Экология человека | Ekologiya cheloveka (Human Ecology)
Оригинальное исследование | Original study article
DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

# Возрастные особенности функционального развития системы кровообращения у школьников — представителей коренных малочисленных народов Северо-Востока России: одномоментное исследование

А.Н. Лоскутова
Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Изменения в работе сердечно-сосудистой системы служат одним из основных критериев оценки адаптивных возможностей организма и состояния здоровья человека.
**Цель исследования.** Изучить возрастные изменения функциональных показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) у школьников из числа коренных малочисленных народов Севера-Востока России.
**Методы.** В 2021–2023 гг. проанализировали основные показатели сердечно-сосудистой системы 174 девочек и 196 мальчиков из числа коренных малочисленных народов Севера (эвены, коряки, ительмены) — 62,5% всех обследованных (592 человека). В состоянии покоя в положении сидя троекратно регистрировали артериальное давление и частоту сердечных сокращений автоматическим тонометром «Nissei DS–1862» (Япония). По общепринятым методикам рассчитывали следующие показатели: минутный и ударный объём крови, общее периферическое сопротивление сосудов, вегетативный индекс Кердо, сердечный индекс, тип саморегуляции кровообращения, индекс функциональных изменений.
**Результаты.** Наиболее высокие темпы функционального развития системы кровообращения у мальчиков наблюдают в возрасте 13–16 лет, тогда как для девочек характерны более ранние изменения — в 10–11 лет с продолжением до юношеского возраста. В возрастной динамике на фоне изменений всех рассматриваемых показателей отсутствует устойчивая тенденция к снижению частоты сердечных сокращений. В подростковом возрасте выявлена высокая доля лиц с тахикардией и симпатической активностью вегетативной нервной системы. Мальчики в возрасте 14–15 лет опережают девочек по ударному объёму крови, в 16–17 лет — по систолическому артериальному и пульсовому давлению. У девочек выше средневозрастные значения диастолического АД в 14–15 лет и общего периферического сопротивления сосудов в 14 лет. Вне зависимости от пола преобладал сердечный тип саморегуляции кровообращения. В возрастных группах превалировал гиперкинетический тип кровообращения, за исключением 17-летних мальчиков с эукинетическим типом кровообращения.
**Заключение.** Возрастные изменения функционального развития системы кровообращения у школьников из числа аборигенного населения проходят на фоне удовлетворительной адаптации, однако при напряжённости механизмов регуляции при кратковременном воздействии факторов внешней среды.

**Ключевые слова:** школьники; коренные малочисленные народы Севера; функциональные показатели сердечно-сосудистой системы, Северо-Восток России.

**КАК ЦИТИРОВАТЬ:**
Лоскутова А.Н. Возрастные особенности функционального развития системы кровообращения у школьников — представителей коренных малочисленных народов Северо-Востока России: одномоментное исследование // Экология человека. 2025. Т. 32, № 4. С. XX–XX. DOI: 10.17816/humeco678605 EDN: JMUCAG

Рукопись поступила: 16.04.2025
Рукопись одобрена: 23.06.2025
Опубликована online: 02.07.2025

Accepted for publication

Экология человека | Ekologiya cheloveka (Human Ecology)
Оригинальное исследование | Original study article
DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

# Age-related features of circulatory system functional development in schoolchildren from indigenous ethnic groups of Northeastern Russia: a cross-sectional study

Alesya N. Loskutova
"Arctic" Research Center, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

## ABSTRACT

***BACKGROUND:*** Alterations in the performance of the cardiovascular system serve as a crucial indicator of an individual's capacity for adaptation and overall health.
***AIM****:* To explore the age-specific modifications in functional parameters of the circulatory system among school-aged children from indigenous populations in the North, with a particular focus on the Magadan region.
***METHODS:*** In the period between 2021–2023, we conducted an analysis of indicators of the cardiorespiratory system in a sample of 370 individuals, comprising 174 young women and 196 young men from the indigenous populations of the North, specifically the Even, Koryak, and Itelmen communities. This group represented 62.5% of the total cohort of 592 participants.
During the resting state, blood pressure and heart rate were measured three times using an automatic «Nissei DS-1862» tonometer manufactured in Japan. Utilizing standard calculation techniques, a comprehensive range of parameters were determined, including minute and stroke volumes of blood, overall peripheral vascular resistance, the Kerdo vegetative index, cardiac output, the type of circulatory autoregulation, and the index of functional alterations.
***RESULTS:*** The findings indicate that in boys, the peak rates of functional development of the circulatory system occur between the ages of 13 and 16, while in girls, changes typically begin earlier, at 10–11 years, with a subsequent prolongation into adolescence. In terms of age dynamics, there is a lack of a consistent trend towards a decrease in heart rate, despite changes in all considered indicators. During adolescence, a significant proportion of individuals exhibit tachycardia and an increased sympathetic activity of the autonomic nervous system. Boys aged 14–15 demonstrate superiority in terms of stroke volume of blood compared to girls, while at the age of 16–17, they also surpass them in terms of systolic arterial and pulse pressure. On the other hand, girls exhibit higher average values, diastolic blood pressure between 14 and 15, and total peripheral vascular resistance at the age of 14. Regardless of gender, a predominant type of cardiac self-regulation of blood circulation is observed. The hyperkinetic pattern of blood circulation predominated in the examined age groups, with the sole exception of 17-year-old males, who exhibited the eukinetic profile of blood circulation.
***CONCLUSION:*** In summary, the age-related transformations in the functional evolution of the circulatory system among school-aged individuals from the indigenous population occur within the context of satisfactory adaptation, albeit under the strain of its adaptive capacity to brief environmental perturbations.

**KEYWORDS**: school-aged children; indigenous small-numbered peoples of the North, functional indices of the cardiovascular system, Northeastern Russia.

**TO CITE THIS ARTICLE:**
Loskutova AN. Age-related features of circulatory system functional development in schoolchildren from indigenous ethnic groups of Northeastern Russia: a cross-sectional study. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2025;32(4):XX–XX. DOI: 10.17816/humeco678605 EDN: JMUCAG

Received: 16.04.2025
Accepted: 23.06.2025
Published online: 02.07.2025

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

Accepted for publication

Экология человека | Ekologiya cheloveka (Human Ecology)
Оригинальное исследование | Original study article
DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

## ОБОСНОВАНИЕ

В настоящее время население Магаданской области преимущественно составляют потомки пришлых славян, представители 1–3-го поколений (европеоидные уроженцы). Среди юношей Магадана — аборигенов (лат. *ab origine* — от начала), мигрантов и «укоренённых» европеоидов, исследователи отмечают процессы сближения ряда физиологических параметров. Авторы рассматривают эти процессы как определённую стадию конвергентной адаптации. При этом каждая популяция формирует свой характерный экологический портрет [1, 2]. Проблема адаптации коренных малочисленных народов Севера (аборигенного населения) представляет теоретический и практический интерес. Изучение влияния окружающей среды и урбанизации на детский организм сохраняет свою актуальность в исследованиях возрастной и этнической физиологии [3]. Это обусловлено тем, что рост и развитие организма ребёнка имеют различную биологическую природу и механизмы обеспечения: ростовые процессы приводят к пропорциональным изменениям, а развитие функциональных систем к качественным изменениям в регуляции организма [4].

В условиях окружающей среды происходят трансформации в развитии детей, формирующие оптимальные морфофункциональные свойства организма. Регуляторные изменения ССС выступают одними из главных критериев оценки адаптационных возможностей организма. Доказано влияние широтного фактора на формирование артериальной гипертензии и напряжение регуляторных систем у подростков-европеоидов [5–7]. Также существует гипотеза о влиянии природно-климатических условий на формирование морфофункциональных признаков у подростков из числа коренных малочисленных народов, проживающих в различных зонах Севера (Красноярский край, Республика Саха (Якутия)) [8]. В Магаданском регионе среди мальчиков-аборигенов подросткового и юношеского возраста отмечают значительный процент случаев симпатотонии, сопровождающейся сниженными адаптационными возможностями организма [9]. Психофизиологические показатели аборигенов демонстрируют меньшую подвижность и неуравновешенность нервной системы по сравнению со среднеширотными нормами [10]. Функциональные возможности регуляторных систем детей в процессе роста и развития зависят от природно-климатических, социально-экономических и прочих факторов региона проживания.

### Цель исследования

Изучить возрастные изменения функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у школьников из числа коренных малочисленных народов Севера-Востока России.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено одноцентровое одномоментное исследование, включавшее анализ показателей сердечно-сосудистой системы у школьников — коренных жителей Северо-Востока России (укоренённые европеоиды, аборигенное население).

### Условия проведения исследования

В период с 2021 по 2023 год зарегистрировали показатели сердечно-сосудистой системы у 592 школьников в весенний период (март-апрель). Исследование проводили на базе медицинского кабинета муниципальной общеобразовательной школы в посёлке городского типа Эвенск (Магаданская область, Северо-Эвенский район).

### Критерии соответствия (отбора)

*Критерии включения:*

- школьники в возрасте 7–18 лет;
- коренные жители Севера-Востока России;
- согласие законных представителей ребёнка и самого ребёнка на обследование;
- отсутствие диагностированных неврологических, психических и хронических соматических заболеваний;
- троекратное измерение исследуемых показателей.

*Критерии невключения:*

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

- наличие хронических заболеваний (особенно ЦНС, эндокринной и сердечно-сосудистой систем);
- приём лекарств, влияющих на когнитивные и моторные функции (антидепрессанты, седативные, стимуляторы и др.).

*Критерии исключения:*

- отсутствие данных испытуемого в нужной повторности.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом НИЦ «Арктика» ДВО РАН (заключение № 002/021 от 26.11.2021).

*Подбор участников в группы*

Согласно цели исследования, на основании социального паспорта классов были сформированы половозрастные группы по этнической принадлежности (эвены, коряки, ительмены). После исключения 28 детей (недостаток данных частоты сердечных сокращений — 4,7% общей выборки) сформирована выборка из 370 участников (196 мальчиков, 174 девочки — 62,5% соответственно). Распределение участников по возрасту и полу проводили согласно антропологическому принципу (мальчики/девочки): 8 лет (от 7 лет 6 месяцев до 8 лет 5 месяцев 29 дней) — 23/14; 9 лет — 22/11; 10 лет — 14/14; 11 лет — 12/12; 12 лет — 15/21; 13 лет — 19/29; 14 лет — 21/24; 15 лет — 23/14; 16 лет — 20/16, 17–18 лет — 27/19.

## Целевые показатели исследования

*Основной показатель исследования*

Основными показателями исследования стали возрастные изменения параметров ССС у школьников — коренных жителей Северо-Востока России. Анализировали следующие базовые гемодинамические показатели: систолическое артериальное давление (САД, мм рт. ст.), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт. ст.), частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин). Также рассчитывали показатели функциональных компонентов гемодинамики.

*Дополнительные показатели исследования*

Дополнительно в исследовании провели сравнительный анализ типа саморегуляции кровообращения (ТСК) и индекса функциональных изменений (ИФИ, балл) в разных возрастных группах [11–13].

## Методы измерения целевых показателей

Для оценки сердечно-сосудистой системы у школьников троекратно регистрировали в положении сидя САД, ДАД и ЧСС. Измерения проводили автоматическим тонометром «Nissei DS-1862» (Nihon Seimitsu Sokki Co., Ltd, Япония). Показатели рассчитывали по следующим формулам:

1. ударный объём (УО, мл):
   a. для детей ≥15 лет: УО = [(101 + 0.5 × ПД) - 0.6 × ДАД] - 0.6 × В;
   b. для детей <15 лет: УО = [(40 + 0.5 × ПД) - (0.6 × ДАД)] + 3.2 × В,
   где ПД = САД - ДАД, ПД — пульсовое давление, мм рт. ст.; В — возраст, лет;
2. вегетативный индекс Кердо (ВИК): ВИК = (1 - ДАД/ЧСС) × 100;
3. общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин×с×см$^{-5}$): ОПСС = (ДАД + 0.42×ПД) × 79980/МОК, где МОК = УО × ЧСС, МОК — минутный объём кровообращения, л/мин;
4. сердечный индекс (СИ, л/(мин×м$^2$)): СИ = МОК/S, где S — площадь тела по Дюбуа;
5. тип саморегуляции кровообращения (ТСК): ТСК = (ДАД/ЧСС) × 100.

## Анализ чувствительности

Анализ чувствительности в исследовании не проводили.

## Статистические процедуры

Размер выборки предварительно не рассчитывали. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Для проверки выборки на нормальность распределения использовали тест Шапиро–Уилка. При соблюдении нормального распределения переменных применяли параметрические методы анализа данных: для сравнения независимых выборок *t*-критерий Стьюдента, *F* — однофакторный анализ (ANOVA), при несоблюдении нормального распределения — Манна–Уитни (U), критерий Краскела–Уоллиса (H) соответственно. Для сравнения долей рассчитывали критерий $\chi^2$ с поправкой на непрерывность Йетса. Результаты представлены в виде M±m, где M — выборочное среднее, m — ошибка

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

среднего; или в виде Me (Q1; Q3), где Me — медиана, Q1 и Q3 — 25-й и 75-й процентиль соответственно. Различия считали значимыми при $p$ <0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Выборка

В исследование включены 370 детей коренных малочисленных народов Севера (эвены, коряки, ительмены), из которых 196 мальчиков и 174 девочки (62,5% общей выборки).

### Основные результаты исследования

В возрасте 7–18 лет у детей закономерно увеличивались САД, УО и МОК (F=4,1–29,6; $p$ <0,001), ДАД (F=2,5–2,8; $p$ <0,01), ПД (F=2,2–4,4; $p$ <0,05), при уменьшении ОПСС и ВИК (F=2,9–6,4; $p$ <0,01) (табл. 1). Однако темпы возрастных изменений носили неравномерный и гетерохронный характер. Абсолютный прирост САД у мальчиков был более значительным (16,8 мм рт. ст.) по сравнению с девочками (11,7 мм рт. ст.), тогда как изменения ДАД были сопоставимы (8,3 и 7,5 мм рт. ст. соответственно). Статистически значимое повышение ДАД зафиксировали только у девочек в 14 лет и у мальчиков в 16 лет по сравнению с младшими возрастными группами. При этом ДАД у девочек 14–15 лет достоверно превышали таковые у мальчиков. По САД наблюдали противоположные различия в 16 и 17 лет, что также отразилось на динамике ПД в сравниваемых группах. Изменения ЧСС отличались вариабельностью показателей при статистически незначимом снижении: у мальчиков на 8,33 уд./мин (F=1,3; $p$=0,251) и у девочек на 3,75 уд./мин. (F=1,7; $p$=0,091). Половые различия отсутствовали, несмотря на увеличение ЧСС у 15-летних девочек относительно младшей возрастной группы.

Показатели сердечной деятельности, такие как УО и МОК, увеличились у мальчиков на 24,4 мл и 1,3 л/мин, у девочек — 23,0 мл и 1,8 л/мин соответственно. У мальчиков средневозрастные показатели УО и МОК преобладали в 14 и 15 лет по отношению с младшими возрастными группами, тогда как среди девочек наблюдали разновременность изменений: увеличение УО происходило в 11, 13, 15 лет и МОК — в 11, 15, 16 лет соответственно. Половые различия выявлены только по показателю УО в 14 и 15 лет, при этом у мальчиков значения оказались выше.

Одним из ключевых параметров системы кровообращения является общее периферическое сопротивление сосудов, отражающее сопротивление резистивных сосудов току крови и проходимость прекапиллярного русла. С возрастом данный показатель закономерно снижается: у мальчиков на 174 дин×с×см$^{-5}$, а у девочек — на 300 дин×с×см$^{-5}$. Возрастные изменения ОПСС наблюдали у девочек в 11 и 15 лет относительно младших возрастных групп, у мальчиков — в 16 лет. Необходимо отметить, что возрастные изменения ОПСС происходят неравномерно, половые различия зафиксированы только в 14 лет, которые значимо больше у девочек.

### Дополнительные результаты исследования

В возрастных группах средние значения свидетельствуют о гиперкинетическом типе кровообращения (СИ более 3,5 л/(мин×м$^2$)), за исключением 17-летних юношей, для которых характерен эукинетический тип кровообращения (СИ от 2,7 до 3,5 л/(мин×м$^2$)). Во всех возрастах преобладает сердечный тип саморегуляции кровообращения (ТСК <90 усл. ед.), однако наблюдается внутригрупповая вариативность значений (рисунок 1).

### Нежелательные явления

Нежелательных явлений отмечено не было.

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Резюме результатов исследования

По результатам исследования, наибольшие изменения ССС происходят у мальчиков в подростковый период, тогда как у девочек установили более раннее начало (10–11 лет) и последующей пролонгацией до юношеского возраста. Темп пубертатных перестроек и процессов морфофункционального созревания органов и систем организма мальчиков и девочек различен и имеет особенности в регуляции возрастных изменений. Сердечно–сосудистая система наиболее уязвима в период интенсивного роста, поскольку развитие артериального звена сосудистой сети отстаёт от темпов увеличения размеров сердца, а рост сердца не успевает за увеличением общего объёма тела [4].

### Интерпретация результатов исследования

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

При сопоставлении показателей гемодинамики у мальчиков с темпами прироста длины и массы тела [14] определили синхронные изменения средневозрастных показателей САД, УО, МОК в возрасте 13–16 лет, совпадающие с пубертатным скачком роста в 14–15 лет. У девочек интенсивное увеличение средневозрастных показателей УО, МОК и снижение ОПСС происходит в два периода: первый — в 10–11 лет, что соответствует периоду интенсивного изменения общих размеров тела, а второй — в 14–15 лет. Увеличение САД в 13–14 лет у мальчиков на 7,1 мм рт. ст. и у девочек на 6,9 мм рт. ст. влияет на дальнейшие изменения ПД. Согласно данным, половые различия наблюдаются в 14–15 лет по показателю УО, в 16–17 лет по САД и ПД, при этом средневозрастные значения этих параметров у мальчиков выше.

В ряде исследований [15, 16] установили более низкие значения АД и меньшую распространенность отклонений АД от нормы у представителей коренных малочисленных народов Севера (ханты) по сравнению с данными российских клинических рекомендаций и региональных нормативов, разработанных для пришлого населения ХМАО-Югры. В то же время О.Л. Нифонтова [17] установила, что в среднем и старшем школьном возрасте показатели АД у коренных жителей близки к значениям у потомков пришлого населения.

Согласно региональным исследованиям [18], у школьников из числа уроженцев-европеоидов г. Магадана наиболее высокие темпы функционального развития ССС наблюдают в возрасте 11–16 лет у мальчиков и в 11–13 лет у девочек. Во всех возрастных группах у мальчиков регистрируют более высокие значения УО и сердечного выброса. В 14–17 лет они опережают девочек по показателям САД и мощности сокращения левого желудочка. У девочек средневозрастные значения ЧСС, ДАД и ОПСС выше [18]. Показатели АД у девочек-аборигенов были сопоставимы с региональными нормативами, за исключением более высоких значений ДАД у девочек-европеоидов в 13 лет (68,8±0,7 мм рт. ст.). Средневозрастные значения САД только у 16–17-летних мальчиков-аборигенов были меньше, чем у сверстников-европеоидов — 125,0±1,33 и 126,7±1,30 мм рт. ст. соответственно [18]. Вероятно, наблюдаемое сближение показателей АД различных этнических групп связано с увеличением темпа приростов продольных размеров тела у школьников из числа аборигенного населения, что подтвердило предыдущее исследование [14]. Именно в подростковом возрасте часто манифестирует артериальная гипертензия и повышается доля лиц с высоким нормальным АД (показатели между 90-м и 95-м процентилями) [19]. По региональным данным среди 11–17-летних уроженцев-европеоидов значения АД, близкие к верхней границе нормы, зарегистрированы у 11,3% мальчиков и 10,3% девочек, а у 11,5 и 9,5% школьников соответственно была выявлена гипертензия [18]. Распределение показателей АД [19] в сопоставимых возрастных группах мальчиков и девочек из числа аборигенного населения показало, что значения близкие к верхней границе нормы наблюдают у 13,0 и 8,1%, тогда как превышающие 95-й процентиль распределения — у 8,7 и 8,1% соответственно.

К выявленным особенностям функционального состояния ССС у обследованных мальчиков и девочек следует отнести отсутствие направленной возрастной динамики снижения ЧСС, а также высокие показатели в подростковом возрасте (более 80 уд./мин). Тахикардию в состоянии покоя зарегистрировали у 34,8% мальчиков и 33,1% девочек из числа аборигенного населения, что значимо больше по отношению к аналогичным показателям у 11–17-летних уроженцев-европеоидов — 18,0 и 20,2% соответственно [18]. Высокую частоту отклонений ЧСС от нормы у детей и подростков из числа коренных малочисленных народов Севера России отмечали и в других исследованиях [8, 16]. Недостаточное снижение ЧСС в процессе полового созревания ребенка может быть связано с тем, что наряду с возрастным усилением холинэргических влияний на ССС, в период формирования симпатоадреналовой системы сохраняется выраженное влияние симпатической регуляции [4]. Наши данные подтверждают положительные значения вегетативного индекса Кердо у школьников из числа аборигенного населения. При этом в рассматриваемый период онтогенеза наблюдается снижение значений средневозрастного показателя у мальчиков и девочек с 32 усл. ед. до 14 и 18 усл. ед. соответственно, что указывает на усиление парасимпатических влияний нервной системы на все важнейшие функции детского организма. Однако на этапе ростового скачка у 14-летних мальчиков проявление симпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС) было более выраженным, чем у девочек, тогда как в 17 лет половые различия приобрели противоположную направленность.

Известно, что изменения УО в процессе роста и развития ребёнка происходят пропорционально анатомо-физиологическим особенностям возрастной эволюции сердца — увеличению его массы и объёма, формированию сократительного миокарда, нарастанию объёма сердечных полостей [4]. По нашим данным максимум УО достигает у обследуемых в возрасте 15 лет, при этом у мальчиков после ростового скачка эти показатели статистически значимо больше [14]. В последующих

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

возрастных группах значение УО незначительно снижается и половых различий не наблюдают. Согласно исследованиям [18] у уроженцев-европеоидов с возрастом увеличивается УО и имеет четкие половые различия, достигая максимальной величины в 17 лет у мальчиков (92,6±2,3 мл) и девочек (65,2±1,7 мл). Средневозрастные значения УО 17-летних мальчиков-аборигенов ниже региональной возрастной нормы для уроженцев-европеоидов, тогда как у девочек наблюдают обратную тенденцию. Высокие значения МОК, обусловленные как ростом УО, так и высокой ЧСС, свидетельствуют о неэкономном и энергозатратном уровне функционирования сердечно-сосудистой системы [20].

По нашим данным, гиперкинетический тип кровообращения встречается у 70,9% мальчиков и 69,9% девочек. В возрастной динамике только у мальчиков-аборигенов отмечается тенденция к увеличению числа лиц с эукинетическим типом кровообращения, тогда как у девочек максимум наблюдают в 13–14 лет (11 чел.), а в старших возрастных группах их количество снижается (1–7 чел.). В исследовании А.А. Говорухиной и К.С. Коньковой [16] установлено, что гиперкинетический тип кровообращения у 8–17-летних детей-ханты встречался чаще, чем в группах потомков пришлого населения. Доказано, что гемодинамическое и вегетативное обеспечение уровня функционирования ССС у лиц с различными типами кровообращения (гипо-, эук- и гиперкинетический) реализуется по-разному. При гиперкинетическом типе гемодинамическое обеспечение фонового уровня функционирования происходит за счёт увеличения УО и МОК на фоне повышенных значений ЧСС и САД, высокой активности симпатотонического звена ВНС и центрального регуляторного контура. При гипокинетическом типе гемодинамики в регуляции системы кровообращения преобладает сосудистый компонент и активность парасимпатического отдела ВНС. При эукинетическом типе центральной гемодинамики показатели состояния ССС и вариабельности сердечного ритма занимают промежуточное состояние [21].

На фоне возрастных соматических и кардиогемодинамических изменений мальчики и девочки из числа аборигенного населения демонстрируют удовлетворительную адаптацию (ИФИ <2,6 балла) [12]. Однако исследование обнаружило особенности адаптации по ТСК, позволяющие оценить уровень напряжения в регуляции ССС. Наиболее сбалансированную саморегуляцию кровообращения отражает сердечно-сосудистый ТСК (90–110 усл. ед.). Изменение регуляции кровообращения в сторону превалирования сосудистого компонента (ТСК >110 усл. ед.) свидетельствует о ее экономичности и повышении функциональных резервов ССС для обеспечения долговременной адаптации. В то же время смещение в сторону сердечного компонента (ТСК <90 усл. ед.) указывает на нарушения в функционировании и обеспечении адаптации к кратковременным воздействиям внешних факторов [11].

При исследовании 13–16-летних мальчиков–европеоидов — коренных жителей Магаданской области — обнаружили тенденцию к более высокой ЧСС и преобладанию сердечного типа саморегуляции (63,7%) по сравнению с московскими сверстниками (44,4%) [22]. Наши данные в сопоставимой возрастной группе также выявили превалирование сердечного типа саморегуляции у 76,5% мальчиков и у 67,5% девочек, тогда как сердечно-сосудистый ТСК наблюдали у 19,8 и 28,9% соответственно.

В возрастной динамике только у мальчиков можно отметить тенденцию к увеличению доли школьников с сердечно-сосудистым ТСК, что согласуется с результатами исследований мальчиков-европеоидов [23]. Среди 8–16-летних девочек распространенность сердечного и сердечно-сосудистого ТСК имеет инвертированную U-образную зависимость (рис. 1,b). При этом если максимум частоты сердечного ТСК у 12–13-летних девочек связан с интенсивными соматическими изменениями и несовершенством механизмов регуляции кровообращения, то в 17 лет данный тип функционального обеспечения отражает негативные аспекты адаптации. Выявленные особенности распределения сердечного и сердечно-сосудистого ТСК у девочек могут объясняться тем, что на фоне раннего пубертатного соматического созревания происходит более продолжительное функциональное развитие системы кровообращения. Именно поэтому их адаптационные возможности организма требуют повышенной мобилизации функциональных резервов по сравнению с мальчиками.

## Ограничения исследования

Проведённое одномоментное исследование, не позволяет проследить индивидуальную динамику изменений показателей сердечно-сосудистой системы у детей в процессе роста и развития. Кроме того, следует учитывать следующие ограничения:

Copied for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

- относительно небольшая выборка (370 школьников), особенно в отдельных возрастных подгруппах;
- расчётные методы определения показателей, имеющие меньшую точность значений по сравнению с данными аппаратно-программных комплексов неинвазивного исследования центральной гемодинамики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты отражают общие закономерности развития сердечно-сосудистой системы ребёнка в онтогенезе. Наиболее высокие темпы функционального развития системы кровообращения у школьников происходят в возрасте 13–16 лет у мальчиков, тогда как у девочек изменения начинаются раньше — в 10–11 лет, с продолжением до юношеского возраста.

К выявленным особенностям функционального развития системы кровообращения у мальчиков и девочек следует отнести отсутствие устойчивой тенденции к снижению ЧСС, а также высокую долю подростков с тахикардией. В состоянии относительного покоя у школьников регуляция хронотропной функции сердца характеризуется физиологической гиперфункцией симпатоадреналовой системы, которая снижается с возрастом. Также отличительной чертой в обеспечении системы кровообращения является более ранее увеличение объёмных параметров гемодинамики (ударного и минутного объёма крови) у девочек по отношению к мальчикам. до подросткового возраста половые различия обеспечения системы кровообращения отсутствуют. Однако, в возрасте 14–15 лет у мальчиков выше средневозрастные значения УО, а в 16–17 лет показатели САД и ПД. У девочек показатели диастолического АД в 14–15 лет и общего периферического сопротивления сосудов в 14 лет выше, чем у мальчиков.

Вне зависимости от пола преобладал сердечный тип саморегуляции кровообращения. Превалировал гиперкинетический тип кровообращения, за исключением 17-летних мальчиков, у которых чаще встречали эукинетический тип кровообращения. В возрастной динамике увеличение оптимальных вариантов саморегуляции системы кровообращения (эукинетического типа кровообращения и сердечно-сосудистого ТСК) наблюдали только у мальчиков-аборигенов. Это можно считать благоприятной тенденцией адаптивных возможностей сердечно-сосудистой системы. Среди 8–16-летних девочек распространенность данных вариантов кровообращения имела инвертированную U-образную зависимость с максимумами по СИ в период 13–14 лет и по ТСК в 14 лет с последующим снижением к юношескому возрасту. При сохранении у девочек конституциональных особенностей арктической популяции, наблюдается тенденция к снижению функциональных резервов сердечно-сосудистой системы в обеспечении адаптации.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов**. А.Н. Лоскутова — концепция и дизайн исследования, анализ данных и интерпретация результатов исследования, написание текста. Автор
подтверждает соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведения исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Этическая экспертиза.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом НИЦ «Арктика» ДВО РАН (заключение № 002/021 от 26.11.2021).

**Согласие на публикацию.** Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

**Источники финансирования**. Работа выполнена за счёт бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН в рамках темы «Изучение межсистемных и внутрисистемных механизмов реакций в формировании функциональных адаптивных резервов организма человека «северного типа» на разных этапах онтогенеза лиц, проживающих в дискомфортных и экстремальных условиях с определением интегральных информативных индексов здоровья» (рег. номер АААА-А21-121010690002-2).

**Раскрытие интересов**. Автор заявляет об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

**Заявление об оригинальности.** При создании настоящей работы автор не использовала ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

**Доступ к данным.** Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.
**Генеративный искусственный интеллект.** При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.
**Рассмотрение и рецензирование.** Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution**. A.N. Loskutova — research conception and design, data analysis and interpretation, manuscript writing. The author confirms compliance with the ICMJE authorship criteria (all authors made significant contributions to the study conception, research execution, and article preparation, and approved the final version prior to publication).
**Ethics approval.** The study was approved by the Local Ethics Committee of the Research Center "Arktika", Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (approval No. 002/021 dated 26.11.2021).
**Consent for publication.** All participants voluntarily signed informed consent forms prior to inclusion in the study.
**Funding sources.** This work was supported by state budget funding of the Research Center "Arktika", Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, as part of the research program "Study of intersystem and intrasystem mechanisms in the formation of functional adaptive reserves of the 'northern type' human organism at different ontogenetic stages among residents of discomfort and extreme environments with determination of integral informative health indices" (registration No. AAAA-A21-121010690002-2).
**Competing interests.** The author declares no relationships, activities, or interests over the past three years involving third parties (commercial or non-commercial) that could be affected by the article's content.
**Statement of originality.** In creating this work, the author did not use any previously published materials (text, illustrations, data).
**Data availability statement.** The journal's data sharing policy does not apply to this work as no new data were collected or generated.
**Generative AI.** No generative AI technologies were used in the creation of this article.
**Provenance and peer-review.** This manuscript was submitted voluntarily and underwent standard peer review, including evaluation by two external reviewers, an editorial board member, and the journal's scientific editor.

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Sukhanova IV, Maximov AL, Vdovenko SI. Peculiarities of adaptation observed in young male residents of Magadan region: morphofunctional changes (Report 1). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2013;20(8):3–10. DOI: 10.17816/humeco17313 EDN: RAHIVV
2. Sukhanova IV, Maximov AL, Vdovenko SI. Peculiarities of adaptation in young male residents of Magadan region: analysis of intersystem functional relations (Report 2). *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(6):8–15. DOI: 10.17816/humeco17226 EDN: SEPUJN
3. Agadzhanyan NA, Makarova II. Ethnic aspect of adaptative physiology and population morbidity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014;21(3):3–13. DOI: 10.17816/humeco17248 EDN: RYIEWT
4. Bezrukikh MM, Sonkin VD, Farber DA. *Age physiology (Physiology of child development)*. Moscow: Akademiya; 2003. (In Russ.) ISBN: 978-5-7695-3742-4 EDN: KPPDZ
5. Astahova TA, Rychkova LV, Pogodina AV, et al. Status of health of adolescents of main ethnic groups of Eastern Siberia. *Medical News of North Caucasus*. 2018;13(1–1):14–17. DOI: 10.14300/mnnc.2018.13004 EDN: MCQNVA
6. Demin DB, Poskotinova LV, Krivonogova EV. Age features of cardiovascular system functional parameters in adolescents living in different arctic areas. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2015;22(7):27–32. DOI: 10.17816/humeco16997 EDN: UGCJZH
7. Nadtochiy LA, Smirnova SV, Bronnikova EP. The depopulation of indigenous and small-numbered peoples and problem of preserving of ethnic groups of the north-east of hanty. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2015;22(3):3–11. DOI: 10.17816/humeco17087 EDN: TMITDX
8. Kuzhuget AA, Trusey IV, Kolpakova TV, Kirko VI. Morphofunctional parameters of adolescents of indigenous small-numbered peoples of the North from various natural climatic zones. *Journal of Medical and Biological Research*. 2019;7(4):389–398. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.389 EDN: BPULEG
9. Loskutova AN. Dynamics of changing heart rate variability in 12–17-year-old adolescents from the scanty aborigines of the north residing in the territory of Magadan region. In: *Forum «Science in the Russian North-East: fundamental and applied studies in the Northern Pacific and Arctic» Proceedings of the anniversary conference dedicated to the 60th anniversary of the N.A. Shilo Northeastern Interdisciplinary Scientific Research Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. Magadan, March 5–6, 2020*. Goryachev NA, editor. Magadan: NEISRI FEB RAS, 2020. P. 183–184. (In Russ.) EDN: BPOGJX
10. Bartosh TP, Bartosh OP. Age-related features of neurodynamic indicators in native adolescent females of Russia's Northeast. *Psychology. Psychophysiology*. 2019;12(4):71–82. DOI: 10.14529/jpps190408 EDN: FDTAHH
11. Arinchin NI, Gorbacevich AI, Kononcev VI. Short-term test for determining of blood circulation types, pre-pathological states and pathogenic forms of hyper- and hypotension. In: *Automatization of Scientific Studies: Proceedings of XI of All-Soviet Union School on Automatization of Scientific Studies*. Minsk, 1978. P. 31–34. (In Russ.) DOI: 10.1882/0016-9900-2017-96-5-466-469
12. Baevsky RM, Maximov AL, Berseneva AP. *Grounds of human ecological valeology*. Magadan: NESC FEB RAS, 2001. (In Russ.) ISBN: 5-7442-1282-5
13. Guminskiy AA, Leontyeva NN, Marinova KV. *Guidelines for laboratory classes on general and age physiology*. Moscow: Prosveshchenie Publ.; 1990. (In Russ)
14. Loskutova AN. Age-related anthropometric changes in physical development among aboriginal schoolchildren in Russia's North-East. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(12):879–889. DOI: 10.17816/humeco627050 EDN: EERZYG
15. Baitrak OA, Meshcheryakov VV, Somova TM. Comparative analysis of indicators of blood pressure in children and adolescents of foreign and indigenous population in the Middle Priobye. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2020;(2(44)):33–44. DOI: 10.34822/2304–9448-2020-2-33-40 EDN: TXJTMZ
16. Govorukhina AA, Kon'kova KS. Features of the circulatory system in 8–17-year-old children of different ethnic groups living in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra. *Journal of Medical and Biological Research*. 2021;9(2):126–137. DOI: 10.37482/2687–1491-Z050 EDN: PVIENY
17. Nifontova OL. *Systemic analysis of cardiovascular parameters in students living in Yugra* [dissertation]. Surgut, 2009. Available from: https://www.dissercat.com/content/sistemnyi-analiz-parametrov-serdechno-sosudistoi-sistemy-uchashchikhsya-yugry (In Russ.) Accessed: January 01, 2025. EDN: QETDXT

Accepted for publication

DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

18. Grechkina LI, Karandasheva VO. Age-specific features of the functional development of the circulatory system in children living in Northeastern Russia. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020;(1(334)):34–38. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-334-1-34-38 EDN: YDNUNG
19. Aleksandrov AA, Kisliak OA, Leontyeva IV, et al. Clinical guidelines on arterial hypertension diagnosis, treatment and prevention in children and adolescents. *Systemic Hypertension*. 2020;17(2):7–35. DOI: 10.26442/2075082X.2020.2.200126 EDN: MIRZHC
20. Solodkov AS, Sologub EB. *Human physiology. General. Sport. Age-specific*. Moscow: OOO Izdatelstvo Sport 2015. (In Russ.) ISBN: 978-5-9906734-0-3 EDN: XMQCPV
21. Averyanova IV, Maksimov AL. Cardiovascular profiles and heart rate variability observed in young male residents of Magadan region having different hemodynamic types. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;(40):132–149. DOI: 10.17223/19988591/40/8 EDN: ZWDSFV
22. Grechkina LI. Comparative investigations regional features of the functioning of the cardiovascular system observed in adolescent male residents of cities of Magadan and Moscow. *Hygiene and Sanitation*. 2017;96(5):466–469. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-5-466-469 EDN: YSQDHV
23. Grechkina LI. Typological peculiarities of the cardiovascular system functioning in adolescents. *Hygiene and Sanitation*. 2018;97(10):962-966. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-10-962-966 EDN: YOCQXR

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / AUTHORS' INFO


| *Автор, ответственный за переписку: | *Corresponding author |
|---|---|
| ***Лоскутова Алеся Николаевна**, канд. биол. наук;<br>адрес: Россия, 685000, Магадан, пр. Карла Маркса, 24;<br>**ORCID**: 0000-0001-5350-8893;<br>**eLibrary SPIN**: 2570–0124;<br>**e-mail**: lesa82@inbox.ru | ***Alesya N. Loskutova**, Cand. Sci. (Biology)<br>address: 24 avenue Karl Marx, Magadan, 685000, Russia;<br>**ORCID**: 0000-0001-5350-8893;<br>**eLibrary SPIN**: 2570–0124;<br>**e-mail**: lesa82@inbox.ru |


Accepted for publication

Экология человека | Ekologiya cheloveka (Human Ecology)
Оригинальное исследование | Original study article
DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

Accepted for publication

## ТАБЛИЦЫ

**Таблица 1.** Возрастная динамика гемодинамических показателей у школьников, проживающих в Магаданской области

**Table 1.** Age dynamics of hemodynamic indices of school-age adolescents residing in Magadan Oblast

| Показатель/ Indicator | Пол Gender | Возраст, лет \| Age (years) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| [1] САД, мм рт. ст./ [1] SBP (mm Hg) | М / B | 103,8±1,49 | 102,3±1,63 | 105,6±1,71 | 108,1±2,39 | 104,1±2,63 | 105,4±2,76 | 112,5±2,23 | 115,4±2,85 | 118,1±2,25 | 120,6±1,95 |
| | Д / G | 99,3±2,73 | 99,1±2,25 | 100,7±2,00 | 101,4±2,61 | 104,6±2,00 | 106,4±2,58 | 113,3±2,54 | 115,6±3,70 | 106,8±3,28$^{\beta}$ | 111,0±2,76$^{\beta}$ |
| [1] ДАД, мм рт. ст. / [1] DBP (mm Hg) | М / B | 59,5±1,53 | 62,6±1,81 | 65,8±2,17 | 66,4±3,05 | 62,7±1,92 | 62,6±2,05 | 62,0±1,86 | 64,0±1,68 | 69,4±1,93* | 67,8±2,06 |
| | Д / G | 60,1±1,72 | 62,7±1,91 | 66,9±2,15 | 61,9±2,49 | 67,1±2,08 | 64,0±1,35 | 68,1±1,46*$^{\beta}$ | 70,4±2,21$^{\beta}$ | 68,8±1,95 | 67,6±1,86 |
| [2] ЧСС, уд. /мин / [2] HR (b/min) | М / B | 90(76;96) | 83(79;93) | 83(75;90) | 83(76;97) | 81(68;88) | 77(73;87) | 79(74;89) | 84(72;95) | 85(75;94) | 79(66;93) |
| | Д / G | 88(80;94) | 91(81;103) | 79(75;93) | 81(74;87) | 86(79;97) | 81(75;88) | 78(70;87) | 90(78;98)* | 79(76;87) | 86(76;92) |
| [1] ПД, мм рт. ст. / [1] PD (mm Hg) | М / B | 44,4±1,70 | 39,6±1,85 | 39,8±2,56 | 41,7±2,94 | 41,3±2,04 | 43,0±2,82 | 50,6±1,90* | 51,4±2,91 | 48,7±2,60 | 52,8±2,64 |
| | Д / G | 39,2±1,85 | 36,4±2,92 | 33,9±2,04 | 40,2±1,49* | 37,5±2,67 | 42,4±2,35 | 45,3±2,47 | 45,2±2,90 | 38,0±2,84$^{\beta}$ | 43,4±2,24$^{\beta}$ |
| [1] МОК, л/мин / [1] CO (L/min) | М / B | 4,5±0,17 | 4,4±0,14 | 4,4±0,17 | 4,8±0,25 | 4,9±0,20 | 5,3±0,18 | 5,9±0,18* | 6,9±0,30* | 6,2±0,26 | 5,9±0,19 |
| | Д / G | 4,3+0,19 | 4,5±0,29 | 4,1±0,18 | 4,8±0,16* | 5,0±0,26 | 5,3±0,17 | 5,3±0,24 | 6,6±0,32* | 5,6±0,26* | 6,1±0,23 |
| [1] УО, мл / [1] SV, mL | М / B | 52,0±1,54 | 50,8±1,77 | 52,6±2,37 | 56,4±3,06 | 61,9±1,67 | 65,8±2,12 | 73,2±1,67* | 79,3±2,03* | 74,1±2,16 | 76,4±2,34 |
| | Д / G | 48,7±1,27 | 49,4±2,41 | 48,8±1,96 | 58,1±1,60* | 57,2±2,43 | 64,4±1,52* | 66,6±1,64$^{\beta}$ | 72,3±1,94*$^{\beta}$ | 69±2,05 | 71,7±1,99 |
| [1] ОПСС, дин×с×см$^{-5}$ / [1] TPR (dyn×s×cm$^{-5}$) | М / B | 1434±69 | 1491±66 | 1545±83 | 1451±85 | 1330±58 | 1256±59 | 1160±53 | 1045±44 | 1187±40* | 1260±52 |
| | Д / G | 1442+66 | 1462±117 | 1643±113 | 1355±72* | 1465±163 | 1281±52 | 1354±55,9$^{\beta}$ | 1126±51,2* | 1237±65 | 1142±39 |
| [1] СИ, л/(мин×м$^2$) / [1] CI (L/(min×m$^2$)) | М / B | 4,68±0,22 | 4,23±0,16 | 4,01±0,21 | 4,16±0,19 | 3,95±0,18 | 3,87±0,16 | 4,05±0,15 | 4,26±0,18 | 3,85±0,17 | 3,48±0,14 |
| | Д / G | 4,80±0,26 | 4,67±0,26 | 3,89±0,21* | 4,01±0,17 | 3,88±0,26 | 3,87±0,20 | 3,69±0,18 | 4,37±0,22* | 3,78±1,14* | 4,00±1,15$^{\beta}$ |
| [2] ВИК, усл. ед. / [2] KVI (c.u.) | М / B | 32(24;39) | 27(24;34) | 21(14;29) | 23(21;29) | 20(14;27) | 20(16;26) | 23(10;35) | 24(13;33) | 14(7;24) | 14(6;13) |
| | Д / G | 32(26;36) | 30(23;38) | 18(14;28) | 23(20;27) | 24(12;33) | 21(12;30) | 13(3;24)$^{\beta}$ | 21(11;30) | 11(7;10) | 18(15;26)$^{\beta}$ |
| [2] ТСК, усл. ед. / [2] TSK (c.u.) | М / B | 68(61;76) | 73(66;76) | 79(70;86) | 77(70;80) | 80(70;87) | 80(72;85) | 77(65;90) | 76(66;89) | 86(76;93) | 86(80;94) |
| | Д / G | 68(62;75) | 70(61;80) | 82(71;86) | 78(72;80) | 76(67;88) | 79(70;88) | 87(75;98)$^{\beta}$ | 79(69;89) | 89(74;93) | 82(72;85)$^{\beta}$ |
| [1] ИФИ, усл. ед. / [1] FCI (c.u.) | М / B | 1,85±0,05 | 1,84±0,05 | 1,87±0,06 | 1,96±0,09 | 1,76±0,78 | 1,79±0,06 | 1,89±0,05 | 1,99±0,07 | 2,07±0,07 | 2,07±0,06 |
| | Д / G | 1,80±0,08 | 1,83±0,06 | 1,82±0,06 | 1,75±0,14 | 1,93±0,05 | 1,88±0,06 | 1,97±0,07 | 2,21±0,12 | 1,95±0,07 | 2,08±0,09 |

***Примечание***: * — различия между возрастными группами одного пола, $p$ <0,05; $^{\beta}$ — половые различия между одновозрастными группами, $p$ <0,05; [1] — параметрический критерий t-Стьюдента, M±m, где M — выборочное среднее, m — ошибка среднего; 2 — непараметрический критерий Манна–Уитни, Me (Q1; Q3), где Me — медиана, Q1 и Q3 — 25-й и 75-й процентиль соответственно. Различия считали значимыми при $p$ <0,05.

Экология человека | Ekologiya cheloveka (Human Ecology)
Оригинальное исследование | Original study article
DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

Сокращения: М — мальчики; Д — девочки; САД, мм рт. ст. — систолическое артериальное давление; ДАД, мм рт. ст. — диастолическое артериальное давление; ЧСС, уд./мин — частота сердечных сокращений; МОК, л/мин — ударный объём крови (сердечный выброс); УО, мл — ударный объём; ОПСС, дин×с×см$^{-5}$ — общее периферическое сопротивление сосудов; ПД, мм рт. ст. — пульсовое давление; ВИК, усл. ед. — вегетативный индекс Кердо. СИ, л/(мин×м$^2$) — сердечный индекс, ТСК, усл. ед. — тип саморегуляции кровообращения, ИФИ, усл. ед. — индекс функциональных изменений.

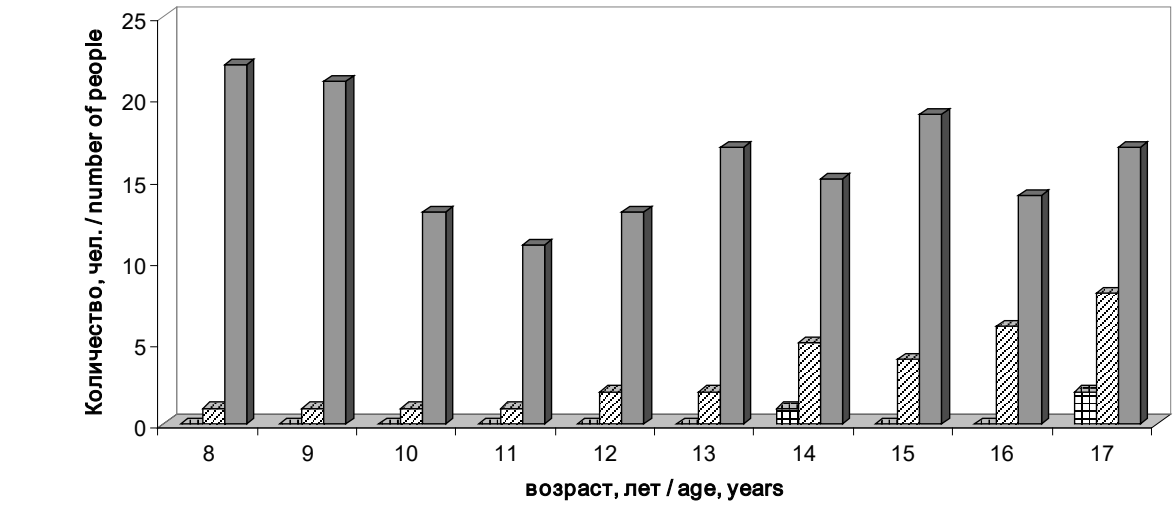
***Note***: * – — differences between age groups of the same sex; $\beta^{\beta}$ – — differences between sex groups of the same age, p <p <0,05; [1] – — parametric t-Student test, M±m, where M is sample mean, m is standard error of the mean; [2] – — nonparametric Mann-Whitney test, Me (Q1; Q3), where Me is median, Q1 and Q3 are 25th and 75th percentiles respectively. Differences were considered significant at $p$ <0.05. Md (Q1–Q3).

Abbreviations: B, boys; G, girls; SBP, systolic blood pressure, mm Hg; DBP, diastolic blood pressure, mm Hg; HR, heart rate, beats per minute; PD, pulse blood pressure, mm Hg;CO, cardiac output, L/min; SV, stroke volume, mL; TPR, total peripheral resistance, dyn×cm–5×s; KVI; CI, cardiac index, L/min/m2; Kerdo vegetative index, conventional units. TSK, types of self regulation in the blood circulating system, conventional units; FCI, index of functional changes, conventional units.

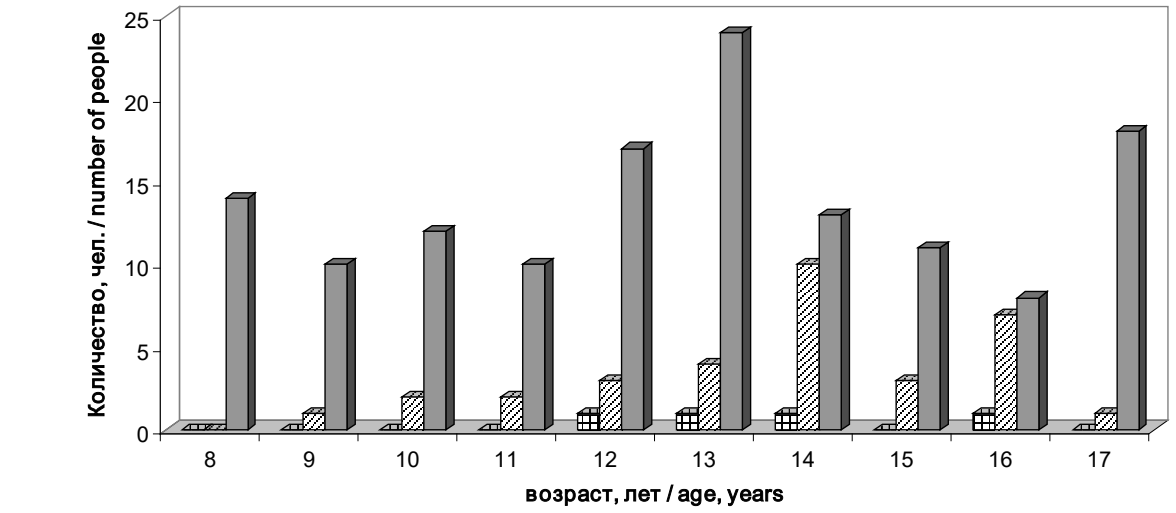
Accepted for publication

Экология человека | Ekologiya cheloveka (Human Ecology)
Оригинальное исследование | Original study article
DOI: https://doi.org/10.17816/humeco678605
EDN: JMUCAG

## РИСУНКИ




a




b

**Рис 1. Частота встречаемости различных типов саморегуляции кровообращения в возрастных группах:** *a* — у мальчиков, *b* — у девочек. Числами 8–17 обозначены возрастные группы испытуемых. ТСК — тип саморегуляции кровообращения (сплошная заливка — сердечный тип, штриховка — сердечно-сосудистый тип, перекрёстная штриховка — сосудистый тип).

**Fig 1. Frequency distribution of circulatory self-regulation types across age groups:** *a* — males, *b* — females. Numbers 8–17 indicate age groups. TSK — type of circulatory self-regulation (solid — cardiac, striped — cardiovascular, cross-hatched — vascular).

Accepted