. Среди школь-

Таблица 2. Структура резервных возможностей организма (РВО) школьников по возрастным группам (%), $M \pm \sigma$ **Table 2.** Structure of the state of reserve capacities of the body (RCB) of schoolchildren by age groups (%), $M \pm \sigma$

Состояние РВО State RCB	Возрастная группа Age group		
	младшая younger	средняя middle	старшая older
Неудовлетворительные Unsatisfactory	3,81	5,63	4,68
Удовлетворительные Satisfactory	16,33	19,32	21,72
Хорошие Good	55,06	56,59	55,50
Отличные Excellent	24,80	18,46	18,10

Таблица 3. Характеристика резервных возможностей организма (РВО) школьников по половой принадлежности, баллы**Table 3.** Characteristics of reserve capacities of the body (RCB) of schoolchildren by gender, scores

Показатель РВО Indicator RCB	Мужской пол Male		Женский пол Female		Статистическая достоверность различий в группах по половой принадлежности Statistical significance of differences in groups by gender <i>p</i>
	<i>n</i>	<i>M ± σ</i>	<i>n</i>	<i>M ± σ</i>	
РВО, в том числе: RCB, including:	2332	0,69 ± 0,10	2702	0,70 ± 0,16	0,079
Неудовлетворительные (1) Unsatisfactory (1)	115	0,37 ± 0,08	125	0,38 ± 0,07	0,325
Удовлетворительные (2) Satisfactory (2)	421	0,55 ± 0,04	536	0,56 ± 0,04	0,05
Хорошие (3) Good (3)	1323	0,70 ± 0,04	1485	0,71 ± 0,04	0,05
Отличные (4) Excellent (4)	473	0,87 ± 0,05	556	0,87 ± 0,05	0,950
Статистическая достоверность различий между оценочными показателями: Statistical significance of differences between assessment indicators:					
<i>p</i> ₁₋₂		0,001		0,001	—
<i>p</i> ₁₋₃		0,001		0,001	—
<i>p</i> ₁₋₄		0,001		0,001	—
<i>p</i> ₂₋₃		0,001		0,001	—
<i>p</i> ₂₋₄		0,001		0,001	—
<i>p</i> ₃₋₄		0,001		0,001	—

Таблица 4. Характеристика резервных возможностей организма детей и подростков различных возрастно-половых групп, баллы**Table 4.** Characteristics of reserve capacities of the body (RCB) of children and adolescents of different age and sex groups, scores

Возрастная группа Age group	<i>n</i>	Мужской пол Male		Женский пол Female		Статистическая достоверность различий в группах по половой принадлежности Statistical significance of differences in groups by gender <i>p</i>
		<i>n</i>	<i>M ± σ</i>	<i>n</i>	<i>M ± σ</i>	
Младшая Younger (1)	1653	843	0,71 ± 0,15	810	0,70 ± 0,11	0,051
Средняя Middle (2)	1972	953	0,68 ± 0,12	1019	0,69 ± 0,13	0,077
Старшая Older (3)	1409	536	0,67 ± 0,14	873	0,78 ± 0,15	0,001
Статистическая достоверность различий между возрастными группами: Statistical significance of differences between age groups:						
<i>p</i> ₁₋₂	—		0,001		0,117	—
<i>p</i> ₁₋₃	—		0,001		0,001	—
<i>p</i> ₂₋₃	—		0,151		0,001	—

ников, наоборот, было выявлено снижение показателей РВО: они были ниже, чем в младшей группе, в средней группе на 4,2%, а в старшей — на 5,6% (табл. 4).

Обсуждение

В популяционных и скрининговых исследованиях актуальной остаётся задача объективной характеристики РВО в различных возрастных группах, обобщения и сравнения данных в динамике [17–20]. Известны технологии оценки РВО, которые применяются для донозологической диагностики при влиянии факторов среды обитания на человека, состояния здоровья больных на этапах лечения и реабилитации [21–24] с оценкой функционального

состояния основных систем организма и психоэмоционального статуса, физического состояния, самооценкой здоровья [25–28]. Используются методы количественной оценки РВО на основе предварительного анализа функционального состояния человека, например по электрокардиограмме, оценке частоты сердечных сокращений и артериального давления [29]. Вместе с тем для популяционных и скрининговых исследований в различных возрастно-половых группах остаётся актуальным разработка интегрального способа оценки РВО.

В настоящем исследовании для оценки РВО, а значит, адаптации организма использованы интегральные показатели состояния организма: антропометрические

и физиометрические. Так, МТ соответствует степени анатомического развития и физиологической зрелости организма от тканевого до организменного уровня в целом. ЖЕЛ характеризует развитость и функциональную негазообменную компетентность трахиобронхиального дерева на всех уровнях генераций воздухоносных путей, зависит от пола, возраста, размера тела, тренированности; физиологической активности инспираторных и экспираторных центров, тонуса межрёберного мышечного комплекса. МС кисти показывает функциональные возможности сгибателей кисти верхних конечностей, уровень их физического развития, выносливости, в том числе когнитивной, имеют возрастную-половую, массовую зависимость [20, 24].

Физиологическая норма величины жизненного индекса зависит от возраста, пола, степени тренированности организма человека — она тем выше, чем более функционально активнее человек. Силовой индекс показывает степень обеспеченности силовыми способностями организма человека в целом и силой сгибателей кистей рук, носит возрастную-половую антропометрический характер, реагирует на унифицированные внутрипопуляционные пространственно-временные процессы [21, 23]. Функциональные пробы Штанге и Генчи позволяют определить функциональный потенциал организма, устойчивость к гипоксии, динамичность утилизации кислорода и косвенную адекватность оксигенации артериальной крови человека [9, 28].

Гармоничность морфофункционального развития детей и подростков, зависящая от влияния факторов среды обитания, позволяют оценить региональные центильные шкалы⁴.

Таким образом, комплексная оценка показателей роста и развития детей и подростков дала основу для интегральной балльной оценки РВО — его адаптации к среде обитания⁵.

Использованный способ оценки позволил выявить их особенности:

1) в динамике возрастного развития. В период обучения в старшей группе по сравнению с младшей нарастали доли лиц с неудовлетворительными и удовлетворительными РВО за счёт снижения долей с хорошими и отличными — на 6,26%; наиболее значимо за счёт отличных. Это указывало на влияние среды обитания, в том числе школьной среды на их здоровье;

2) в динамике возрастного-полового развития. При незначительных долевыми различиях в оценочных значениях критериев неудовлетворительные и удовлетворительные РВО, а также хорошие и отличные у лиц мужского пола снижались в средней группе на 4,2%, а в старшей — на 5,6% относительно младшей группы; у лиц женского пола в старшей группе были на 11,4% выше, чем в младшей, на 14,7% выше, чем средней.

Ограничения исследования: здоровые школьники, разделённые на возрастные группы 7–10, 11–14 и 15–17 лет.

Заключение

Результатом разработанного способа является расширение арсенала способов оценки РВО человека при безопасном проведении исследований в скрининговых популяционных исследованиях. Способ может использоваться для оценки адаптации организма детей и подростков, проживающих в различных климатогеографических условиях, условиях антропогенной нагрузки, а также на микротерриториях, отличающихся по степени загрязнения, с использованием региональных центильных шкал на конкретной территории страны.

⁵ Калужный Е.А., Рахманов Р.С., Богомолова Е.А., Мухина И.В., Галова Е.А., Шейхова С.Ш. Способ оценки резервных возможностей организма человека. Патент на изобретение от 13.01.2026 № 2854526.

ЛИТЕРАТУРА

- Онищенко Г.Г., Войнов В.Б. Школьная медицина: актуальность, проблемы и перспективы развития (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2023; 102(5): 474–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-474-481> <https://elibrary.ru/vyryfz>
- Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления. *Казанский медицинский журнал*. 2018; 99(4): 698–705. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698> <https://elibrary.ru/xughox>
- Войтович А.А. Научное обоснование влияния образовательной среды на адаптационные процессы организма подростков. *Санитарный врач*. 2020; (1): 54–9. <https://doi.org/10.33920/med-08-2001-07> <https://elibrary.ru/zycvxb>
- Лангуев К.А., Богомолова Е.С. Развитие здоровьесберегающего пространства в школьной среде. *Российский педиатрический журнал*. 2024; 27(S3): 85. <https://elibrary.ru/ejutxl>
- Панкова Н.Б., Романов С.В., Петренко Н.В., Карганов М.Ю. Показатели физического развития, результаты тестирования физических качеств и функционального состояния сердечно-сосудистой системы у учащихся пятых классов столичного региона. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2017; (3): 30–5. <https://elibrary.ru/ztcbtn>
- Волох Е.В., Борисова Т.С. Адаптационный потенциал как показатель оценки риска развития заболеваний детей и подростков. В кн.: *БГМУ в авангарде медицинской науки и практики*. Минск; 2019: 184–8. <https://elibrary.ru/yxsfxi>
- Валина С.Л., Штина И.Е., Устинова О.Ю., Маклакова О.А. Тенденции заболеваемости обучающихся общеобразовательных организаций в условиях современного образовательного процесса и воздействия факторов среды обитания. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2023; 67(6): 526–34. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-526-534> <https://elibrary.ru/nqdxm>
- Савинков М.А., Носов А.Е., Щербаков А.А., Устинова О.Ю., Валина С.Л. Анализ состояния когнитивных функций детского населения, проживающего в условиях хронической аэротехногенной экспозиции нейротропными примесями. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2025; 69(6): 586–92. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-6-586-592> <https://elibrary.ru/vijebn>
- Луговая Е.А., Аверьянова И.В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных резервов организма при хроническом воздействии факторов Севера. *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 101–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.11> <https://elibrary.ru/xtidim>
- Гуцол Л.О., Гузовская Е.В., Серебренникова С.Н., Семинский И.Ж. Стресс (общий адаптационный синдром). *Байкальский медицинский журнал*. 2022; 1(1): 70–80. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2022-1-70-80> <https://elibrary.ru/qniekw>
- Григорьев А.И., ред. *Здоровье населения России: влияние окружающей среды в условиях изменяющегося климата*. М.: Наука; 2014.
- Сетко А.Г., Булычева Е.В., Носова Е.И. Физиолого-гигиеническая характеристика адаптационного потенциала организма первоклассников в условиях современного школьного образования. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2020; 28(5): 18–24. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-326-5-18-24> <https://elibrary.ru/zcdauip>
- Новоселова А.А., Говорухина А.А. Оценка функциональных резервов организма первокурсников северного педагогического вуза по результатам ортостатической пробы. *Журнал медико-биологических ис-*

- следований. 2022; 10(4): 317–28. <https://orcid.org/10.37482/2687-1491-Z118> <https://elibrary.ru/lzwwnm>
14. Степанов Е.Г., Шакиров Д.Ф., Ялаева Э.Т., Мочалкин П.А., Агафонов А.И., Зигитбаев Р.Н. и др. Физическое развитие и его связь с адаптационным потенциалом организма подростков, обучающихся в разных учебных организациях. *Санитарный врач*. 2022; (2): 121–31. <https://doi.org/10.33920/med-08-2202-04> <https://elibrary.ru/hcnntx>
 15. Маклакова О.А., Эйфельд Д.А., Зайцева Н.В. Оценка адаптационных возможностей младших школьников, обучающихся в различных образовательных организациях. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 495–500. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-495-500> <https://elibrary.ru/mykxdp>
 16. Тятенкова Н.Н., Кузьмичева А.П., Митягова А.А. Функциональные и адаптационные резервы системы кровообращения у девочек 7–15 лет. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; (9): 13–7. <https://elibrary.ru/xjyikd>
 17. Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Мышьяков В.В. Функциональное состояние подростков 15–16 лет при когнитивных нагрузках разной интенсивности. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2022; 72(2): 201–16. <https://elibrary.ru/flvvey>
 18. Gašior J.S., Sacha J., Pawłowski M., Zieliński J., Jeleń P.J., Tomik A., et al. Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: a simple approach considering differences in average heart rate. *Front. Physiol.* 2018; 9: 1495–506. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01495>
 19. Левчин А.М., Лебедеко А.А., Ершова И.Б., Роговцова А.Г. Динамика показателей функционального состояния организма и работоспособности у детей младших классов с разной школьной успешностью. *Медицинский вестник Юга России*. 2023; 14(4): 114–21. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-4-114-121> <https://elibrary.ru/wjizqs>
 20. Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Пискарев Ю.Г., Непряхин Д.В., Царяпин В.Е. Оценка адекватности любительского спорта по функциональному состоянию организма студентов. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2021; 29(10): 60–6. <https://elibrary.ru/drdrthn>
 21. Угрюмова Е.И. Жигалов М.О., Бутырина А.В., Васильева И.В. Применение функциональных проб на уроках физической культуры. *Молодой ученый*. 2022; (46): 156–9. <https://elibrary.ru/azhchpg>
 22. Ванюшин Ю.С., Федоров Н.А., Борисевич С.А. Значение физиологических показателей для выявления функциональных резервов организма. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2021; 16(4): 131–6. <https://elibrary.ru/ujuiaid>
 23. Сонькин В.Д., Ермакова И.В., Макарова Л.В., Параничева Т.М. Адаптация организма ребенка к обучению в начальной школе. *Физиология человека*. 2024; 50(2): 110–32. <https://doi.org/10.31857/S0131164624020104> <https://elibrary.ru/effowz>
 24. Марченко Б.И., Журавлёв П.В., Айдинов Г.Т. Оценка состояния здоровья детей и подростков-школьников по результатам профилактических медицинских осмотров. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(1): 62–76. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-62-76> <https://elibrary.ru/fgpux>
 25. Таранушенко Т.Е., Теппер Е.А. Здоровье детей в период школьного обучения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2024; 68(4): 297–301. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-4-297-301> <https://elibrary.ru/aoulyc>
 26. Лебедеко А.А., Ершова И.Б., Левчин А.М., Роговцова А.Г. Особенности вегетативной адаптации к учебной деятельности детей младших классов. *Врач*. 2024; 35(1): 63–8. <https://doi.org/10.29296/25877305-2024-01-13> <https://elibrary.ru/igyixa>
 27. Бутыч Н.С., Морозова Т.С. Оценка эффективности персонализированной программы здоровья для студентов-первокурсников физкультурных профилей подготовки. В кн.: *Физическая культура. Рекреация. Спорт. Материалы VIII Международной научно-практической конференции*. Севастополь; 2024: 327–34. <https://elibrary.ru/rsvpod>
 28. Малютина Е.А., Антонов А.А. Безнагрузочная диагностика функционального состояния организма спортсменов сложнотехнических видов спорта. *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2021; (4): 4–9. <https://elibrary.ru/vcxhmq>
 29. Кушнин С.М., Антонова Л.К. Возрастные аспекты вегетативно-регуляторного обеспечения морфофункциональной перестройки пубертатного периода. *Смоленский медицинский альманах*. 2020; (2): 103–8. <https://doi.org/10.37903/sma.2020.2.20> <https://elibrary.ru/yhrbpx>

REFERENCES

1. Onishchenko G.G., Voinov V.B. School medicine: relevance, problems, and development prospects (literature review). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(5): 474–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-5-474-481> <https://elibrary.ru/vyryfz> (in Russian)
2. Baranov A.A., Albitskiy V.Yu. State of health of children in Russia, priorities of its preservation and improving. *Kazanskii meditsinskii zhurnal*. 2018; 99(4): 698–705. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698> <https://elibrary.ru/xughox> (in Russian)
3. Voytovich A.A. Scientific substantiation of the influence of educational environment on adaptive processes in the body of adolescents. *Sanitarnyi vrach*. 2020; (1): 54–9. <https://doi.org/10.33920/med-08-2001-07> <https://elibrary.ru/zycvxb> (in Russian)
4. Languev K.A., Bogomolova E.S. Development of healthpreserving space in the school environment. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*. 2024; 27(S3): 85. <https://elibrary.ru/ejutxl> (in Russian)
5. Pankova N.B., Romanov S.V., Petrenko N.V., Karganov M.Yu. Evaluation of physical development, physical qualities and functional state of the cardiovascular system in pupils in the fifth grades of the Moscow region. *Voprosy shkol'noi i universitetskoi meditsiny i zdorov'ya*. 2017; (3): 30–5. <https://elibrary.ru/ztcbnt> (in Russian)
6. Volokh E.V., Borisova T.S. Adaptation possibility as an indicator of risk assessment for children and adolescents. In: *BSMU at the Forefront of Medical Science and Practice [BGMU v avangarde meditsinskoi nauki i praktiki]*. Minsk; 2019: 184–8. <https://elibrary.ru/yxsfxi> (in Russian)
7. Valina S.L., Shtina I.E., Ustinova O.Yu., Maklakova O.A. Trends in prevalence among children in secondary schools under the contemporary educational process and exposure to environmental factors. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2023; 67(6): 526–34. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-6-526-534> <https://elibrary.ru/nqdxm> (in Russian)
8. Savinkov M.A., Nosov A.E., Shcherbakov A.A., Ustinova O.Yu., Valina S.L. Analysis of the state of cognitive functions in the child population living in conditions of chronic aerotechnogenic exposure to neurotropic impurities. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2025; 69(6): 586–92. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2025-69-6-586-592> <https://elibrary.ru/vijebn> (in Russian)
9. Lugovaya E.A., Averyanova I.V. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in polar regions. *Health Risk Analysis*. 2020; (2): 101–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.11> <https://elibrary.ru/tozdge>
10. Gutsol L.O., Guzovskaiia E.V., Serebrennikova S.N., Seminsky I.Z. Stress (general adaptation syndrome) lecture. *Baikal'skii meditsinskii zhurnal*. 2022; 1(1): 70–80. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2022-1-70-80> <https://elibrary.ru/qniekw> (in Russian)
11. Grigor'ev A.I., ed. *Health of the Population of Russia: The Influence of the Environment in a Changing Climate [Zdorov'e naseleniya Rossii: vliyaniye okruzhayushchei sredy v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata]*. Moscow: Nauka; 2014. (in Russian)
12. Setko A.G., Bulycheva E.V., Nosova E.I. Physiological and hygienic characteristics of the adaptation potential of first graders in conditions of modern schooling. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; 28(5): 18–24. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-326-5-18-24> <https://elibrary.ru/zcdaup> (in Russian)
13. Novoselova A.A., Govorukhina A.A. Assessment of the functional reserves of the body of first-year students of the Northern Pedagogical University based on the results of the orthostatic test. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2022; 10(4): 317–28. <https://orcid.org/10.37482/2687-1491-Z118> <https://elibrary.ru/lzwwnm> (in Russian)
14. Stepanov E.G., Shakirov D.F., Jalaeva E.T., Mochalkin P.A., Agafonov A.I., Zigitbaev R.N., et al. Physical development and its connection with the adaptive potential of the body of adolescents studying in different educational organizations. *Sanitarnyi vrach*. 2022; (2): 121–31. <https://doi.org/10.33920/med-08-2202-04> <https://elibrary.ru/hcnntx> (in Russian)
15. Maklakova O.A., Eisfeld D.A.I., Zaitseva N.V. Assessing adaptation capabilities in primary school children attending schools with different educational processes. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(5): 495–500. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-495-500> <https://elibrary.ru/mykxdp> (in Russian)
16. Tyatenkova N.N., Kuzmicheva A.P., Mityagova A.A. Functional and adaptive reserves of circulatory system of girls aged 7 to 15. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019; (9): 13–7. <https://elibrary.ru/xjyikd> (in Russian)

Оригинальная статья

17. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B., Myshyakov V.V. Physiological indexes of functional capacities in adolescents aged 15–16 years during cognitive activity of various loads. *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I.P. Pavlova*. 2022; 72(2): 201–16. <https://elibrary.ru/flvvey> (in Russian)
18. Gąsior J.S., Sacha J., Pawłowski M., Zieliński J., Jeleń P.J., Tomik A., et al. Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: a simple approach considering differences in average heart rate. *Front. Physiol.* 2018; 9: 1495–506. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01495>
19. Levchin A.M., Lebedenko A.A., Ershova I.B., Rogovtsova A.G. Dynamics of indicators of the functional state of the body and working capacity in young schoolchildren with different school success. *Meditsinskii vestnik Yuga Rossii*. 2023; 14(4): 114–21. <https://doi.org/10.21886/2219-8075-2023-14-4-114-121> <https://elibrary.ru/wjizqs> (in Russian)
20. Rahmanov R.S., Bogomolova E.S., Piskarev Yu.G., Nepryakhin D.V., Tsaryapkin V.E. Assessment of the adequacy of amateur sports by the functional status of students. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2021; 29(10): 60–6. <https://elibrary.ru/drdthn> (in Russian)
21. Ugryumova E.I., Zhigalov M.O., Butyrina A.V., Vasileva I.V. Application of functional tests in physical education lessons. *Molodoi uchenyi*. 2022; (46): 156–9. <https://elibrary.ru/azhpcg> (in Russian)
22. Vanyushin Yu.S., Fedorov N.A., Borisevich S.A. The importance of physiological indices for the functional reserves of the organism revelation. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kul'tury i sporta*. 2021; 16(4): 131–6. <https://elibrary.ru/ujuiad> (in Russian)
23. Sonkin V.D., Ermakova I.V., Makarova L.V., Paranicheva T.M. Adaptation of a child's body to primary school education. *Human Physiology*. 2024; 50(2): 110–32. <https://doi.org/10.1134/S0362119723700676> <https://elibrary.ru/cglsls>
24. Marchenko B.I., Zhuravlev P.V., Aydinov G.T. Assessment of the health status of children and teenagers-schoolchildren by results of the prophylactic medical examinations. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(1): 62–76. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-62-76> <https://elibrary.ru/fgpuex> (in Russian)
25. Taranushenko T.E., Tepper E.A. Health in children during schooling. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2024; 68(4): 297–301. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2024-68-4-297-301> <https://elibrary.ru/aoulyc> (in Russian)
26. Lebedenko A.A., Ershova I.B., Levchin A.M., Rogovtsova A.G. Features of vegetative adaptation to educational activities of primary school children. *Vrach*. 2024; 35(1): 63–8. <https://doi.org/10.29296/25877305-2024-01-13> <https://elibrary.ru/igyixa> (in Russian)
27. Butych N.S., Morozova T.S. Evaluation of the effectiveness of a personalized health program for first-year students of physical education profiles. In: *Physical Education. Recreation. Sport. Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference [Fizicheskaya kul'tura. Rekreatsiya. Sport. Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Sevastopol'; 2024: 327–34. <https://elibrary.ru/rsvpod> (in Russian)
28. Malyutina E.A., Antonov A.A. No-load diagnostics of the functional state of the organism of athletes of complex-technical sports. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina*. 2021; (4): 4–9. <https://elibrary.ru/vcxxmq> (in Russian)
29. Kushnir S.M., Antonova L.K. Age aspects autonomic-regulatory providing morfofunctional adjustment of puberty period. *Smolenskii meditsinskii al'manakh*. 2020; (2): 103–8. <https://doi.org/10.37903/sma.2020.2.20> <https://elibrary.ru/yhrbpx> (in Russian)

Информация об авторах

Калужный Евгений Александрович, канд. биол. наук, доцент каф. нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: eakmail@mail.ru

Рахманов Рофаиль Салыхович, доктор мед. наук, профессор каф. гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: raf53@mail.ru

Богомолова Елена Сергеевна, доктор мед. наук, профессор, зав. кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: olenabgm@rambler.ru

Мухина Ирина Васильевна, доктор мед. наук, зав. кафедрой нормальной физиологии им. Н.Ю. Беленкова, директор Института фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: mukhinaiv@mail.ru

Разгулин Сергей Александрович, доктор мед. наук, зав. кафедрой медицины катастроф ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: Razgulin_SA@pimunn.net

Information about the authors

Evgeniy A. Kalyuzhny, PhD (Biology), Associate Professor, Department of normal physiology named after N.Yu. Belenkov, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0792-1190> E-mail: eakmail@mail.ru

Rofail S. Rakhmanov, DSc (Medicine), Professor, Department of hygiene, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518> E-mail: raf53@mail.ru

Elena S. Bogomolova, DSc (Medicine), Professor, Head, Department of hygiene, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667> E-mail: olenabgm@rambler.ru

Irina V. Mukhina, DSc (Medicine), Head, Department of normal physiology named after N.Yu. Belenkov, Director, Institute of Fundamental Medicine, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8811-0049> E-mail: mukhinaiv@mail.ru

Sergey A. Razgulin, DSc (Medicine), Head, Department of disaster medicine Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970> E-mail: Razgulin_SA@pimunn.net