

Морфометрические особенности сердца у детей 7–10 лет, проживающих на территории Архангельской области

Игорь Сергеевич Чуб* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8593-2808>
Ольга Евгеньевна Карякина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0781-0164>
Алексей Владиславович Артемов** ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2905-9549>
Анна Павловна Борейко* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1578-4333>
Алексей Андреевич Карякин*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4458-8702>
Ульяна Романовна Захарченко* ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3685-7886>

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

**Архангельская областная детская клиническая больница имени П.Г. Выжлецова
(Архангельск, Россия)

***Северный государственный медицинский университет
(Архангельск, Россия)

Аннотация. Цель исследования – определение морфометрических особенностей сердца у детей 7–10 лет, проживающих в Архангельской области, во взаимосвязи с показателями физического развития. **Материалы и методы.** На базе Архангельской областной детской клинической больницы имени П.Г. Выжлецова методом эхокардиографии изучены морфометрические параметры сердца 990 детей 7–10 лет обоего пола без признаков патологии сердечно-сосудистой системы, определены их антропометрические данные. **Результаты.** При относительной стабильности процессов морфофункционального созревания на данном этапе онтогенеза, обнаружены как половые, так и возрастные структурные особенности сердца. Наибольшее число половых различий установлено для детей 8 лет, и характеризуются они большими значениями параметров сердца у мальчиков по сравнению с девочками. Половые различия по ширине магистральных сосудов «стираются» к 10 годам. Параметры физического развития закономерно увеличиваются с возрастом, равномерно по годам, половой диморфизм не выражен; суммарный рост с 7 до 10 лет составляет у мальчиков и девочек соответственно: длины тела – 12,67 и 14,10 %; массы тела – 38,68 и 40,66 %; площади поверхности тела (ППТ) – 24,21 и 27,17 %. Наиболее устойчивыми и однонаправленными изменениями в возрастном аспекте характеризуется ППТ, которая демонстрирует значительную взаимосвязь с морфологией сердца, особенно в позднем препубертате. Наибольшей стабильностью в отращивании доли вариации показателей эхокардиограммы во всех возрастно-половых группах обладает ППТ,

Ответственный за переписку: Игорь Сергеевич Чуб, адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 17; e-mail: i.chub@narfu.ru

определенная по формуле Мостеллера. Выявлена гетерохронность возрастного созревания размеров камер сердца, с более ранним началом и более продолжительным периодом у мальчиков. Левые отделы сердца у мальчиков увеличиваются с 8 до 10 лет, тогда как у девочек – в период 9–10 лет. Факторный анализ позволил установить усиление с возрастом вклада параметров физического развития в дисперсию морфометрических признаков сердца.

Ключевые слова: дети Архангельской области, младший школьный возраст, эхокардиография, морфометрия сердца, площадь поверхности тела, индекс массы тела.

Для цитирования: Морфометрические особенности сердца у детей 7–10 лет, проживающих на территории Архангельской области / И. С. Чуб, О. Е. Карякина, А. В. Артемов, А. П. Бореико, А. А. Карякин, У. Р. Захарченко // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 49-59. – DOI: 10.37482/2687-1491-Z177.

Original article

Morphometric Characteristics of the Heart in Children Aged 7–10 Years Living in the Arkhangelsk Region

Igor' S. Chub* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8593-2808>

Ol'ga E. Karyakina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0781-0164>

Aleksey V. Artemov** ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2905-9549>

Anna P. Boreyko* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1578-4333>

Aleksey A. Karyakin*** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4458-8702>

Ul'yana R. Zakharchenko* ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3685-7886>

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
(Arkhangelsk, Russian Federation)

**Vyzhletsov Arkhangelsk Regional Children's Clinical Hospital
(Arkhangelsk, Russian Federation)

***Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russian Federation)

Abstract. The purpose of this paper was to determine the morphometric characteristics of the heart in 7–10-year-old children living in the Arkhangelsk Region in relation to their physical development parameters. **Materials and methods.** The research was performed in Vyzhletsov Arkhangelsk Regional Children's Clinical Hospital. Using echocardiography, we studied the morphometric parameters of 990 children of both sexes aged between 7 and 10 years without cardiovascular pathologies and collected their anthropometric data. **Results.** With the relative stability of the processes of morphofunctional maturation at this stage of ontogenesis, both sex- and age-related structural features of the heart were detected. The largest number of sex-related differences was found for children aged 8 years, and they were associated with greater values of cardiac parameters in boys compared to girls. Sex-related differences in the width of the major vessels get levelled out by the age of 10. Parameters of

Corresponding author: Igor' Chub, address: nab Severnoy Dviny 17, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation; e-mail: i.chub@narfu.ru

physical development naturally increase with age, evenly over the years; sexual dimorphism is not pronounced. The total increase in anthropometric values from 7 to 10 years in boys and girls was: 12.67 % and 14.10 % for body length, 38.68 % and 40.66 % for body weight, and 24.21 % and 27.17 % for body surface area (BSA), respectively. The most consistent and unidirectional age-related changes concern BSA, which demonstrates a significant correlation with cardiac morphology, especially in late prepuberty. The greatest stability in reflecting the share of variation in echocardiogram parameters in all age and sex groups has BSA calculated by the Mosteller formula. The left heart in boys starts to enlarge from 8 to 10 years, while in girls, between 9 and 10 years. Factor analysis showed an increase in the contribution of physical development parameters to the dispersion of morphological characteristics of the heart with age.

Keywords: children of the Arkhangelsk Region, primary school age, echocardiography, heart morphometry, body surface area, body mass index.

For citation: Chub I.S., Karyakina O.E., Artemov A.V., Boreyko A.P., Karyakin A.A., Zakharchenko U.R. Morphometric Characteristics of the Heart in Children Aged 7–10 Years Living in the Arkhangelsk Region. *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 49–59. DOI: 10.37482/2687-1491-Z177

Функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы занимают одно из ведущих мест в структуре отклонений, выявляемых у детей [1, 2]. Гетерохронность морфофункционального развития ребенка характеризуется неодинаковыми приростами морфометрических параметров сердца на различных этапах онтогенеза. При относительной стабильности пластических и энергетических процессов в период второго детства, приходящегося на младший школьный возраст, повышенные требования предъявляются к кислородтранспортной системе организма, поскольку данный этап является сенситивным для развития двигательных функций. В возрастной физиологии известен феномен отставания увеличения объемов сердца от роста линейных размеров тела ребенка. Несмотря на завершённую дифференцировку структур миокарда в период второго детства, относительно большой объем циркулирующей крови и высокий уровень метаболизма создают предпосылки для ограничения резервных возможностей системы гемодинамики. Известна возрастная неравномерность созревания различных отделов сердца: интенсивный рост предсердий – до 2 лет, выравнивание роста всех камер – в период 2–10 лет, рост размеров желудочков – после 10 лет. Показаны и половые различия в морфогенезе миокарда: большие линейные размеры у мальчиков, за исключением

начала пубертата, когда девочки опережают их по морфофункциональному развитию [3].

Современные методы ультразвуковых исследований позволяют устанавливать морфометрические параметры миокарда в различные возрастные периоды, поэтому они являются не только ценным инструментом прогноза заболеваний, но и неинвазивным способом изучения созревания функций сердечно-сосудистой системы у детей. Доступность, мобильность и относительная простота эхокардиографии (эхоКГ) делают ее методом визуализации первой линии при подозрении на врожденные пороки сердца в течение последних десятилетий [4–6]. Существует большое число работ, посвященных ультразвуковым исследованиям морфометрических особенностей сердца детей, но они являются во многом противоречивыми. Имеющиеся в литературе данные получены в изолированных исследованиях, выполненных на выборках малого объема и не учитывающих полный перечень морфометрических показателей сердца, что приводит к риску неверной интерпретации, обусловленной колебаниями нормальных популяционных значений размеров сердца [7–10]. С целью интерпретации эхоКГ-результатов морфометрические параметры миокарда сравниваются с нормативными значениями. В различных работах показана наиболее тесная связь

морфометрических показателей сердца с антропометрическими параметрами физического развития [9, 11]. При этом взаимосвязь отдельных продольных или поперечных координат телосложения с морфологией сердца неоднозначна и нелинейна, куда большую взаимосвязь демонстрируют интегральные параметры, или индексы, такие как индекс массы тела (ИМТ) и площадь поверхности тела (ППТ) [3].

В связи с вышеуказанным необходимо изучение взаимосвязи параметров эхоКГ с показателями физического развития детей. Целью настоящего исследования стало определение морфометрических особенностей сердца у детей 7–10 лет, проживающих на территории Архангельской области, во взаимосвязи с антропометрическими параметрами.

Материалы и методы. Исследование проведено на базе отделения функциональной диагностики Архангельской областной детской клинической больницы имени П.Г. Выжлецова. Всего обработано 990 протоколов эхоКГ у детей 7–10 лет без признаков патологии сердечно-сосудистой системы, среди обследованных 61,3 % мальчиков и 38,7 % девочек. Согласно принципам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (с изменениями 2013 года), было получено информированное согласие законных представителей детей.

Морфометрические параметры сердца определялись в М- и В-режимах на ультразвуковом сканере Vivid E9 (GE Healthcare, США), использовались матричные фазированные секторальные датчики M5S-D (1,5–4,6 МГц) и 12S-D (4,0–12,0 МГц). Анализировались следующие параметры эхоКГ: АК – раскрытие аортального клапана; АО – ширина корня аорты на уровне синусов Вальсальвы; ЛП – размер левого предсердия; ПЖ – размер правого желудочка; ЛЖ_{кдр} – размер левого желудочка в диастоле (конечно-диастолический); ЛЖ_{ксп} – размер левого желудочка в систоле (конечно-систолический); ТЗСЛЖ – толщина задней стенки ЛЖ; ТМЖП – толщина межжелудочковой перегородки; ЛА – ширина легочной артерии; ПП – размер правого предсердия. Рутинными антро-

пометрическими методами измерялись длина и масса тела. Рассчитывались ИМТ (стандартная формула) и ППТ (формулы Дюбуа, Мостеллера, Хейкока, Гехана и Джорджа, Бойда, Фудзимото, Такахира) [12].

Статистический анализ осуществлялся программными средствами Statistica 7.0 (США). Проводилась проверка на нормальность распределения и вычислялась одномерная описательная статистика с использованием критериев Шапиро–Уилка и χ^2 Пирсона. Взаимосвязь антропометрических параметров и морфометрических показателей сердца устанавливалась на основании расчета коэффициента корреляции Пирсона.

Сравнение количественных признаков двух разных групп выполнялось с помощью *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок, трех и более групп – с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Выявление доли вариации показателей эхоКГ под влиянием ППТ, определенной различными способами, осуществлялось путем расчета коэффициента детерминации в ходе линейного регрессионного анализа. Для выделения структуры комплексных факторов использовался метод главных компонент, количество факторных совокупностей определялось с помощью статистического критерия Кайзера. С целью максимизации коэффициентов корреляции в факторных совокупностях проводилось вращение факторных нагрузок методами варимакс, биквартимакс, квартимакс, эквимакс. Уровень значимости в работе был принят равным 5 %.

Результаты. Данные нашего исследования демонстрируют отсутствие статистически значимых различий по длине и массе тела у мальчиков и девочек Архангельской области во всех рассматриваемых возрастных группах. Весоростовые отношения также у большинства детей не имеют значимых половых различий, за исключением детей 9 лет, среди которых ИМТ у девочек значимо ниже, чем у мальчиков ($16,51 \pm 2,68$ и $17,23 \pm 2,84$ соответственно; $p = 0,040$). Установлен дефицит массы тела у 84,04 % детей младшего школьного возраста,

дети с нормальным весом составили 14,34 %, с избыточным – 1,62 %. Данные оценки ППТ в рассматриваемой выборке также свидетельствуют об однородности по половому признаку внутри возрастных групп.

Результаты нашего исследования демонстрируют, что большинство из рассматриваемых морфометрических показателей сердца

статистически значимо различаются у мальчиков и девочек: у мальчиков во всех возрастных группах они выше, чем у девочек (см. *таблицу*). Наибольшим числом различий характеризуется возраст 8 лет. В остальных группах отмечаются отсутствие половых различий по следующим показателям: 7 лет – ПЖ; 9 лет – ПЖ и ЛА; 10 лет – АК, АО и ЛА.

Морфометрические параметры сердца 7–10-летних детей Архангельской области ($M \pm \sigma$), мм

Morphometric parameters of the heart in 7–10-year-old children living in the Arkhangelsk Region ($M \pm \sigma$), mm

Параметр	Возраст, годы			
	7	8	9	10
АК:				
мальчики	15,45±1,94	15,70±1,88	16,32±2,03	16,62±1,80
девочки	14,60±1,97**	14,82±1,97**	15,42±1,82***	16,16±2,11
АО:				
мальчики	21,59±2,09	21,92±2,27	22,70±2,22	22,92±2,21
девочки	20,01±2,10***	20,75±2,28***	21,63±2,19***	22,47±2,25
ЛП:				
мальчики	23,72±2,98	24,35±2,81	25,13±2,93	25,95±3,19
девочки	22,58±2,51**	23,45±2,99*	23,92±2,80**	24,44±2,92***
ПЖ:				
мальчики	15,69±2,96	16,38±2,35	17,02±2,32	17,39±2,45
девочки	15,32±2,38	15,36±2,39**	16,49±2,32	16,32±2,47**
ЛА:				
мальчики	16,44±2,15	17,52±2,27	17,46±2,25	18,22±2,53
девочки	15,88±2,18*	16,37±2,34***	17,02±2,55	17,71±2,61
ЛЖ _{кдр} :				
мальчики	38,30±2,75	39,03±2,76	40,04±2,79	41,33±3,30
девочки	36,83±2,60***	37,44±2,73***	38,44±2,78***	39,84±3,19**
ЛЖ _{ксп} :				
мальчики	23,32±2,20	23,76±2,04	24,34±2,25	25,04±2,54
девочки	22,41±2,15**	22,84±2,04**	23,39±2,12**	24,09±2,54**
ТЗСЛЖ:				
мальчики	5,55±0,73	5,69±0,80	5,86±0,72	6,06±0,84
девочки	5,29±0,71**	5,36±0,71**	5,48±0,73***	5,70±0,79**
ТМЖП:				
мальчики	5,77±0,80	5,92±0,83	6,00±0,72	6,29±0,87
девочки	5,48±0,74**	5,60±0,81**	5,69±0,72**	5,90±0,77***
ПП:				
мальчики	27,04±3,02	27,29±3,14	28,09±2,97	29,01±3,03
девочки	25,52±3,09***	26,05±2,99**	26,70±2,75***	27,84±3,38**

Примечание: $M \pm \sigma$ – среднее значение и среднеквадратичное отклонение; *, **, *** – установлены статистически значимые различия между средними значениями параметров у мальчиков и девочек одного возраста ($p < 0,05$; $p < 0,01$ и $p < 0,001$ соответственно).

Анализ возрастной динамики антропометрических показателей и индексов показывает статистически значимое увеличение с возрастом длины и массы тела, а также ППТ как у мальчиков, так и у девочек. При этом изменения ИМТ остаются статистически не значимыми, что сильно ограничивает использование этого показателя для разработки нормативов данных эхоКГ. Напротив, изменения ППТ с возрастом устойчивые и однонаправленные. Статистически значимые приросты между возрастными периодами 7–10 лет равномерны, но неодинаковы по параметрам: суммарное увеличение длины тела составляет 12,67 % у мальчиков и 14,10 % у девочек, массы тела – 38,68 и 40,66 %, ППТ – 24,21 и 27,17 % соответственно.

Межгрупповые возрастные различия морфометрических параметров сердца неодинаковы у мальчиков и девочек. Наблюдается асимметрия в приростах просветов сосудов и размеров камер сердца. АО статистически значимо различается у девочек во всех возрастных группах, нарастая с $20,01 \pm 2,10$ мм (7 лет) до $22,47 \pm 2,25$ мм (10 лет) ($p < 0,001$), тогда как у мальчиков различия выявляются только между 8 и 9 годами ($21,92 \pm 2,27$ и $22,70 \pm 2,21$ мм; $p = 0,005$). ЛА у мальчиков значимо увеличивается с 7 до 8 лет ($16,44 \pm 2,15$ до $17,52 \pm 2,27$ мм; $p < 0,001$) и с 9 до 10 лет ($17,46 \pm 2,25$ до $18,22 \pm 2,53$ мм; $p = 0,006$), а в группах девочек статистически значимо не различается.

Схожие различия в размерах отделов сердца проявляются у мальчиков 8–10 лет. В этот возрастной период наблюдается увеличение размеров левых камер сердца (ЛП – на 6,57 %, ЛЖ_{ксп} – на 5,38 %) и ПП (на 6,30 %), различия в ПЖ отмечаются между группами 7 и 8 лет (на 6,43 %), а также 8 и 9 лет (на 3,91 %). ТЗСЛЖ (на 3,41–4,01 %) и ТМЖП (на 3,69–4,83 %) независимо от пола увеличиваются на этапе 9–10 лет, совместно с повышением линейных размеров отделов сердца. Рост линейных размеров камер сердца у девочек неодинаков: так, ПП и ЛЖ_{ксп} статистически значимо различаются между 9 и 10 годами (ПП – на 4,27 %, ЛЖ – на 2,99 %), ЛП – меж-

ду 7 и 8 годами (на 3,85 %), ПЖ – между 8 и 9 годами (на 7,30 %).

Сравнение коэффициентов детерминации (R^2) при оценке точности построения регрессионных моделей зависимости показателей эхоКГ от ППТ демонстрирует более высокое среднее значение R^2 при использовании формулы Мостеллера по сравнению с другими способами расчета ППТ: для формулы Дюбуа – 17,73, Хейкока – 17,81, Такахира – 18,00, Фудзимото – 18,05, Гехана и Джорджа – 18,10, Бойда – 18,12, Мостеллера – 18,20.

Корреляционный анализ взаимосвязей антропометрических параметров и морфометрических характеристик сердца показывает наиболее выраженную зависимость структурных составляющих сердца от ППТ (рис. 1). Взаимосвязь отдельных показателей физического развития (длины и массы тела), а также ИМТ и данных эхоКГ менее выражена и непостоянна. Масса тела демонстрирует более стойкую взаимосвязь с параметрами сердца, нежели длина тела. Для большинства морфологических показателей сердца установлена положительная корреляционная связь с ППТ (по Мостеллеру), различающаяся по выраженности в разных возрастно-половых группах. ППТ выступает как интегративная характеристика физического развития, она тесным образом взаимосвязана с величиной периферического сосудистого сопротивления и закономерным образом соотносится с морфологией сердца. У детей 7 лет, независимо от пола, отмечены умеренные взаимосвязи ППТ со всеми морфометрическими характеристиками сердца, но наиболее выраженной оказывается ее связь с размерами левых отделов сердца. ИМТ демонстрирует статистически значимые умеренные положительные взаимосвязи с ЛП ($r = 0,36$, $p < 0,001$), ПЖ ($r = 0,31$, $p < 0,001$), ЛЖ_{ксп} ($r = 0,33$, $p < 0,001$), ТМЖП ($r = 0,31$, $p < 0,001$).

Полученные результаты также подтверждаются процедурой факторного анализа, который позволил сгруппировать изучаемые параметры у детей 7 лет в два фактора. Первый фактор (27,96 % дисперсии) включает в себя ЛЖ_{ксп} и

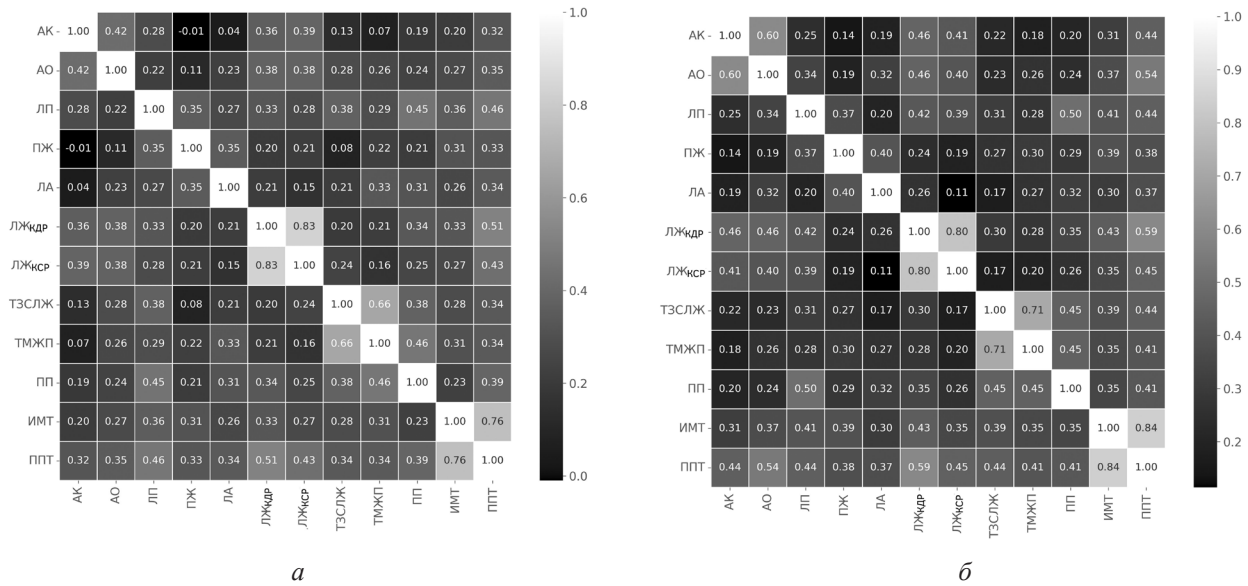


Рис. 1. Корреляционные матрицы взаимосвязи антропометрических индексов и морфометрических параметров сердца у 7-летних (а) и 10-летних (б) детей Архангельской области

Fig. 1. Correlation matrices of the relationship between anthropometric indices and morphometric parameters of the heart in children aged 7 (a) and 10 (b) years living in the Arkhangelsk Region

ЛЖ_{кдр}, ППТ, длину и массу тела, а также АО (рис. 2), второй фактор (23,17 %) – ТЗСЛЖ, ТМЖП, ЛП, ПП и ИМТ.

В структурах корреляционных взаимосвязей наблюдаются различия по полу: если в группе девочек сохраняются все корреляции, то у мальчиков отсутствует взаимосвязь ППТ с ЛА и ТМЖП.

В группе 8-летних детей без учета пола отмечены умеренные и средние по силе положительные корреляции ППТ практически со всеми морфометрическими параметрами сердца, за исключением АК. Наблюдается усиление взаимосвязей исследуемых показателей с ИМТ по сравнению с предыдущим возрастом. Половые различия корреляционных взаимодействий повторяемы, за исключением появления у девочек положительной умеренной корреляции ППТ и АК ($r = 0,31, p < 0,001$).

У детей в возрасте 9 лет картина взаимосвязей сохраняет тенденции предыдущего этапа, с увеличением силы корреляционной связи с

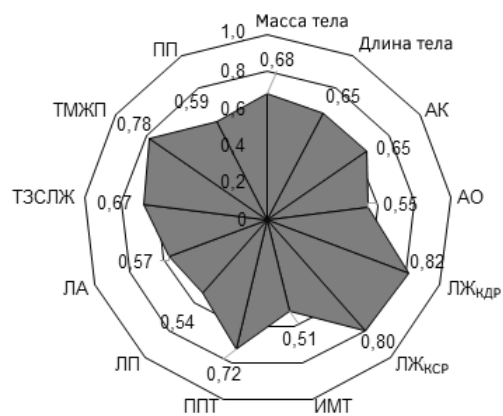


Рис. 2. Факторная структура взаимосвязей морфометрических параметров сердца и антропометрических показателей физического развития у 7-летних детей Архангельской области

Fig. 2. Factor structure of the relationships between morphometric parameters of the heart and anthropometric parameters of physical development in 7-year-old children living in the Arkhangelsk Region

ППТ и появлением значительного числа взаимодействий структурных параметров сердца с ИМТ. Корреляционная матрица взаимосвязей в этой возрастной группе у девочек повторяет общую для 9-летних детей тенденцию с усилением зависимости от ИМТ. В группе мальчиков ППТ не имеет взаимосвязей с ЛП, а ИМТ не взаимосвязан с ПП, ПЖ и ЛА.

В группе 10-летних детей корреляционные взаимосвязи антропометрических параметров и морфологических показателей сердца достигают максимальных значений, причем структура корреляций с ППТ одинакова вне зависимости от пола, тогда как ИМТ не имеет взаимосвязей: у мальчиков – с АК и АО, у девочек – с ЛЖ_{КСР} и ТМЖП. Факторная структура взаимодействия исследованных параметров не претерпевает качественных изменений по сравнению с началом периода второго детства, однако наблюдается усиление значимости антропометрических показателей и появление ИМТ в первом факторе, а во втором факторе среди показателей отсутствует ЛА (рис. 3).

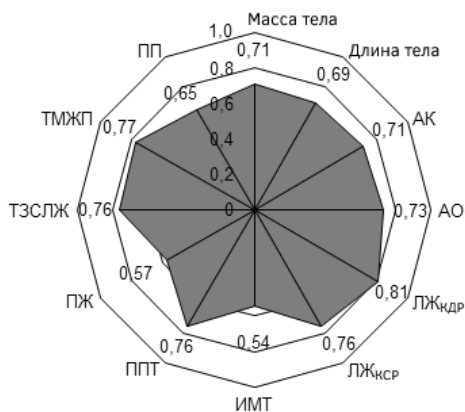


Рис. 3. Факторная структура взаимосвязей морфометрических параметров сердца и антропометрических показателей физического развития у 10-летних детей Архангельской области

Fig. 3. Factor structure of the relationships between morphometric parameters of the heart and anthropometric parameters of physical development in 10-year-old children living in the Arkhangelsk Region

Обсуждение. Литературные данные свидетельствуют об отсутствии выраженного полового диморфизма по параметрам физического развития у детей в младшем школьном возрасте [13]. Наши данные подтверждают это, исключая ИМТ в 9 лет, который оказался значимо выше у мальчиков. Исходя из результатов анализа показателей физического развития, у детей Архангельской области сохраняется тенденция к астенизации, что согласуется с результатами ранее опубликованных исследований [2, 13].

Отсутствие полового диморфизма наблюдается в отношении характеристик магистральных сосудов в конце периода второго детства. Расширение просвета магистральных сосудов наряду с увеличением массы сердца рассматривается как адаптивное приспособление, облегчающее гемодинамику у растущего организма [11].

Анализ половозрастных различий морфологии сердца позволяет сделать вывод о более раннем, синхронном для левых отделов и продолжительном росте размеров сердца у мальчиков (в период 8–10 лет), тогда как значимые приросты у девочек наблюдаются в 9–10 лет и, вероятно, ассоциированы с завершением препубертатного периода и подготовкой к пубертату.

Все рассматриваемые формулы расчета ППТ могут быть использованы у детей 7–10 лет, но наибольшей универсальностью и стабильностью для отражения доли объяснимой вариации морфометрических показателей сердца от вклада ППТ обладает способ Мостеллера.

Установлена наиболее устойчивая взаимосвязь структурных параметров сердца с ППТ у школьников в периоде второго детства, которая усиливается с возрастом. Вероятно, появление зависимости параметров эхоКГ и ИМТ в 9- и 10-летнем возрасте обусловлено стабилизацией ростовых процессов в плане как физического развития, так и структурно-функционального созревания сердца.

Итак, исследование с участием детей 7–10 лет, проживающих в Архангельской области, позволило сделать следующие выводы:

1. Возрастные различия параметров эхоКГ выражаются в гетерохронности увеличения размеров сердца: у мальчиков линейных размеров отделов сердца начинаются на год раньше, чем у девочек, и поэтому более продолжительны по времени.

2. Половой диморфизм в структурных параметрах сердца у детей связан с закономерным превышением значений у мальчиков относительно девочек, при этом к окончанию периода второго детства не наблюдается различий по ширине магистральных сосудов.

3. Использование различных формул расчета ППТ допустимо для сопоставления с данными эхоКГ в изученном возрастном периоде. Большую стабильность соответствия показывает формула Мостеллера.

4. Взаимосвязь морфометрических показателей сердца с отдельными антропометрическими параметрами слабее, чем связь с ППТ. К окончанию препубертата эта взаимосвязь усиливается как по отдельным параметрам антропометрии, так и по индексам физического развития (ИМТ, ППТ).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Список литературы

1. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н., Байбарина Е.Н., Чумакова О.В., Устинова Н.В., Антонова Е.В., Вишнева Е.А. Результаты профилактических медицинских осмотров несовершеннолетних в Российской Федерации // Рос. педиатр. журн. 2016. Т. 19, № 5. С. 287–293.
2. Кучма В.Р., Рапопорт И.К., Сухарева Л.М., Скоблина Н.А., Седова А.С., Чубаровский В.В., Соколова С.Б. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся // Здравоохранение Рос. Федерации. 2021. Т. 65, № 4. С. 325–333. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333>
3. Ткачук Е.А., Куренкова Г.В., Черевикова И.А., Глобенко Н.Э., Васильева А.Р., Масленникова Ю.А., Ласкина В.А. Функциональные особенности сердечно-сосудистой системы у детей, перенесших COVID-2019 // Якут. мед. журн. 2023. № 1(81). С. 74–79. <https://doi.org/10.25789/УМЖ.2023.81.19>
4. Мирзоян Е.С., Неласов Н.Ю., Бабаев М.В., Волков Г.П., Шумарин К.А. Дифференцированный подход в оценке систолической функции правого желудочка сердца с помощью импульсно-волновой доплерографии // Клини. медицина. 2017. Т. 95, № 2. С. 132–135. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-2-132-135>
5. Liu Y., Chen S., Zühlke L., Babu-Narayan S.V., Black G.C., Choy M.K., Li N., Keavney B.D. Global Prevalence of Congenital Heart Disease in School-Age Children: A Meta-Analysis and Systematic Review // BMC Cardiovasc. Disord. 2020. Vol. 20, № 1. Art. № 488. <https://doi.org/10.1186/s12872-020-01781-x>
6. Opfer E., Shah S. Advances in Pediatric Cardiovascular Imaging // Mo. Med. 2018. Vol. 115, № 4. P. 354–360.
7. Dallaire F., Bigras J.-L., Prsa M., Dahdah N. Bias Related to Body Mass Index in Pediatric Echocardiographic Z Scores // Pediatr. Cardiol. 2015. Vol. 36, № 3. P. 667–676. <https://doi.org/10.1007/s00246-014-1063-7>
8. Cantinotti M., Giordano R., Scalese M., Murzi B., Assanta N., Spadoni I., Maura C., Marco M., Molinaro S., Kutty S., Iervasi G. Nomograms for Two-Dimensional Echocardiography Derived Valvular and Arterial Dimensions in Caucasian Children // J. Cardiol. 2017. Vol. 69, № 1. P. 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2016.03.010>
9. Lopez L., Colan S., Stylianou M., Granger S., Trachtenberg F., Frommelt P., Pearson G., Camarda J., Cnota J., Cohen M., Dragulescu A., Frommelt M., Garuba O., Johnson T., Lai W., Mahgerefteh J., Pignatelli R., Prakash A., Sachdeva R., Soriano B., Soslow J., Spurney C., Srivastava S., Taylor C., Thankavel P., van der Velde M., Minich L. Relationship of Echocardiographic Z Scores Adjusted for Body Surface Area to Age, Sex, Race, and Ethnicity: The Pediatric Heart Network Normal Echocardiogram Database // Circ. Cardiovasc. Imaging. 2017. Vol. 10, № 11. Art. № e006979. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.006979>

10. Wang S.S., Hong W.J., Zhang Y.Q., Chen S.B., Huang G.Y., Zhang H.Y., Chen L.J., Wu L.P., Shen R., Liu Y.Q., Zhu J.X. Regression Equations for Calculation of Z Scores for Echocardiographic Measurements of Left Heart Structures in Healthy Han Chinese Children // *J. Clin. Ultrasound*. 2018. Vol. 46, № 5. P. 328–333. <https://doi.org/10.1002/jcu.22579>
11. Марцинкевич Г.И., Соколов А.А. Эхокардиография у детей, антропометрические и возрастные нормы, сравнительные возможности трехмерной эхокардиографии // *Сиб. мед. журн. (г. Томск)*. 2010. Т. 25, № 4-1. С. 67–71.
12. Воронцова И.Л., Колунин Е.Т., Прокопьев Н.Я. Площадь поверхности тела мальчиков периода второго детства г. Тюмень, имеющих нарушения прикуса и дефекты речи, на начальном этапе занятий спортом // *Науч.-исслед. публ.* 2014. № 9(13). С. 88–93.
13. Коданева Л.Н., Кетлерова Е.С., Соколова И.И. Физическое развитие детей и подростков // *Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. 2020. № 10(188). С. 181–184.

References

1. Baranov A.A., Namazova-Baranova L.S., Terletskaia R.N., Baybarina E.N., Chumakova O.V., Ustinova N.V., Antonova E.V., Vishneva E.A. Results of Preventive Medical Examinations of Minors in the Russian Federation. *Russ. Pediatr. J.*, 2016, vol. 19, no. 5, pp. 287–293 (in Russ.).
2. Kuchma V.R., Rapoport I.K., Sukhareva L.M., Skoblina N.A., Sedova A.S., Chubarovsky V.V., Sokolova S.B. The Health of Children and Adolescents in School Ontogenesis as a Basis for Improving the System of School Health Care and Sanitary-Epidemiological Wellbeing of Students. *Health Care Russ. Fed.*, 2021, vol. 65, no. 4, pp. 325–333 (in Russ.). <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333>
3. Tkachuk E.A., Kurenkova G.V., Cherevikova I.A., Globenko N.E., Vasil'eva A.R., Maslennikova Yu.A., Laskina V.A. Funktsional'nye osobennosti serdechno-sosudistoy sistemy u detey, perenessikh COVID-2019 [Functional Features of the Cardiovascular System in Covid-19 Children]. *Yakutskiy meditsinskiy zhurnal*, 2023, no. 1, pp. 74–79. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2023.81.19>
4. Mirzoyan E.S., Nelasov N.Yu., Babaev M.V., Volkov G.P., Shumarin K.A. Differentsirovannyi podkhod v otsenke sistolicheskoy funktsii pravogo zheludochka serdtsa s pomoshch'yu impul'sno-volnovoy dopplerografii [Differential Approach to the Evaluation of Right Ventricular Systolic Function by Pulsed Wave Doppler Ultrasound]. *Klinicheskaya meditsina*, 2017, vol. 95, no. 2, pp. 132–135. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2017-95-2-132-135>
5. Liu Y., Chen S., Zühlke L., Babu-Narayan S.V., Black G.C., Choy M.K., Li N., Keavney B.D. Global Prevalence of Congenital Heart Disease in School-Age Children: A Meta-Analysis and Systematic Review. *BMC Cardiovasc. Disord.*, 2020, vol. 20, no. 1. Art. no. 488. <https://doi.org/10.1186/s12872-020-01781-x>
6. Opfer E., Shah S. Advances in Pediatric Cardiovascular Imaging. *Mo. Med.*, 2018, vol. 115, no. 4, pp. 354–360.
7. Dallaire F., Bigras J.-L., Prsa M., Dahdah N. Bias Related to Body Mass Index in Pediatric Echocardiographic Z Scores. *Pediatr. Cardiol.*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 667–676. <https://doi.org/10.1007/s00246-014-1063-7>
8. Cantinotti M., Giordano R., Scalese M., Murzi B., Assanta N., Spadoni I., Maura C., Marco M., Molinaro S., Kutty S., Iervasi G. Nomograms for Two-Dimensional Echocardiography Derived Valvular and Arterial Dimensions in Caucasian Children. *J. Cardiol.*, 2017, vol. 69, no. 1, pp. 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.jcc.2016.03.010>
9. Lopez L., Colan S., Stylianou M., Granger S., Trachtenberg F., Frommelt P., Pearson G., Camarda J., Cnota J., Cohen M., Dragulescu A., Frommelt M., Garuba O., Johnson T., Lai W., Mahgerefteh J., Pignatelli R., Prakash A., Sachdeva R., Soriano B., Soslow J., Spurney C., Srivastava S., Taylor C., Thankavel P., van der Velde M., Minich L. Relationship of Echocardiographic Z Scores Adjusted for Body Surface Area to Age, Sex, Race, and Ethnicity: The Pediatric Heart Network Normal Echocardiogram Database. *Circ. Cardiovasc. Imaging*, 2017, vol. 10, no. 11. Art. no. e006979. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.006979>
10. Wang S.S., Hong W.J., Zhang Y.Q., Chen S.B., Huang G.Y., Zhang H.Y., Chen L.J., Wu L.P., Shen R., Liu Y.Q., Zhu J.X. Regression Equations for Calculation of Z Scores for Echocardiographic Measurements of Left Heart Structures in Healthy Han Chinese Children. *J. Clin. Ultrasound*, 2018, vol. 46, no. 5, pp. 328–333. <https://doi.org/10.1002/jcu.22579>

11. Martsinkevich G.I., Sokolov A.A. Ekhokardiografiya u detey, antropometricheskie i vozrastnye normy, sravnitel'nye vozmozhnosti trekhmernoy ekhokardiografii [Echocardiography in Children, Anthropometrical and Age Norms, Comparative Possibilities of Three-Dimensional Echocardiography]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (g. Tomsk)*, 2010, vol. 25, no. 4-1, pp. 67–71.

12. Vorontsova I.L., Kolunin E.T., Prokop'ev N.Ya. Ploshchad' poverkhnosti tela mal'chikov perioda vtorogo detstva g. Tyumen', imeyushchikh narusheniya prikusa i defekty rechi, na nachal'nom etape zanyatiy sportom [Body Surface Area of Boys Aged 8–12 Years Living in Tyumen with Malocclusion and Speech Defects at the Initial Stage of Playing Sports]. *Nauchno-issledovatel'skie publikatsii*, 2014, no. 9, pp. 88–93.

13. Kodaneva L.N., Ketlerova E.S., Sokolenova I.I. Fizicheskoe razvitie detey i podrostkov [Physical Development of Children and Adolescents]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2020, no. 10, pp. 181–184.

*Поступила в редакцию 27.03.2023 / Одобрена после рецензирования 27.10.2023 / Принята к публикации 01.11.2023.
Submitted 27 March 2023 / Approved after reviewing 27 October 2023 / Accepted for publication 1 November 2023.*