



© Ж. М. Мукатаева, С. Ж. Кабиева, А. С. Динмухамедова, Р. И. Айзман

DOI: [10.15293/2658-6762.2003.12](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.12)

УДК 612.6+371

Основные тенденции морфофункционального развития казахских школьников за последние 13 лет

Ж. М. Мукатаева (Нур-Султан, Казахстан), С. Ж. Кабиева (Павлодар, Казахстан),
А. С. Динмухамедова (Нур-Султан, Казахстан), Р. И. Айзман (Новосибирск, Россия)

Проблема и цель. Понимание закономерностей онтогенеза и влияния на него социально-экономических условий жизни возможно при сопоставлении показателей детского организма в разных климато-географических районах за определенный период времени. В этом аспекте была поставлена цель – сопоставить физическое и функциональное развитие современных школьников 7–15 лет г. Павлодара с аналогичными результатами учащихся 2005 г. обследования.

Методология. Были сопоставлены результаты обследования 1022 учащихся 7–15 лет, полученные в ходе мониторинга здоровья учащихся школы №22 в 2018 г., и школы №39 в 2005 г. Сравнивали антропометрические и функциональные показатели: длину, массу тела, окружность грудной клетки, индекс Кетле, компонентный состав тела, показатели кардиореспираторной системы и физической работоспособности.

Результаты. Установлено, что рост современных девочек практически не изменился, тогда как у мальчиков в 8–10 и 12-лет достоверно увеличилась длина тела по сравнению со сверстниками 2005 г. У учащихся обоего пола достоверно возросла масса тела. Показатели жизненной емкости легких и жизненного индекса были несколько ниже, чем у их сверстников 2005 г., что свидетельствует об уменьшении функциональных возможностей респираторной системы. Оценка физической работоспособности и уровня кровоснабжения показала менее экономичное функционирование сердечно-сосудистой системы в условиях физической нагрузки

Исследование выполнено в рамках государственного научного гранта Министерства образования и науки Республики Казахстан по приоритету «Науки о жизни и здоровье», по теме: «Многоцентровое исследование здоровья участников образовательного процесса с использованием инновационных технологий»

Мукатаева Жанат Макановна – доктор биологических наук, профессор кафедры общей биологии и геномики, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева.

E-mail: mukataevazh@mail.ru

Кабиева Салтанат Жумабаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии, Павлодарский государственный педагогический университет.

E-mail: dairbaevasg@mail.ru

Динмухамедова Айгуль Салимжановна – кандидат биологических наук, профессор кафедры общей биологии и геномики, Евразийский национальный университета им. Л.Н. Гумилева.

E-mail: dinmukhamedova@mail.ru

Айзман Роман Иделевич – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, гл. научный сотрудник ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены».

E-mail: aizman.roman@yandex.ru

по сравнению со школьниками 2005 года обследования, особенно в подростковом и старшем школьном возрасте.

Заключение. В период с 2005 по 2018 годы произошло увеличение весовых показателей (массо-ростового индекса и процента резервного жира) без изменения длины тела у девочек и некоторого увеличения в препубертатном периоде у мальчиков, снижение функциональных возможностей кардиореспираторной системы и физической работоспособности у детей обоего пола. Полученные данные требуют разработки новых нормативов для оценки физического развития современных детей и подростков, а также стимуляции физической активности учащихся.

Ключевые слова: морфофункциональные показатели, учащиеся, функциональные резервы, половые отличия, возрастная изменчивость, динамика развития, здоровье.

Постановка проблемы

Физическое развитие является важным критерием здоровья и демографического потенциала населения. Ухудшение здоровья детей и подростков проявляется не только в тенденции роста заболеваемости, но и в ухудшении показателей физического развития и функционального состояния организма [1–3].

Поскольку детский организм находится в процессе постоянного и непрерывного роста и развития, нарушение динамики этого процесса следует рассматривать как показатель неблагоприятия в состоянии здоровья, что, в свою очередь, предполагает выявление влияния неблагоприятных факторов, как внешней среды, так и внутреннего характера [4; 5]. Динамический контроль процессов роста и развития детского населения позволяет определять изменения в биологии человека, диагностировать и прогнозировать проблемные ситу-

ации, разрабатывать мероприятия, направленные на обеспечение санитарно-гигиенического благополучия населения¹ [6]. Так, динамика трендов физического развития детей и подростков отражает закономерности онтогенетических изменений, обусловленные позитивными или негативными социально-экономическими влияниями, происходящими в обществе и окружающей среде, что лежит в основе нормирования учебных и физических нагрузок, выделения групп риска для дифференцированного проведения профилактических и лечебно-оздоровительных мероприятий². Объективная интерпретация результатов физического и функционального развития детей и подростков возможна только на основе современных нормативов [6], которые формируются с учетом региональных климатогеографических условий и временного фактора развития популяции, которые должны периодически пересматриваться каждые 5–10 лет³ [7].

¹ Баранов А. А., Кучма В. Р. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: сб. матер. вып. VI. – М.: Издательство «ПедиатрЪ», 2013. – 192 с.

Намазова-Баранова Л. С., Кучма В. Р., Ильин А. Г., Сухарева Л. М., Рапопорт И. К. Заболеваемость детей в возрасте от 5 до 15 лет в Российской Федерации // Медицинский совет. – 2014. – С. 6–10.

² Денисов А. П., Бабенко А. И., Денисов А. П., Спинов В. И. Репродуктивное поведение девушек подросткового возраста // Социология медицины. – 2008. – № 2. – С. 39–42.

Ляпин В. А. Комплексная оценка потерь здоровья детей и подростков на территории крупного промышленного центра: учеб. пособие. – Омск: М-во здравоохран. Омск. Обл., 2007. – 96 с.

³ Турбинский В. В., Крига А. С., Ерофеев Ю. В., Новикова И. И. Методические подходы разработки

Методология исследования

Настоящее исследование выполнено в рамках грантового финансирования МОН РК АР05132740 «Многоцентровое исследование здоровья участников образовательного процесса с использованием инновационных технологий» в 2018 г. в г. Павлодаре, Республика Казахстан, результаты которого сравнивали с данными, собранными теми же авторами в том же населенном пункте, по тем же методикам, что и в 2005 году [8]. Всего было обследовано 1022 учащихся обоего пола в возрасте от 7 до 15 лет. В исследование включены результаты мониторинга здоровья 322 обучающихся (161 мальчиков и 161 девочек) школы № 22 г. Павлодара, Республика Казахстан, проведенного в 2018 г. и 700 учащихся (349 мальчиков, 351 девочек) школы № 39 этого же города в 2005 г. Данные популяции были однородны по месту проживания, этнической принадлежности, сезону обследования (конец сентября – ноябрь текущего года) и репрезентативны по численности.

Материал собран с соблюдением правил биоэтики, родители/опекуны учащихся получили информацию об обследовании ребенка и подписали информированный бланк согласия. Демографические данные о социально-бытовом и этно-национальном составе обследуемых были получены на основе опросника, включенного в индивидуальные анкеты каждого ребенка.

Возрастные группы обследуемых формировали по принятому в отечественной антропологии принципу: к 7-летним детям относились дети в возрасте от 6 лет 6 месяцев до 7 лет 5 месяцев 29 дней и т. д.⁴

Общепринятыми методами определяли основные антропометрические показатели физического развития: длину тела (ДТ), массу тела (МТ), окружность грудной клетки (ОГК)⁵. Для оценки гармоничности физического развития рассчитывался индекс Кетле ($ИК = МТ, кг / ДТ, м^2$)⁶. Содержание резервного жира определяли непрямой методом калиперометрии⁷. С помощью специального инструмента – калипера в 10 точках на правой стороне тела измеряли толщину кожно-жировых складок (на щеке, подбородке, над грудными мышцами, на грудной клетке на уровне 10-го ребра, над гребнем подвздошной кости, на животе на 5 см справа от пупка, на бедре спереди, на задней поверхности плеча, под лопаткой, на задней поверхности голени). Контактная площадь каждой бранши калипера была равна 19,7 мм, а пружина обеспечивала постоянное давление в 200 гр. Затем по разработанным таблицам для разных возрастных групп⁸ определяли процентное содержание резервного жира (% жира) в организме обследуемых. Это,

управленческих решений по снижению риска здоровью населения от загрязнения окружающей среды // Здоровье населения и среда обитания. – 2010. – № 7 (208). – С. 18–21.

⁴ Никитюк Б. А. Интегративные подходы в возрастной и спортивной антропологии. – М.: Ин-т психологии РАН, 1999. – 219 с.

⁵ Бунак В. В. Антропометрия. – М.: Учпедгиз, 1941. – 182 с.

⁶ Воронцов И. М. Оценка антропометрических данных (лекция) // Вопросы охраны материнства и детства. – 1985. – Т. 30, № 6. – С. 6–11.

⁷ Табунов А. И. Основные методы определения количества жировой ткани в организме ребенка и их значение // Педиатрия. – 1977. – № 10. – С. 90–93.

⁸ Parizkova J. Body composition and build as a criterion of physical fitness during growth and development // Physical Fitness and its Laboratory Assessment, University of Carolina Pragensis, 1970. – P. 66–68.

в свою очередь, позволяло рассчитать жировую и активную массу тела (ЖМТ и АМТ)⁹.

$$\text{ЖМТ} = (\text{МТ} \times \% \text{ жира}) / 100;$$

$$\text{АМТ} = \text{МТ} - \text{ЖМТ}$$

Функциональные резервы дыхательной системы – жизненную емкость легких (ЖЕЛ) – оценивали с помощью сухого спирометра, на основании чего рассчитывали жизненный индекс (ЖИ=ЖЕЛ/МТ)¹⁰.

О функциональном состоянии системы кровообращения судили по базовым показателям сердечно-сосудистой системы в покое и после физической нагрузки: частоте сердечных сокращений (ЧСС), которую определяли с помощью электрокардиографа «Аксион ЭК 1Г-07»; артериальному давлению (АД), измеряемому аускультативным методом по Короткову с учётом ширины манжетки для детского возраста. Систолический объем крови (СОК) определяли по формуле Старра¹¹ в модификации Н. С. Пугиной и Я. Ф. Бомаш¹² для детей 7–15 лет: $\text{СОК} = 40 + 0,5\text{ПД} - 0,6\text{ДД} + 3,2\text{А}$, где ПД – пульсовое давление, ДД – диастолическое давление, А – возраст обследуемого. Минутный объем кровообращения определяли по формуле: $\text{МОК} = \text{СОК} \times \text{ЧСС}$. Для оценки экономичности и эффективности аппарата кровообращения МОК пересчитывали на единицу общей и относительной физической работоспособности: МОК, л / PWC_{170} , кг¹³. Для этого

проводили степэргометрическое тестирование с физической нагрузкой¹⁴ и расчетом PWC_{170} по формуле В. Л. Карпмана с соавт.¹⁵:

$$\text{PWC}_{170} = \text{N1} + (\text{N2} - \text{N1}) \times \frac{170 - \text{f1}}{\text{f2} - \text{f1}}$$

где N1 – мощность первой нагрузки; N2 – мощность второй нагрузки; f1 – частота сердечных сокращений (ЧСС) в конце первой нагрузки (уд/мин); f2 – ЧСС в конце второй нагрузки (уд/мин.). Мощность нагрузки рассчитывали в килограммометрах в минуту (кгм/ мин). Физической нагрузкой был степ-тест (30 восхождений в 1 мин на 20 см лестницу), темп восхождений задавался метрономом.

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием пакета статистических программ Statistica, и SPSS 11.5. методами вариационной статистики с расчётом критерия Стьюдента для независимых выборок¹⁶ и оценкой статистической значимости (p) различий средних арифметических значений.

Результаты исследования

Проведенные исследования показали, что онтогенетические изменения основных показателей физического развития (длины, массы тела и окружности грудной клетки) обследованных детей и подростков 7–15 лет в 2005 и 2018 гг. (таблица 1) соответствовали

⁹ Шварц В. Б. К методике определения жировой и активной массы тела у спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 1. – С. 21–22.

¹⁰ Мартынов И. Ф. Функциональные методы исследования внешнего дыхания. – М., 1971. – 142 с.

¹¹ Starr Y. Clinical tests of simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age // Circulation. – 1954. – № 9. – P. 664–668.

¹² Пугина Н. С., Бомаш Я. Ф. Об использовании метода Старра у детей // Сборник научных работ аспирантов Ленинградского института усовершенствования врачей. – Л.; 1963. – Вып. 40. – С. 64.

¹³ Рубанович В. Б., Айзман Р. И. Онтогенез мальчиков в зависимости от типа конституции: монография. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2004. – 196 с.

¹⁴ Рубанович В. Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой: учеб. пособ. – 2-е изд., доп. и переработ. – Новосибирск, 2003. – 262 с.

¹⁵ Карпман В. Л. Тестирование в спортивной медицине. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 207 с.

¹⁶ Лакин Г. Ф. Биометрия: учеб. пособ. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.

возрастным закономерностям роста и развития организма школьников¹⁷.

При сравнении антропометрических показателей девочек разных годов не выявлено достоверных различий по длине тела (кроме 9-летнего возраста), тогда как у мальчиков 2018 года данный показатель был достоверно выше в 8–10 и 12-лет.

Средние величины массы тела обследованных школьников 2018 года в целом выше, чем у их сверстников 2005 г. (таблица 1), что, возможно, связано с малоподвижным образом жизни современных школьников и снижением уровня и времени их физической активности¹⁸ [9]. При этом, наибольшие отличия отмечались в препубертатном и пубертатном периодах. Наибольший скачок массы тела у обследованных 2005 года наблюдался в 13-летнем возрасте, а у школьников 2018 года – у мальчиков в 14 лет, у девочек в 13 лет.

Необходимо отметить, что значения окружности грудной клетки (ОГК) были существенно выше в младшем школьном возрасте у мальчиков 2018 года обследования. У девочек различных годов обследования существенно отличались между собой только подростки в 12 и 14 лет (таблица 1).

Таким образом, можно отметить некоторое увеличение антропометрических показателей у современных школьников Казахстана по сравнению с 2005 г., которое больше было

выражено по показателям массы тела и сильнее проявлялось у мальчиков.

Выявлено, что все школьники в целом по величине индекса Кетле имели гармоничное физическое развитие. Однако, у современных детей значения индекса Кетле значительно выше, нежели у их сверстников 2005 года обследования (таблица 1). Если данный показатель у детей и подростков 2005 года обследования был ближе к нижней границе гармоничного физического развития, то у современных школьников – ближе к верхней границе. Повышенный индекс массы тела является показателем риска сердечно – сосудистых заболеваний, диабета и метаболического синдрома [10–14]. Кроме того, избыточное ожирение в детском и подростковом возрасте также увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний и метаболического синдрома во взрослом возрасте [15].

Процентное содержание резервного жира у обучающихся мужского пола, обследованных в 2005 и 2018 годах, с 7 до 11 лет увеличивалось на 16,2 % и 8,4 %, соответственно, а к 15-летнему возрасту наблюдалось его снижение по сравнению с исходными данными, однако оставалось достоверно выше во всех возрастных группах современных школьников. Аналогично среди девочек: при более высоком уровне резервного жира у обследованных 2018 г. по сравнению с 2015 г., однако достоверных отличий между возрастными группами не было.

¹⁷ Сонькин В. Д., Корниенко И. А., Тамбовцева Р. В., Зайцева В. В., Изаак С. И. Основные закономерности и типологические особенности роста и развития // Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 31–59.

¹⁸ Blair S. N., Brodney S. Effects of physical inactivity and obesity on morbidity and mortality: current evidence and research perspectives // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999. – Vol. 31. – P. 646–662.

Таблица 1

**Возрастно-половая динамика тотальных размеров и состава тела школьников
г. Павлодара 7–15 лет, обследованных в 2005 и 2018 гг.**

Table 1

**The age-gender dynamics of the total size and body composition of schoolchildren
in Pavlodar aged 7–15 years examined in 2005 and 2018.**

Возраст, лет	N (кол-во)	гг.	ДТ	МТ	ОГК	ИК	% резервно-го жира	АМТ
мальчики								
7	n=38	2005	124,3±0,7	23,9±0,7	57,4±0,6	15,4±0,3	17,4±0,6	19,6±0,4
	n=20	2018	125,5±0,8	25,6±0,7	60,4±1,0●	15,9±0,3	20,3±1,1●	20,4±0,7
8	n=38	2005	126,7±0,9*	25,2±0,6	59,5±0,6*	15,7±0,2	17,5±0,3	20,7±0,4*
	n=20	2018	129,8±0,4*●	28,9±0,7*●	64,6±0,6*●	17,16±0,4*●	21,4±0,8●	22,7±0,6*●
9	n=42	2005	132,6±0,8*	28,1±1,2*	60,8±0,5	15,8±0,4	18,5±0,6	22,7±0,6*
	n=21	2018	134,8±0,8*●	31,2±0,7*●	65,0±0,5●	17,19±0,4●	22,1±1,0●	24,2±0,4*●
10	n=38	2005	138,0±0,9*	31,4±1,5	63,5±1,3*	16,3±0,5	19,4±0,6	25,1±1,0*
	n=20	2018	141,4±0,3*●	35,3±0,8*●	66,0±0,4	17,7±0,4●	22,0±1,1●	27,4±0,5*●
11	n=39	2005	146,4±1,1*	36,1±1,2*	67,1±0,9*	16,7±0,3	20,2±0,6	28,5±0,9*
	n=20	2018	146,7±1,0*	37,4±0,7*	69,2±0,3*●	17,8±0,3●	21,3±1,2	30,1±0,5*
12	n=39	2005	149,1±1,2	39,1±1,3	70,1±1,0*	17,5±0,4	18,9±0,6	31,4±0,8*
	n=20	2018	155,3±1,3*●	43,4±0,7*●	71,7±0,7*	18,0±0,3	21,1±0,9●	34,1±0,5*●
13	n=33	2005	158,2±1,4*	46,0±2,1*	73,8±1,3*	18,2±0,5	17,3±0,7	37,6±1,3*
	n=20	2018	157,8±1,2	45,3±0,6*	73,0±0,5	18,2±0,3	19,1±1,6●	36,6±0,8*
14	n=40	2005	164,5±1,2*	50,7±1,4*	76,1±1,3	18,6±0,5	13,8±0,9*	43,4±0,9*
	n=20	2018	166,6±0,6*	55,1±0,7*●	77,0±0,4*	19,9±0,2*●	19,1±1,3●	44,5±0,7*
15	n=42	2005	172,4±1,3*	56,8±1,6*	80,4±1,4*	19,1±0,5	14,1±0,8	48,4±0,9*
	n=20	2018	171,3±1,1*	57,2±0,6*	78,3±0,4*	20,0±0,2	17,6±1,1●	48,0±0,6*
Девочки								
7	n=37	2005	123,2±0,8	23,5±0,6	56,8±0,4	15,4±0,3	21,6±0,5	18,3±0,4
	n=20	2018	122,4±0,8	22,5±0,6	58,2±0,7	15,0±0,4	22,3±0,6	17,5±0,5
8	n=39	2005	128,1±0,6*	25,4±0,7*	58,8±0,7*	15,4±0,4	21,4±0,5	19,9±0,4*
	n=20	2018	128,5±1,1*	26,9±0,7*●	59,0±0,5	16,3±0,4*●	21,8±0,5	21,0±0,6*
9	n=40	2005	136,9±1,1*	29,2±1,0*	63,8±1,0*	15,4±0,3	22,5±0,5	22,4±0,6*
	n=20	2018	132,9±1,1*●	29,2±0,5*	60,2±0,9●	16,6±0,3●	22,6±0,7	22,5±0,3*
10	n=43	2005	138,1±0,7	30,0±0,7	63,9±0,6	15,6±0,3	21,7±0,4	23,4±0,5
	n=21	2018	139,0±1,3*	34,2±0,9*●	64,8±1,0*	17,7±0,3*●	24,7±0,6*●	25,7±0,6*●
11	n=41	2005	147,5±0,8*	36,7±0,9*	67,2±0,7*	16,7±0,2*	22,3±0,6	28,3±0,5*
	n=20	2018	148,5±1,2*	39,3±0,7*●	69,2±1,2*	17,8±0,3●	23,6±0,6●	30,0±0,5*●
12	n=45	2005	150,6±1,0*	39,3±0,9*	68,4±0,6	17,3±0,4	22,8±0,4	30,2±0,5*
	n=20	2018	150,8±1,1	43,3±0,8*●	70,3±0,8●	19,0±0,3*●	23,7±0,6	33,0±0,6*●
13	n=35	2005	157,8±1,03*	46,2±1,2*	74,8±1,0*	18,4±0,3*	19,4±0,8*	36,8±0,7*
	n=20	2018	157,7±1,1*	50,7±0,8*●	74,5±0,7*	20,4±0,2*●	21,7±1,0●	39,6±0,5*●
14	n=34	2005	159,1±0,9	46,7±1,5	75,1±1,0	18,4±0,5	19,3±0,8	37,3±1,0
	n=20	2018	161,0±1,0*	54,1±0,9*●	80,0±0,8*●	20,9±0,3●	24,1±1,0●	40,9±0,5●
15	n=37	2005	164,9±0,8*	55,7±1,2*	79,5±0,7*	20,4±0,5*	20,5±0,7	44,0±0,8*
	n=20	2018	162,1±1,2	56,4±0,7*	81,1±0,9	21,5±0,2●	22,9±0,9●	43,4±0,5*
<p>Примечание: – Достоверные различия средних величин: * – по отношению к предыдущей возрастной группе (P<0,05); ● – при сравнении учащихся 2018 и 2005 гг. обследования (P<0,05)</p>								

Сравнительная характеристика показала, что процент резервного жира существенно выше у школьников 2018 года обследования, особенно в группе детей и подростков мужского пола, что наводит на мысль о риске таких детей попасть в группу лиц с избыточной массой тела. Повышенный уровень жираотложения у мальчиков отмечается в исследованиях ряда авторов¹⁹ [16].

Вместе с тем, показатели активной массы тела у всех обследованных школьников в 2005 и 2018 году увеличились в онтогенезе с 7 до 15 лет: у мальчиков на 46,9 и 35,2 %, и у девочек – на 35,2 и 48 %, соответственно. При этом, у современных детей данный показатель во многих возрастных группах был значительно выше.

Важной характеристикой функционирования дыхательной системы является жизненная емкость легких, абсолютная величина которой как у мальчиков, так и у девочек 7–15 лет достоверно возрастала в динамике индивидуального развития. У современных школьников данный показатель был несколько меньше, чем у их сверстников 2005 г., однако к 15-летнему возрасту показатели сравнялись, достигнув 3,4 л у мальчиков и 2,82 л у девочек (таблицы 2, 3). Еще большую физиологическую значимость имеет жизненный индекс (ЖИ), характеризующий возможности обеспечения организма кислородом в расчете на 1 кг массы тела. Сравнительный анализ выявил, что данный параметр у школьников 2018 г. практически во всех возрастных группах, кроме 15-летних подростков, был значительно

ниже, чем у их сверстников 2005 г. Полученные данные свидетельствуют о более низких функциональных возможностях респираторной системы и ее эффективности у современных детей по сравнению со сверстниками 2005 года.

Физиометрические показатели гемодинамики у наблюдаемых детей во всех возрастно-половых группах в условиях покоя характеризовались снижением средних значений ЧСС и тенденцией к повышению систолического АД, диастолического АД, ДП, СОК и МОК (таблицы 2, 3). Сопоставление данных показателей, как у мальчиков, так и у девочек выявило, что в возрасте 12–15 лет современные школьники имели более низкие показатели ЧСС, МОК и существенно более высокие САД, ДАД.

При исследовании экономичности и эффективности аппарата кровообращения детей и подростков было выявлено, что в целом у современных школьников наблюдалось менее экономичное функционирование сердечно-сосудистой системы при нагрузке по сравнению со школьниками 2005 года. Это отмечалось у детей и подростков женского пола в среднем и старшем школьном возрасте, а у ребят в 7–8, 9, 13–15 лет (таблицы 2, 3).

Степень выраженности реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку в различные возрастные периоды имеет большое значение в оценке функциональных резервов и приспособляемости организма к адекватному кровоснабжению организма¹⁴.

¹⁹ Милушкина О. Ю., Скоблина Н. А., Прусов П. К., Бокарева Н. А., Татаринчик А. А., Козырева Ф. У., Моисеев А. Б. Зависимость мышечной силы от темпов биологического созревания и основных показате-

телей физического развития у мальчиков-подростков // Проблемы современной морфологии человека. – 2018. – С. 96–97. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35675013>

Таблица 2

**Показатели кардио-респираторной системы школьников (мальчиков)
г. Павлодара 7-15 лет, обследованных в 2005 и 2018 гг. в условиях покоя**

Table 2

**Indicators of the cardio-respiratory system of schoolchildren (boys)
in Pavlodar aged 7-15 years examined in 2005 and 2018 at rest**

Показатели	год	Возраст (лет)								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15
N (кол-во)	2005	n=38	n=38	n=42	n=38	n=39	n=39	n=33	n=40	n=42
	2018	n=20	n=20	n=21	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20
Показатели системы внешнего дыхания										
ЖЕЛ, л	2005	1,53±0,04	1,55±0,02	1,81±0,05*	1,99±0,03*	2,30±0,04*	2,35±0,03	2,78±0,07*	3,01±0,1	3,39±0,07*
	2018	1,35±0,04●	1,60±0,03*●	1,68±0,04	1,94±0,06*	2,13±0,03*	2,28±0,04*	2,34±0,04●	2,84±0,07*	3,4±0,04*
ЖИ, мл/кг	2005	64,5±1,4	62,0±1,4	66,2±2,1	66,6±2,1	65,8±1,7	62,2±1,8	62,6±2,1	60,3±1,9	60,6±1,8
	2018	53,1±1,7●	55,9±1,6●	54,0±1,4●	55,4±2,4●	55,9±1,2●	52,8±1,3●	51,8±1,2●	51,7±1,3●	59,0±0,7*
Показатели сердечно-сосудистой системы в условиях покоя										
ЧСС, уд/мин	2005	92,2±1,6	89,0±1,7	86,2±1,1	87,9±2,0	87,3±1,7	87,3±0,9	87,4±1,7	85,1±1,3	81,0±1,3*
	2018	95,8±1,0	93,4±0,5*●	91,5±0,3*●	87,1±0,4*	85,6±0,4*	84,8±0,4●	82,9±0,3*●	81,0±0,4*●	80,0±0,1*
САД, мм. рт. ст.	2005	93,2±1,1	93,7±1,1	98,4±1,4*	97,9±0,7	101,2±1,1*	101,2±1,1	104,4±1,2*	107,4±1,8	111,0±0,7
	2018	93,0±1,1	96,0±1,1	98,1±0,9	103,5±1,1*●	106,0±1,1●	109,0±1,0*●	112,0±0,9*●	115,0±1,1*●	117,5±1,0●
ДАД, мм. рт. ст.	2005	57,5±1,5	57,4±0,7	60,2±1,0*	59,7±0,3	60,4±1,1	59,0±0,7	61,5±1,2	60,3±0,7	61,4±0,7
	2018	58,0±0,9	58,5±0,8	59,5±0,8	60,5±0,5	62,5±1,0	65,0±1,4●	67,0±1,5●	67,5±1,0●	69,5±0,9●
ПД, мм. рт. ст.	2005	35,7±1,1	36,3±1,1	38,1±1,4	38,2±0,7	40,7±1,1*	42,2±1,1	42,8±1,6	47,1±2,0	49,5±1,0
	2018	35,0±1,1	37,5±1,0	38,6±0,8	43,0±1,1*●	43,5±1,1	44,0±1,1	45,0±1,1	47,5±1,0	48,0±0,9
ДП, у.е.	2005	85,9±1,4	83,6±2,1	85,0±1,9	86,1±2,0	88,4±2,2	88,4±1,4	91,4±2,6	91,3±1,8	90,0±1,9
	2018	89,0±1,0	89,7±1,1●	89,7±0,8●	90,1±0,9	90,8±1,2	92,4±1,0●	92,8±0,9	93,1±1,1	94,0±0,8
СОК, мл.	2005	45,8±1,4	49,3±1,0*	51,7±1,3	55,2±0,4*	59,4±1,0*	64,1±1,0*	66,1±1,3	72,2±1,2*	75,9±0,9*
	2018	45,1±1,0	49,3±0,8*	52,4±0,8*	57,2±0,6*●	59,5±1,0	61,4±1,3	63,9±1,4	68,1±0,9*●	70,3±0,8●
МОК, л.	2005	4,2±0,1	4,3±0,1	4,4±0,1	4,8±0,1*	5,2±0,1*	5,6±0,1*	5,7±0,1	6,1±0,1	6,2±0,1
	2018	4,3±0,1●	4,6±0,1●	4,8±0,1	5,0±0,1	5,1±0,1	5,2±0,1●	5,3±0,1●	5,5±0,1●	5,6±0,1●

Примечание – Достоверные различия средних величин:

* – по отношению к предыдущей возрастной группе (P<0,05);

● – при сравнении показателей учащихся 2018 и 2005 гг. обследования (P<0,05)

Таблица 3

Показатели кардио-респираторной системы школьников (девочек)
г. Павлодара 7-15 лет, обследованных в 2005 и 2018 гг. в условиях покоя

Table 3

The indicators of the cardio-respiratory system of schoolchildren (girls)
in Pavlodar aged 7-15 years examined in 2005 and 2018 at rest

Показатели	год	Возраст (лет)								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15
N (кол-во)	2005	n=37	n=39	n=40	n=43	n=41	n=45	n=35	n=34	n=37
	2018	n=20	n=20	n=20	n=21	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20
Показатели системы внешнего дыхания										
ЖЕЛ, л	2005	1,42±0,03	1,53±0,05*	1,77±0,03*	1,79±0,04	1,95±0,04*	2,03±0,04	2,45±0,04*	2,48±0,05	2,82±0,06*
	2018	1,30±0,02●	1,42±0,03*	1,61±0,1*	1,80±0,04*	1,98±0,03*	2,16±0,03*	2,36±0,03*	2,61±0,05*	2,82±0,1
ЖИ, мл/кг	2005	61,3±1,5	61,0±1,9	62,1±1,7	61,0±0,04	54,0±1,3*	52,8±1,2	54,7±1,8	54,9±2,1	51,4±1,4
	2018	58,8±2,0	53,3±1,9●	55,4±1,5●	53,1±1,7●	50,4±0,8●	50,1±1,1●	46,7±1,0●	48,3±0,9●	50,1±1,2
Показатели сердечно-сосудистой системы в условиях покоя										
ЧСС, уд/мин	2005	97,9±2,0	96,4±1,4	95,2±2,2	93,5±1,3	93,4±1,7	92,5±1,5	92,8±2,6	88,6±2,0	87,5±2,0
	2018	95,7±0,3	95,1±0,6	94,0±0,5	92,0±1,0*	90,1±1,0	87,3±0,6●	84,0±0,6●	83,4±0,6●	82,0±0,5●
САД, мм. рт. ст.	2005	90,9±1,1	91,8±1,4	93,9±1,4	91,6±1,2*	102,2±1,4*	101,6±1,0	102,3±1,2	105,3±1,4	111,8±1,9*
	2018	94,5±1,1●	95,5±1,1●	97,0±1,3	99,0±1,4●	102,0±1,7	105,5±1,1●	110,0±1,0●*	111,0±1,6●	113,5±1,1
ДАД, мм. рт. ст.	2005	56,5±1,5	57,6±1,1	60,9±1,1*	59,7±1,3	60,4±1,0	59,2±0,8	60,0±1,2	60,4±1,2	63,1±1,3
	2018	60,5±1,5	61,0±1,4	61,0±1,0	61,4±1,0	62,5±1,6	65,0±1,4●	68,5±1,3●	69,0±1,6●	69,5±0,9●
ПД, мм. рт. ст.	2005	34,4±1,1	34,2±1,1	33,0±1,1	37,9±1,0	41,8±1,8	42,3±1,0	42,2±1,2	44,8±1,6	48,6±1,5
	2018	34,0±1,1	35,5±1,4	36,0±1,1	37,6±1,2	39,5±0,5	40,5±0,5	41,5±0,8	42,0±0,9	44,0±1,1
ДП, у.е.	2005	89,0±2,0	88,2±1,4	89,5±2,8	91,5±2,0	95,6±2,1	93,8±1,9	95,0±3,4	93,6±2,9	97,5±2,3
	2018	90,4±1,0	90,8±1,1	91,2±1,5	91,2±1,5	91,8±1,4	92,1±1,2	92,4±1,1	92,6±1,6	93,0±1,0
СОК, мл.	2005	45,7±1,5	48,2±0,9	48,8±1,0	55,2±1,1*	59,9±1,1*	64,0±0,9*	66,7±1,1*	71,0±1,3*	74,5±1,4
	2018	43,1±1,4	47,4±1,3*	50,2±0,9	54,0±1,0*	57,5±1,0*	59,7±1,0●	61,3±1,1●	64,4±1,2●	68,3±0,9*●
МОК, л.	2005	4,5±0,1	4,6±0,1	4,7±0,2	5,2±0,1*	5,5±0,1*	5,9±0,1	6,2±0,2	6,3±0,1	6,5±0,2
	2018	4,12±0,1●	4,50±0,1*	4,72±0,1	4,97±0,1	5,18±0,1●	5,20±0,1●	5,15±0,1●	5,36±0,1●	5,60±0,1●

Примечание – Достоверные различия средних величин:

* – по отношению к предыдущей возрастной группе ($P < 0,05$);

● – при сравнении показателей учащихся 2018 и 2005 гг. обследования ($P < 0,05$)

В результате исследований (таблицы 4, 5) зафиксировано, что показатели кардио-респираторной системы школьников г. Павлодара, обследованных в 2005 и 2018 году,

имели существенные отличия, особенно выраженные в 13–15 лет ($P < 0,05$), достигая максимальных значений по сравнению с более младшим возрастом.

Таблица 4

Показатели кардио-респираторной системы школьников (мальчиков)
г. Павлодара 7-15 лет, обследованных в 2005 и 2018 гг. в условиях нагрузки

Table 4

Indicators of the cardio-respiratory system of schoolchildren (boys)
in Pavlodar aged 7-15 years examined in 2005 and 2018 under load

Показатели	год обследо вания	Возраст (лет)								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15
N (кол-во)	2005	n=38	n=38	n=42	n=38	n=39	n=39	n=33	n=40	n=42
	2018	n=20	n=20	n=21	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20
ЧСС, уд/мин	2005	162,1± 2,4	156,7± 1,7	157,2± 2,7	159,1 ±1,9	162,4 ±2,0	160,7 ±2,7	163,2± 2,1	162,7± 1,7	162,6± 2,5
	2018	166,0± 1,3	165,3± 0,4●	163,1± 0,5*●	161,1 ±0,9	159,0 ±0,9	157,5 ±0,4	155,0± 0,4*●	153,2± 0,7*●	150,0± 0,2*●
САД, мм. рт. ст.	2005	115,3± 1,5	119,3± 1,5	127,8± 1,7*	127,2 ±1,9	130,9 ±1,8	132,8 ±2,2	144,2± 2,9*	145,5± 2,1	148,1± 2,4
	2018	120,5± 0,5●	122,5± 1,9	124,8± 1,1	126,5 ±1,3	135,0 ±1,5*	137,0 ±1,6	141,5± 0,8*	146,0± 1,1*	152,0± 0,9*
ДАД, мм. рт. ст.	2005	59,5±0, 7	57,9±0, 7	61,2±0, 7*	59,7± 0,7	60,0± 1,4	61,5± 1,1	57,6±1, 2*	59,5±0, 7	59,8±1, 0
	2018	58,5±1, 1	59,5±0, 9	60,0±1, 0	60,5± 0,5	64,0± 1,1*●	65,5± 1,4●	67,5±1, 6●	68,5±1, 1●	70,0±1, 0●
ПД, мм. рт. ст.	2005	55,8±1, 9	61,4±1, 5*	66,7±1, 7*	67,5± 1,9	70,8± 1,8	71,2± 2,2	86,7±2, 4*	86,0±2, 1	88,3±2, 8
	2018	62,0±1, 2●	63,0±1, 8	64,8±1, 1	66,0± 1,3	71,0± 1,6*	71,5± 1,8●	74,0±1, 5●	77,5±1, 0●	82,0±1, 2*
ДП, у.е.	2005	187,0± 4,1	187,1± 3,7	202,3± 6,1*	202,9 ±3,7	212,6 ±3,3*	214,7 ±6,2	235,7± 6,8*	236,5± 4,2	241,7± 6,2
	2018	200,0± 1,8●	202,4± 3,2●	203,5± 1,9	203,8 ±2,6	214,7 ±2,9*	215,7 ±2,6	219,3± 1,4●	223,7± 2,0●	227,9± 1,3●
СОК, мл.	2005	54,6±1, 2	61,6±1, 0*	65,4±1, 3*	69,9± 1,1*	74,6± 1,6*	77,1± 1,6	90,4±1, 3*	92,1±1, 3	96,3±1, 7*
	2018	58,3±1, 2●	61,4±1, 1	65,2±1, 0*	68,7± 0,8*	72,3± 1,2*	74,9± 1,5	78,1±1, 7●	82,5±1, 0*●	87,0±1, 1*●
МОК, л.	2005	8,8±0,2	9,6±0,2 *	10,3±0, 3	11,1± 0,1*	12,2± 0,2*	12,4± 0,3	14,7±0, 3*	14,9±0, 2	15,7±0, 3
	2018	9,7±0,2 ●	10,1±0, 2	10,6±0, 2	11,1± 0,2	11,5± 0,2●	11,80 ±0,2	12,1±0, 3●	12,63± 0,2●	13,0±0, 2●
МОК/ФР170/ кг, л	2005	0,67±0, 04	0,71±0, 02	0,79±0, 08	0,84± 0,02	0,94± 0,03*	0,96± 0,05	1,17±0, 05*	1,18±0, 04	1,25±0, 05
	2018	0,78±0, 02●	0,80±0, 01●	0,83±0, 07	0,84± 0,02	0,86± 0,02●	0,87± 0,02	0,87±0, 02●	0,90±0, 02●	0,89±0, 01●

Примечание – Достоверные различия средних величин:

* – по отношению к предыдущей возрастной группе (P<0,05);

● – при сравнении показателей учащихся 2018 и 2005 гг. обследования (P<0,05)

Таблица 5

Показатели кардио-респираторной системы школьников (девочек)
г. Павлодара 7-15 лет, обследованных в 2005 и 2018 гг. в условиях нагрузки

Table 5

Indicators of the cardio-respiratory system of schoolchildren (girls)
in Pavlodar aged 7-15 years examined in 2005 and 2018. under load

Показатели	год	Возраст (лет)								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15
N (кол-во)	2005	n=37	n=39	n=40	n=43	n=41	n=45	n=35	n=34	n=37
	2018	n=20	n=20	n=20	n=21	n=20	n=20	n=20	n=20	n=20
ЧСС, уд/мин	2005	169,7± 3,1	168,5± 2,0	168,4± 1,3	168,2± 1,6	168,0± 1,5	168,0± 2,0	167,7± 1,7	167,0± 2,2	167,0± 1,0
	2018	170,1± 0,5	169,2± 0,5	168,0± 0,5	166,6± 0,5	166,2± 0,6	164,5± 0,7	163,2± 0,7●	161,5± 0,7●	160,6± 0,6●
САД, мм. рт. ст.	2005	112,4± 1,1	115,6± 2,2	121,8± 1,8*	129,7± 1,3*	132,9± 2,1	136,6± 1,6	136,9± 2,4	144,3± 2,0*	147,6± 1,5
	2018	128,0± 1,2●	129,5± 1,4●	132,0± 1,4●	135,7± 1,6●	138,0± 1,6	141,0± 1,8	146,5± 1,3*●	149,5± 1,1●	151,5± 1,3
ДАД, мм. рт. ст.	2005	57,3±0, 7	56,9±0, 7	59,8±0, 7*	59,8±1, 3	58,5±0, 7	59,0±0, 8	58,4±0, 4	59,6±1, 0	61,6±1, 3
	2018	62,5±1, 6●	62,5±1, 0●	63,0±1, 1●	63,3±1, 3	63,5±1, 3	65,5±1, 4●	69,0±1, 2●	69,5±2, 0●	70,0±0, 7●
ПД, мм. рт. ст.	2005	55,1±1, 5	58,7±1, 6	62,0±2, 2	69,8±1, 7	74,3±2, 1	77,5±1, 6	78,4±2, 4	84,7±1, 6	85,9±1, 9
	2018	65,8±1, 8●	67,0±1, 5●	69,0±1, 6●	72,4±1, 7	74,5±1, 1	75,5±1, 4	77,5±1, 6	80,0±2, 2	81,5±1, 5
ДП, у.е.	2005	190,8± 3,7	194,9± 5,2	204,8± 3,3	218,0± 3,2*	223,4± 3,7	229,4± 5,0	229,7± 4,3	242,3± 5,4*	246,2± 2,8
	2018	217,4± 2,0●	219,1± 2,4●	221,7± 2,6●	226,1± 2,9●	229,3± 2,5	232,0± 3,4	239,0± 2,2	241,4± 2,2	243,2± 2,2
СОК, мл.	2005	55,6±1, 2	60,8±1, 0*	64,0±1, 3*	71,1±1, 5*	77,3±1, 3*	81,8±0, 8*	85,8±1, 2*	91,4±0, 9*	94,0±1, 6
	2018	57,7±1, 8	61,6±1, 1	65,5±1, 3*	70,2±1, 3*	74,4±1, 1*	76,9±1, 1●	79,0±1, 4●	83,1±2, 2●	86,8±1, 0●
МОК, л.	2005	9,4±0,3	10,2±0, 1*	10,7±0, 2	11,9±0, 2*	12,9±0, 2*	13,7±0, 2*	14,3±0, 2*	15,3±0, 2*	15,6±0, 2
	2018	9,8±0,3	10,4±0, 2	11,0±0, 2*	11,7±0, 2*	12,4±0, 2*	12,6±0, 2●	12,9±0, 2●	13,4±0, 4●	13,9±0, 2●
МОК/ФР170/кг , л	2005	0,81±0, 04	0,86±0, 03	0,89±0, 05	1,03±0, 04*	1,07±0, 02	1,14±0, 03	1,18±0, 03	1,27±0, 04	1,28±0, 02
	2018	0,82±0, 02	0,86±0, 02	0,90±0, 02	0,94±0, 02●	0,99±0, 01*●	0,99±0, 02●	1,00±0, 02●	1,02±0, 03●	1,06±0, 02●

Примечание – Достоверные различия средних величин:

* – по отношению к предыдущей возрастной группе (P<0,05);

● – при сравнении показателей учащихся 2018 и 2005 гг. обследования (P<0,05)

Таким образом, в период с 2005 по 2018 годы произошло увеличение весовых показателей и снижение функциональных возможностей кардиореспираторной системы у детей обоего пола.

Сравнение полученных данных показало, что подобная тенденция, только значительно более выраженная, наблюдалась в исследованиях С. К. Бермагамбетовой в соавт. [17]. Так, у обследуемых подростков 11–18 лет

в школах г. Актобе и сельской школе Актюбинской области, были выявлены подростки с избыточной массой тела и ожирением (12,4 % от всех обследованных), причем, мальчиков почти в 3 раза больше, чем девочек (9,1 % против 3,3 % соответственно). Детей с повышенным ИМТ оказалось больше среди городских учащихся.

Изучение полового диморфизма ростовых показателей и состава тела российских детей и подростков за 2010–2012 годы в возрасте от 5 до 19 лет показало наиболее высокие значения индекса массы тела у мальчиков 5–17 и девочек 6–14 лет [18]. В исследованиях же 2001–2005 годов высокая частота ожирения встречалась в возрасте 0–8 лет у девочек и 0–12 лет у мальчиков [19].

Изменения показателей сердечно-сосудистой системы в онтогенезе отмечается рядом авторов. Так, при исследовании здоровых подростков 14–17 лет Европейского Севера показано увеличение количества подростков с артериальной гипертензией до 63 % [20]. Ряд авторов связывает гемодинамические изменения с периодом полового созревания [21–23], рефлекторной регуляцией деятельности сердца [24], генетическими факторами [25], избыточной массой тела [18].

Ряд авторов отмечает, что недорогая калорийная пища, технологии и структура сообществ, которые снижают или заменяют физическую активность приводят к пандемии ожирения. Низкий уровень физической активности у подростков является фактором риска ряда заболеваний [26]. Показано, что только 33 % подростков выполняют рекомендованную цель – не менее 60 минут физической активности в день [27]. Данные Robinson et al. свидетельствуют о том, что к ожирению у детей и подростков приводит увеличение потребления пищи во время просмотра телевизионных передач; подверженность маркетингу

высококалорийных продуктов питания и напитков с низким содержанием питательных веществ, что влияет на предпочтения детей, запросы на покупку, привычки потребления [28]. Дети с избыточным весом и ожирением, скорее всего, останутся тучными в зрелом возрасте и будут более склонны к развитию неинфекционных заболеваний, таких как диабет и сердечно-сосудистые заболевания, в более молодом возрасте. В Европейском регионе ВОЗ один ребенок из трех страдает избыточным весом или ожирением. Дети и подростки в возрасте от 5 до 19 лет демонстрируют рост ожирения почти во всех странах, в том числе там, где ситуация была далека от тревожной 40 лет назад. В некоторых странах распространенность ожирения почти удвоилась: в Израиле с 5,8 % в 1975 году до 11,9 % в 2016 году, в Андорре с 6,2 % до 12,8 % и Мальте с 7,4 % до 13,4 % [29]. Ожирение вызывает различные гемодинамические изменения, которые могут вызывать изменения в морфологии сердца, предрасполагающие к дисфункции левого и правого желудочков. Различные нейрогормональные и метаболические изменения, обычно связанные с ожирением, могут способствовать этим нарушениям структуры и функции сердца [30].

Таким образом, выявленные нами тенденции увеличения массы тела и снижения функциональных возможностей кардиореспираторной системы казахстанских школьников за последние 13 лет, очевидно, имеют общее проявление не только на постсоветском пространстве, но и за рубежом, что является проявлением изменившегося стиля жизни в связи с уменьшением физической активности и увеличением использования компьютерных технологий. Эти негативные тренды могут привести к дальнейшему ухудшению здоровья молодежи при расширении использования дистанционных технологий обучения, которые

сейчас широко пропагандируются и внедряются в учебный процесс школ и вузов. Поэтому чрезвычайно важно осуществлять параллельное формирование потребности обучающихся в двигательной активности и соблюдении санитарно-гигиенических норм работы с электронными устройствами.

Заключение

Сравнительное исследование морфофункциональных показателей павлодарских школьников 7–15 лет показало, что в период с 2005 по 2018 годы произошли изменения, которые нашли отражение главным образом в увеличении массо-ростового показателя, процента резервного жира при некотором увели-

чении длины тела, особенно у мальчиков; и существенном снижении функциональных показателей (жизненного индекса, экономичности и эффективности функционирования системы кровообращения).

Полученные результаты диктуют необходимость продолжения мониторинговых исследований и отслеживания динамики изменений состояния организма детей и подростков данного региона, а также разработки современных нормативов для оценки физического развития, пересмотра нормативов биологического развития школьников и поиска эффективных средств профилактики неблагоприятных изменений физического развития, избыточной массы тела и функциональных резервов кардиореспираторной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисейкина О. В., Попов И. В., Магомедов Р. Р. Системный подход к мониторингу физического состояния школьников // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. – 2015. – № 2. – С. 158–166. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23714790>
2. Самокиш И. И., Босенко А. И., Дискаленко С. И., Шандицева П. М. Уровень физического развития девочек 11–12 лет в процессе учебных занятий физической культурой, направленных на развитие выносливости // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2015. – № 2. – С. 22–28. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23102023>
3. Базарбаева С. М., Динмухамедова А. С., Айзман Р. И. Региональные морфофункциональные особенности развития студентов казахской национальности // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 449–454. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37640942>
4. Айзман Р. И., Лебедев А. В., Айзман Н. И., Рубанович В. Б. Методология и практика мониторинга здоровья учащейся молодежи // Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19, № 5. – С. 73–78. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=28278749>
5. Кучма В. Р., Сухарева Л. М., Рапорт И. К., Шубочкина Е. И., Скоблина Н. А., Милушкина О. Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96 (10). – С. 990–995. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-990-995> <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30741627>
6. Айзман Р. И. Методологические принципы и методические подходы к организации мониторинга здоровья обучающихся и здоровьесберегающей деятельности образовательных организаций // Вестник педагогических инноваций. – 2019. – № 1. – С. 5–13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37334216>



7. Мукатаева Ж. М., Динмухамедова А. С., Айзман Р. И. Сравнительный анализ морфофункционального развития учащихся северного и южного регионов Казахстана как основа для мониторинга их здоровья в динамике обучения // *Science for Education Today*. – 2019. – № 5. – С. 126–142. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1905.08> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41271744>
8. Мукатаева Ж. М., Кабиева С. Ж. Мониторинг физического развития и здоровья учащихся Павлодарской области // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. – 2014. – № 1. – С. 51–73. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21226032>
9. Соболева Н. П., Руднев С. Г., Николаев Д. В., Ерюкова Т. А., Колесников В. А., Мельниченко О. А., Пономарева Е. Г., Старунова О. А., Стерликов С. А. Биоимпедансный скрининг населения России в центрах здоровья: распространенность избыточной массы тела и ожирения. // *Российский медицинский журнал. Организация здравоохранения и общественное здоровье*. – 2014. – № 4. – С. 4–13. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21946930>
10. Lichtenauer M., Wheatley S. D., Martyn-St James M., Duncan M. J., Cobayashi F., Berg G., Musso C., Graffigna M., Soutelo J., Bovet P., Kollias A., Stergiou G. S., Grammatikos E., Griffiths C., Ingle L., Jung C. Efficacy of anthropometric measures for identifying cardiovascular disease risk in adolescents: review and meta-analysis // *Minerva Pediatrica*. – 2018. – Vol. 70 (4). – P. 371–382. DOI: <http://dx.doi.org/10.23736/S0026-4946.18.05175-7> PMID: 29651834
11. Pandey U., Midha T., Rao Y. K., Katiyar P., Wal P., Kaur S., Martolia D. S. Anthropometric indicators as predictor of pre-diabetes in Indian adolescents // *Indian Heart Journal*. – 2017. – Vol. 69 (4). – P. 474–479. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ihj.2017.06.006>
12. González-Jiménez E., Schmidt-RioValle J., Montero-Alonso M. A., Padez C., García-García C. J., Perona J. S. Influence of Biochemical and Anthropometric Factors on the Presence of Insulin Resistance in Adolescents // *Biological Research for Nursing*. – 2016. – Vol. 18 (5). – P. 541–548. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1099800416648207> PMID: 27194780
13. de Quadros T. M. B., Gordia A. P., Andaki A. C. R., Mendes E. L., Mota J., Silva L. R. Utility of Anthropometric Indicators to Screen for Clustered Cardiometabolic Risk Factors in Children and Adolescents // *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*. – 2019. – Vol. 32 (1). – P. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.1515/jpem-2018-0217>
14. de Oliveira R. G., Guedes D. P. Performance of anthropometric indicators as predictors of metabolic syndrome in Brazilian adolescents // *BMC Pediatrics*. – 2018. – Vol. 18. – P. 33. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-1030-1> PMID: 29415673
15. Dwyer T. Body-Mass Index in Adolescence and Cardiovascular Death in Adulthood // *The New England Journal of Medicine*. – 2016. – Vol. 375. – P. 1299–1301. DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMc1609415> PMID: 27682047
16. Ronque E. R. V., Werneck A. O., Bueno M. R. O., Cyrino E. S., Stanganelli L. C. R., Arruda M. Tracking of body adiposity indicators from childhood to adolescence: Mediation by BMI // *PLoS One*. – 2018. – Vol. 13 (2). – P. e0191908. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0191908> PMID: 29408914
17. Бермагамбетова С. К., Каримова Т. К., Зиналиева А. Н., Нагметова А. Б., Ниязалина Л. У. Характеристика нутриционального статуса подростков Актюбинской области // *Экспериментальное и клиническое исследование. Медицинский журнал Западного Казахстана*. – 2015. – № 2. – С. 26–29. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26678400>
18. Стародубов В. И., Мельников А. А., Руднев С. Г. О половом диморфизме роста-весовых показателей и состава тела российских детей и подростков в возрасте 5-18 лет: результаты



- массового популяционного скрининга // Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 72, № 2. – С. 134–142. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29143999>
19. Мартинчик А. Н., Батулин А. К., Кешабянц Э. Э., Пескова Е. В. Ретроспективная оценка антропометрических показателей детей России в 1994-2012 гг. по новым стандартам ВОЗ // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2015. – Т. 94, № 1. – С. 156–160. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23414477>
 20. Дёмин Д. Б., Поскотинова Л. В., Кривоногова Е.В. Возрастные особенности функциональных показателей сердечнососудистой системы у подростков различных арктических территорий // Экология человека. – 2015. – № 7. – С. 27–32. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24041127>
 21. Van De Wielle R., Michels N. Longitudinal associations of leptin and adiponectin with heart rate variability in children // *Frontiers in Physiology*. – 2017. – Vol. 8. – P. 498. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2017.00498> PMID: 28747890
 22. Coupal K. E., Heeney N. D., Hockin B. C. D., Ronsley R., Armstrong K., Sanatani S., Claydon V. E. Pubertal Hormonal Changes and the Autonomic Nervous System: Potential Role in Pediatric Orthostatic Intolerance // *Frontiers in Neuroscience*. – 2019. – Vol. 13. – P. 1197. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2019.01197> PMID: 31798399
 23. Васильева Р. М. Функциональные перестройки центральной гемодинамики у детей в процессе полового созревания // Новые исследования. – 2015. – № 2. – С. 41–55. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27535823>
 24. Gangel M. J., Shanahan L., Kolacz J., Janssen J. A., Brown A., Calkins S. D., Keane S. P., Wideman L. Vagal Regulation of Cardiac Function in Early Childhood and Cardiovascular Risk in Adolescence // *Psychosomatic Medicine*. – 2017. – Vol. 79 (6). – P. 614–621. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/PSY.0000000000000458> PMID: 28207613
 25. Sigurdsson M. I., Waldron N. H., Bortsov A. V., Smith S. B., Maixner W. Genomics of Cardiovascular Measures of Autonomic Tone // *Journal of Cardiovascular Pharmacology*. – 2018. – Vol. 71 (3). – P. 180–191. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/FJC.0000000000000559> PMID: 29300220
 26. Monè J., Zaman M. J., La Rocca D., Tabacchi G. Southern Italian Teenagers: The Older They Get, the Unfit They Become With Girls Worse Than Boys: A Cohort Epidemiological Study: The Adolescents Surveillance System for the Obesity Prevention Project (ASSO) // *Medicine (Baltimore)*. – 2017. – Vol. 96 (51). – P. e8810. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000008810> PMID: 29390416
 27. Foster C., Moore J. B., Singletary C.R., Skelton J. A. Physical Activity and Family-Based Obesity Treatment: A Review of Expert Recommendations on Physical Activity in Youth // *Clinical Obesity*. – 2018. – Vol. 8 (1). – P. 68–79. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/cob.12230> PMID: 29224232
 28. Robinson T. N., Banda J. A., Hale L., Lu A. S., Fleming-Milici F., Calvert S. L., Wartella E. Screen Media Exposure and Obesity in Children and Adolescents // *Pediatrics*. – 2017. – Vol. 140. – P. 97–101. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758K>
 29. Nittari G., Scuri S., Petrelli F., Pirillo I., di Luca N. M., Grappasonni I. Fighting obesity in children from European World Health Organization member states. Epidemiological data, medical-social aspects, and prevention programs // *La Clinica Terapeutica*. – 2019. – Vol. 170 (3). – P. 223–230. DOI: <http://dx.doi.org/10.7417/CT.2019.2137> PMID: <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/31173054/>



30. Alpert M. A., Omran J., Bostick B. P. Effects of Obesity on Cardiovascular Hemodynamics, Cardiac Morphology, and Ventricular Function // Current Obesity Reports. – 2016. – Vol. 5 (4). – P. 424–434. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13679-016-0235-6> PMID: 27744513



DOI: [10.15293/2658-6762.2003.12](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2003.12)

Zhanat Makanovna Mukataeva

Doctor of Biological Sciences, Professor,
Department of General Biology and Genomics, Natural Sciences Faculty,
L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3129-7463>
E-mail: mukataevazh@mail.ru

Saltanat Zhumabaevna Kabieva

PhD, Associate Professor,
Department of General Biology, Higher School of Natural Science,
Pavlodar State Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6796-5136>
E-mail: dairbaevasg@mail.ru

Aigul Salimzhanovna Dinmukhamedova

PhD, Associate Professor,
Department of General Biology and Genomics, Natural Sciences Faculty,
L. N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8625-1323>
E-mail: dinmukhamedova@mail.ru

Roman Idelevich Aizman

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head,
Department of Anatomy, Physiology and Life safety,
Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation.
Leading Researcher,
Novosibirsk Scientific Research Institute of Hygiene, Novosibirsk,
Russian Federation.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7776-4768>
E-mail: aizman.roman@yandex.ru

The main trends in morpho-functional development of Kazakh schoolchildren

Abstract

Introduction. A comparative analysis of children's body indicators in certain climatic and geographic areas for a certain period of time contributes to understanding how socio-economic factors influence human ontogeny. The purpose of this study is to assess physical and functional development of schoolchildren aged between 7 and 15 years in Pavlodar in 2018 and compare the data with those obtained in 2005.

Materials and Methods. The sample consisted of 1022 students aged between 7 and 15. The authors compared the following anthropometric and functional measurements: height, weight, chest circumference, Quetelet index (Body Mass Index), body composition, indicators of the cardiorespiratory system and physical performance.

Results. It has been found that the girls' height has not changed, while boys at 8-10 and 12 years of age significantly increased body length compared to their peers in 2005. Students of both sexes significantly increased body weight. The indicators of lung capacity and life index were slightly lower than those of their peers in 2005, which indicates a decrease in the functionality of the respiratory



system. Assessment of physical performance and blood supply showed less cost-effective functioning of the cardiovascular system under physical stress compared to students in the 2005 study, especially during adolescence and high school age.

Conclusions. The study revealed (1) an increase in weight indicators (Body Mass Index and Reserve Body Fat) in girls without body length changes, (2) a slight increase in prepubertal boys' height and (3) a decrease in the functionality of the cardiorespiratory system in children of both sexes in the period between 2005 and 2018. The obtained data indicate the need for new standards to assess physical development of modern children and adolescents.

Keywords

Morphological and functional indicators; Students; Functional reserves; Gender differences; Age-related variability; Development dynamics; Health.

Acknowledgments

The study was financial support of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (on the priority "Life and Health Sciences", on the topic: "Multicenter study of the health of participants in the educational process using innovative technologies")

REFERENCES

1. Liseikina O. V., Popov I. V., Magomedov R. R. System approach to monitoring of the pupils' physical condition. *Bulletin of the Adygea State University. Series 3: Pedagogy and Psychology*, 2015, no. 2, pp. 158–166. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23714790>
2. Samokih I. I., Bosenko A. I., Diskolenko S. I., Shanditseva P. M. Level of physical development of girls 10–11 years in the physical training aimed at developing endurance. *Physical Education. Sport*, 2015, no. 2, pp. 22–28. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23102023>
3. Bazarbaeva S. M., Dinmukhamedova A. S., Aizman R. I. Regional features of the morphofunctional development of students of Kazakh nationality. *Hygiene and Sanitation*, 2019, vol. 98 (4), pp. 449–454. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37640942>
4. Aizman R. I., Lebedev A. V., Aizman N. I., Rubanovich V. B. Methodology and practice of health monitoring of the studying youth. *Health and Education in the 21st century*, 2017, vol. 19 (5), pp. 73–78. (In Russian) URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=28278749>
5. Kuchma V. R., Sukhareva L. M., Rapoport I. K., Shubochkina E. I., Skoblina N. A., Milushkina O. Yu. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Hygiene and Sanitation*, 2017, vol. 96 (10), pp. 990–995. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30741627>
6. Aizman R. I. Methodological principles and methodical approaches to the monitoring of the students' health and health saving activity of educational organizations. *Journal of Pedagogical Innovation*, 2019, no. 1, pp. 5–13. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37334216>
7. Mukataeva Z. M., Dinmukhamedova . S., Aizman R. I. Comparative analysis of schoolchildren's morpho-functional development as the basis for health monitoring (with the main focus on northern and southern Kazakhstan regions). *Science for Education Today*, 2019, vol. 9, no. 5, pp. 126–142. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1905.08> URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41271744>
8. Mukataeva Zh. M., Kabieva S. Zh. Monitoring of physical development and health of pupils of the Pavlodar region. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2014, vol. 1 (17), pp. 51–73. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21226032>



9. Soboleva N. P., Rudnev S. G., Nikolaev D. V., Eryukova T. A., Kolesnikov V. A., Melnichenko O. A., Ponomareva E. G., Starunova O. A., Sterlikov S. A. The bio-impedance screening of population in health centers: prevalence of surplus body mass and obesity. *Health Organization and Public Health*, 2014, vol. 20 (4), pp. 4–13. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21946930>
10. Lichtenauer M., Wheatley S. D., Martyn-St James M., Duncan M. J., Cobayashi F., Berg G., Musso C., Graffigna M., Soutelo J., Bovet P., Kollias A., Stergiou G. S., Grammatikos E., Griffiths C., Ingle L., Jung C. Efficacy of anthropometric measures for identifying cardiovascular disease risk in adolescents: Review and meta-analysis. *Minerva Pediatrica*, 2018, vol. 70 (4), pp. 371–382. DOI: <http://dx.doi.org/10.23736/S0026-4946.18.05175-7> PMID: 29651834
11. Pandey U., Midha T., Rao Y. K., Katiyar P., Wal P., Kaur S., Martolia D. S. Anthropometric indicators as predictor of pre-diabetes in Indian adolescents. *Indian Heart Journal*, 2017, vol. 69 (4), pp. 474–479. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ihj.2017.06.06.006>
12. González-Jiménez E., Schmidt-RioValle J., Montero-Alonso M. A., Padez C., García-García C. J., Perona J. S. Influence of biochemical and anthropometric factors on the presence of insulin resistance in adolescents. *Biological Research for Nursing*, 2016, vol. 18 (5), pp. 541–548. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1099800416648207> PMID: 27194780
13. de Quadros T. M. B., Gordia A. P., Andaki A. C. R., Mendes E. L., Mota J., Silva L. R. Utility of anthropometric indicators to screen for clustered cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 2019, vol. 32 (1), pp. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.1515/jpem-2018-0217>
14. de Oliveira R. G., Guedes D. P. Performance of anthropometric indicators as predictors of metabolic syndrome in Brazilian adolescents. *BMC Pediatrics*, 2018, vol. 18, pp. 33. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-1030-1> PMID: 29415673
15. Dwyer T. Body-mass index in adolescence and cardiovascular death in adulthood. *The New England Journal of Medicine*, 2016, vol. 375, pp. 1299–1301. DOI: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMc1609415> PMID: 27682047
16. Ronque E. R. V., Werneck A. O., Bueno M. R. O., Cyrino E. S., Stanganelli L. C. R., Arruda M. Tracking of body adiposity indicators from childhood to adolescence: Mediation by BMI. *PLoS One*, 2018, vol. 13 (2), pp. e0191908. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0191908> PMID: 29408914
17. Bermagambetova S. K., Karimova T. K., Zinalieva A. N., Nagmetova A. B., Niyazalina L. U. Nutritional status characteristics of adolescents of Aktobe oblast. *Medical Journal of Western Kazakhstan*, 2015, no. 2, pp. 26–29. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26678400>
18. Starodubov V. I., Melnikov A. A., Rudnev S. G. Sexual dimorphism of height-weight indices and body composition in Russian children and adolescents aged 5-18 years: The results of mass population screening. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2017, vol. 72 (2), pp. 134–142. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29143999>
19. Martinchik A. N., Baturin A. K., Keshabyants E. E., Peskova E. V. Retrospective assessment of anthropometric measurements of children in Russia 1994–2012 according to the new WHO standards. *Pediatrics. G. N. Speransky Journal*, 2015, vol. 94 (1), pp. 156–160. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23414477>
20. Demin D. B., Poskotinova L. V., Krivonogova E. V. Age features of cardiovascular system functional parameters in adolescents living in different arctic areas. *Human Ecology*, 2015, vol. 7, pp. 27–32. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24041127>



21. Van De Wielle R., Michels N. Longitudinal associations of leptin and adiponectin with heart rate variability in children. *Frontiers in Physiology*, 2017, vol. 8, pp. 498. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2017.00498> PMID: 28747890
22. Coupal K. E., Heeney N. D., Hockin B. C. D., Ronsley R., Armstrong K., Sanatani S., Claydon V. E. Pubertal hormonal changes and the autonomic nervous system: potential role in pediatric orthostatic intolerance. *Frontiers in Neuroscience*, 2019, vol. 13, pp. 1197. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2019.01197> . PMID: 31798399
23. Vasilieva R. M. Functional restructuring of central hemodynamics in children during puberty. *New Studies*, 2015, vol. 2, pp. 41–55. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27535823>
24. Gangel M. J., Shanahan L., Kolacz J., Janssen J. A., Brown A., Calkins S. D., Keane S. P., Wideman L. Vagal regulation of cardiac function in early childhood and cardiovascular risk in adolescence. *Psychosomatic Medicine*, 2017, vol. 79 (6), pp. 614–621. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/PSY.0000000000000458> PMID: 28207613
25. Sigurdsson M. I., Waldron N. H., Bortsov A. V., Smith S. B., Maixner W. Genomics of cardiovascular measures of autonomic tone. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 2018, vol. 71 (3), pp. 180–191. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/FJC.0000000000000559> PMID: 29300220
26. Monè J., Zaman M. J., La Rocca D., Tabacchi G. Southern Italian teenagers: The older they get, the unfit they become with girls worse than boys: A cohort epidemiological study: The adolescents surveillance system for the obesity prevention project (ASSO). *Medicine (Baltimore)*, 2017, vol. 96 (51), pp. e8810. DOI: <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000008810> PMID: 29390416
27. Foster C., Moore J. B., Singletary C. R., Skelton J. A. Physical activity and family-based obesity treatment: A review of expert recommendations on physical activity in youth. *Clinical Obesity*, 2018, vol. 8 (1), pp. 68–79. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/cob.12230> PMID: 29224232
28. Robinson T. N., Banda J. A., Hale L., Lu A. S., Fleming-Milici F., Calvert S. L., Wartella E. Screen media exposure and obesity in children and adolescents. *Pediatrics*, 2017, vol. 140, pp. S97–S101; DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2016-1758K>
29. Nittari G., Scuri S., Petrelli F., Pirillo I., di Luca N. M., Grappasonni I. Fighting obesity in children from European World Health Organization member states. Epidemiological data, medical-social aspects, and prevention programs. *La Clinica Terapeutica*, 2019, vol. 170 (3), pp. e223–e230. DOI: <http://dx.doi.org/10.7417/CT.2019.2137> PMID: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31173054/>
30. Alpert M. A., Omran J., Bostick B. P. Effects of obesity on cardiovascular hemodynamics, cardiac morphology, and ventricular function. *Current Obesity Reports*, 2016, vol. 5 (4), pp. 424–434. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13679-016-0235-6> PMID: 27744513

Submitted: 26 April 2020

Accepted: 10 May 2020

Published: 30 June 2020



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).