

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА / HUMAN ANATOMY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.124>

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СИМПАТО-АДРЕНАЛОВОЙ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ

Научная статья

Щербина Ф.А.¹, Щербина А.Ф.², Щербина Ю.Ф.³, Шелков М.В.⁴, Троценко А.А.⁵*

¹ORCID : 0000-0002-0577-6866;

²ORCID : 0000-0003-2489-7978;

³ORCID : 0000-0002-1663-1670;

⁵ORCID : 0000-0002-4590-0550;

^{1,5} Мурманский арктический государственный университет, Мурманск, Российская Федерация

² Московский государственный институт культуры, Химки, Российская Федерация

^{2,3} Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Российская Федерация

⁴ Мурманский государственный технический университет, Мурманск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (trotcenko2007[at]yandex.ru)

Аннотация

Цель: изучить показатели сердечно-сосудистой и симпато-адреналовой систем у детей 7-11 лет и изменение соответствующих показателей в течение учебного года в состоянии относительного покоя и под влиянием физической нагрузки в условиях Кольского Заполярья.

Материалы и методы: функциональные пробы при дозированной физической нагрузке на велоэргометре «РИТМ», нагрузка задавалась индивидуально – 1Вт на 1 кг тела с частотой педалирования 60 оборотов в минуту и продолжительностью 3 минуты. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы исследовалось электрокардиографически и звуковым методом Короткова. Экскреция катехоламинов определялась флюорометрически.

При обследовании детей 7-11 лет выявлено, что возрастная динамика показателей сердечно-сосудистой и симпато-адреналовой систем носит нелинейный характер. При общей тенденции повышения с возрастом функциональных возможностей систем некоторые показатели изменяются волнообразно. Рост и развитие детей 7-11 лет протекают в условиях непрерывной учебной деятельности, когда на фоне нарастающего к концу учебного года утомления во всех возрастно-половых группах идет адаптивная перестройка организма. Наиболее показательна реактивность сердечно-сосудистой и симпато-адреналовой систем на дозированную физическую нагрузку, под влиянием которой усиливаются корреляционные связи между показателями двух активных систем ($p \leq 0,01$).

К концу учебного года во всех возрастных и половых группах наблюдается достоверный сдвиг всех исследуемых показателей, комплексно отражающий возрастные адаптивные изменения и нарастание утомления в условиях Кольского Заполярья.

Ключевые слова: младшие школьники, сердечно-сосудистая система, симпато-адреналовая система, физические нагрузки, адаптация, условия Заполярья.

FUNCTIONAL STATE OF SYMPATHO-ADRENAL AND CARDIOVASCULAR SYSTEMS IN PRIMARY SCHOOL CHILDREN IN THE KOLA PENINSULA CONDITIONS

Research article

Shcherbina F.A.¹, Shcherbina A.F.², Shcherbina Y.F.³, Shelkov M.V.⁴, Trotsenko A.A.⁵*

¹ORCID : 0000-0002-0577-6866;

²ORCID : 0000-0003-2489-7978;

³ORCID : 0000-0002-1663-1670;

⁵ORCID : 0000-0002-4590-0550;

^{1,5} Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russian Federation

² Moscow State Institute of Culture, Khimki, Russian Federation

^{2,3} Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation

⁴ Murmansk State Technical University, Murmansk, Russian Federation

* Corresponding author (trotcenko2007[at]yandex.ru)

Abstract

Objective: to study the indices of cardiovascular and sympatho-adrenal systems in 7-11 years old children and changes in the corresponding ones during the school year in the state of relative rest and under the influence of physical load in the conditions of Kola Peninsula.

Materials and methods: functional tests at dosed physical load on bicycle ergometer "RHYTHM", the load was set individually – 1W per 1 kg of body with pedalling frequency of 60 revolutions per minute and duration of 3 minutes. The functional state of the cardiovascular system was studied electrocardiographically and by the Korotkov sound method. Catecholamine excretion was determined fluorometrically.

The examination of 7-11 years old children showed that the age dynamics of cardiovascular and sympatho-adrenal system indices has a non-linear nature. With a general tendency of increasing functional capabilities of the systems with age, some

indices change in a wave-like manner. Growth and development of 7-11 years old children take place in conditions of continuous educational activity, when adaptive restructuring of the body takes place in all age-sex groups against the background of increasing fatigue by the end of the school year. The reactivity of the cardiovascular and sympatho-adrenal systems to dosed physical load is the most indicative, under the influence of which correlations between the indicators of the two active systems increase ($p \leq 0.01$).

By the end of the academic year in all age and sex groups there is a reliable shift in all the studied indicators, reflecting age-related adaptive changes and increasing fatigue in the conditions of Kola Peninsula.

Keywords: junior schoolchildren, cardiovascular system, sympatho-adrenal system, physical activity, adaptation, polar conditions.

Введение

Высокие широты характеризуются многочисленными экстремальными климатогеографическими факторами, которые оказывают существенное влияние на гомеостаз и организм человека в целом. Особенности изменения показателей симпатoadренальной и сердечно-сосудистой систем у детей, проживающих в Заполярье, остаются практически не изученными [9], [10], [11]. Проблема изучения адаптивного поведения ребенка в субэкстремальной среде обитания является крайне актуальной, поскольку адекватное формирование и эволюция организма может происходить только в экологически адекватной среде и понять природу явлений гораздо легче, если рассматривать их в процессе становления [1], [5].

Учебная деятельность ведет к повышению интенсивности как информационной, так и физической нагрузки, реакция на которые выходит за рамки «готовых механизмов адаптации», что требует изучения нового уровня приспособления – долговременной адаптации в условиях длительного воздействия школьной нагрузки. Именно в этом возрасте наблюдаются структурные и функциональные изменения многих систем организма, в том числе сердечно-сосудистой и нейроэндокринной, которым принадлежит особая роль в развитии ребёнка и реализации генетической программы индивидуального развития [11].

На начальных этапах обучения у детей часто проявляется неадекватная реакция: психическое напряжение, снижение содержания гемоглобина в крови и иммунной реактивности, что отражается на темпах физического развития. Исследование же нейрогуморальной регуляции показали, что на протяжении всего учебного года у младших школьников сохраняется напряженность гормональных механизмов [7]. При изучении фазовых структур сердечного цикла выявлена тенденция к неблагоприятным изменениям к концу учебного года у первоклассников. С возрастом холинергические влияния усиливаются, однако у младших школьников хронотропная деятельность сердца регулируется преимущественно симпатoadренальной системой (САС) [1], [2], [8]. К концу учебного года наблюдается снижение активности САС и нарастание влияния на сердце парасимпатического отдела вегетативной нервной системы [4], [6]. Дозированная физическая нагрузка позволяет выявить функциональные резервы ряда систем, характер их реализации в ходе адаптации и зависимость от возраста и пола. Реактивность сердечно-сосудистой системы (ССС) и САС на дозированную нагрузку у детей 7-11 лет, в динамике учебного года, в условиях Кольского Заполярья с учётом полярного дня и полярной ночи, до сих пор не исследовалась [7], [12].

Исходя из вышесказанного, была определена *цель исследования*: изучить показатели ССС и САС у детей 7-11 лет и изменение этих показателей в течение учебного года в состоянии относительного покоя и под влиянием физической нагрузки в условиях Кольского Заполярья.

Методы и принципы исследования

Были обследованы практически здоровые дети младшего школьного возраста (7-11 лет), обучающиеся в общеобразовательной школе Кольского Заполярья. Исследование проводилось по возрастно-половым группам 3 раза в год в октябре, феврале и мае. Всего обследовано 20 мальчиков и 20 девочек ($n=40$). Физическое развитие оценивалось стандартными методами. В качестве функциональной пробы использовали дозированную физическую нагрузку на велоэргометре «РИТМ». Нагрузка задавалась индивидуально для каждого обследуемого: 1Вт на 1 кг тела с частотой педалирования 60 оборотов в минуту и продолжительностью 3 минуты. Функциональное состояние ССС исследовалось электрокардиографически и звуковым методом Короткова. Экскреция катехоламинов определялась флюорометрически [3], [8]. Тестирование проводилось в лабораторных условиях в состоянии оперативного покоя в одно и то же время суток с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609 ЕС). Полученные данные статистически обработаны с помощью статистического пакета SPSS 15.0. В случае нормального распределения переменных применялись параметрический t- критерий Стьюдента для зависимых выборок, при ненормальном – непараметрический критерий Вилкоксона, связь между параметрами определялась посредством критерия ранговой корреляции Спирмена (значимая $r \geq 0,56$; $p \leq 0,01$).

Основные результаты

Показатели физического развития меняются от 7 к 11 годам по нарастающей, становясь выше с каждым годом. Изменения же с возрастом показателей ССС и САС носят волнообразный характер. С возрастом, как известно, происходит снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) и повышение показателей ударного (УОК) и минутного объемов крови (МОК).

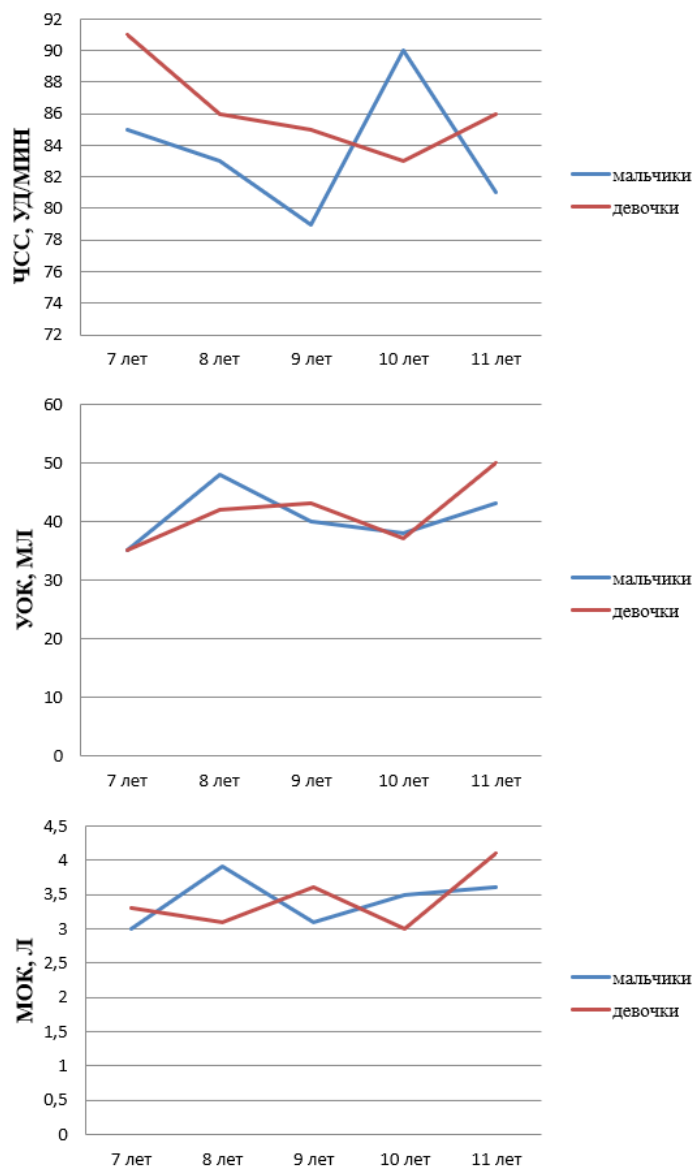


Рисунок 1 - Возрастная динамика показателей сердечно-сосудистой системы у мальчиков и девочек 7-11 лет
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.124.1>

Примечание: $n=40$

Однако, как показали исследования, возрастные изменения этих показателей носят нелинейный характер. У мальчиков к 10 годам наблюдается повышение ЧСС при наметившемся в более раннем возрасте снижении. Также замечено, что УОК и МОК у детей от 7 к 10 годам изменяются неравномерно, резко возрастая в 8 лет у мальчиков и в 9 у девочек, затем снижаются, хотя это и не нарушает общую тенденцию возрастного увеличения. При сопоставлении показателей ССС и САС в возрастной динамике с данными конца учебного года выявляется существенное расхождение. Таким образом, показатели конца учебного года отражают адаптивный сдвиг показателей функционального состояния ССС и САС. По нашим данным, к концу учебного года наблюдается снижение систолического (САД) и пульсового (ПАД) артериального давления во всех возрастно-половых группах, за исключением мальчиков первого года обучения. Сдвиги диастолического артериального давления (ДАД) достоверной величины не достигают. От начала к концу учебного года во всех возрастно-половых группах обнаружено снижение и ЧСС, более выраженное у мальчиков. К концу учебного года достоверность в годовой динамике ЧСС обнаружена у мальчиков 1,2-го и у девочек 3-го года обучения. К концу учебного года значительно увеличился УОК у мальчиков 3-го, у девочек 1-го, 2-го и 3-го года обучения, достигнув достоверной значимости в этих группах. Но достоверное увеличение сердечного выброса произошло лишь у девочек 3-го года обучения: с 3,64 до 4,41 л/мин. Тенденция к увеличению сердечного выброса обнаружена у мальчиков 3-го и у девочек 1-го года обучения; у мальчиков 1-го и 2-го классов обнаружено незначительное снижение МОК: с 3,03 до 2,76 и с 4,15 до 4,04 л/мин соответственно. У девочек 2-го года обучения этот показатель практически не изменился: с 3,19 л/мин в начале учебного года до 3,18 л/мин в конце его.

Выраженное расхождение показателей возрастных групп и годовой динамики у младших школьников дает основание говорить о существенном влиянии учебной нагрузки на ССС на данном этапе онтогенеза ребенка. Напряженный характер функционирования ССС более проявляется в конце учебного года у мальчиков 3-го и девочек 1-го и 3-го года обучения. Признаки утомления наиболее выражены у мальчиков 1-го и 2-го и девочек 2-го года обучения. В течение учебного года произошли изменения и в реактивности ССС на дозированную нагрузку. У мальчиков всех возрастных групп прирост МОК был выше в конце учебного года и обусловлен нарастанием как хроно-, так и инотропного эффекта сердца. У девочек же в конце учебного года преобладал прирост ЧСС. Прирост УОК стал несколько ниже, чем это было в начале учебного года; следствие этого – небольшое увеличение МОК на нагрузку в конце учебного года. Изменения артериального давления (АД) в ответ на нагрузку как в начале, так и в конце учебного года были достоверно значимы. Различия в приросте МАД в начале и в конце учебного года незначительны.

Повышение хронотропного эффекта сердца в ответ на нагрузку в конце учебного года – неэкономный тип реагирования ССС, как следствие гиподинамии. Таким образом, функционирование ССС у младших школьников во всех возрастных и половых группах под влиянием дозированной нагрузки в конце учебного года протекает в определенной мере в напряженном режиме. Особенно значима не только оценка функциональных возможностей системы, но и раскрытие ее резервов, что возможно при изучении регулирующих механизмов ССС, в частности САС.

Согласно нашим данным, к концу учебного года во всех возрастных и половых группах произошло снижение экскреции катехоламинов (КХ), более выраженное у мальчиков. Достоверно снизилась экскреция адреналина (А) у мальчиков всех возрастных групп и у девочек 2-го и 3-го года обучения; норадреналина (НА) – во всех возрастных группах мальчиков, а у девочек на 2-м и 3-м году обучения; дофамина (ДА) – у девочек 1-го и 2-го классов; диоксифенилаланин (ДОФА) – у мальчиков 2-го и 3-го, у девочек – 3-го года обучения.

Таблица 1 - Изменение экскреции катехоламинов под влиянием дозированной физической нагрузки у школьников 7-9 лет в течение учебного года

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.149.124.2>

Катехоламины (К А)	сезон	7 лет, кг/мин		8 лет, кг/мин		9 лет, кг/мин	
		1	2	1	2	1	2
Адреналин (А)	октябрь	3,74±0,66	9,67±1,85*	5,02±0,51	11,76± 1,39*	4,22±0,39	8,03±1,03*
	февраль	4,18±0,64	7,03±0,78*	2,95±0,93	4,81±1,24*	4,67±0,6	8,57±1,29*
	май	3,43±0,4	5,1±0,55*	2,13±0,6	3,22±0,94	3,38±0,67	7,01±1,22*
Норадреналин (НА)	октябрь	8,29±1,25	18,43±1,42*	11,48±1,42	23,50±3,08*	11,42±1,32	18,68±2,89*
	февраль	12,16±1,81	19,05±2,19*	9,64±3,02	10,10±2,65	10,19±0,85	17,9±3,43*
	май	8,92±0,93	11,18±1,46	6,04±1,32	7,35±1,46	7,41±1,52	16,02±2,98*
Дофамин (ДА)	октябрь	106,1±25,83	157,68±43,12	126,85±22,74	242,20±32,55	90,46±15,29	134,16±27,76
	февраль	124,21±28,26	137,9±19,59	122,23±29,0	232,42±73,58	66,72±16,61	88,32±22,12
	май	55,03±8,33	125,02±28,19*	41,92±5,25	75,7 ± 23,8	84,04±10,47	13,14±10,64*
Диоксифенилаланин (ДОФА)	октябрь	20,74±4,11	32,2±4,99*	30,17±3,75	47,28 ± 4,97*	24,49±1,83	4,89±3,18*
	февраль	27,71±4,96	31,14±4,41	23,83±7,32	28,27 ± 5,01	26,55±3,82	33,43±3,33
	май	16,26±2,04	26,24±4,6*	20,5±3,79	17,16±2,4	15,74±2,39	27,16 ± 3,26*

Примечание: $M \pm t$; $n=40$, $p \leq 0,01$

Наиболее существенное снижение экскреции КА обнаружено у девочек 2-го года обучения и мальчиков 3-го класса. Преимущественное снижение наблюдалось в конечных звеньях САС - А и НА. У мальчиков 1-го и 2-го, у девочек 2-го и 3-го года обучения обнаружено значительное снижение предшественников ДА и Д, что, возможно, и отражало нарастающий дефицит ДА и Д. Лишь у девочек 3-го года обучения снижение экскреции КА носило

умеренный характер во всех звеньях САС. Общим для всех возрастных и половых групп явилось снижение показателей САС к концу учебного года (результат учебного процесса и эколого-социальных факторов Заполярья). Снижение экскреции КА к концу свидетельствовало о нарастании утомления и проявлялось напряженным функционированием САС. Дозированная нагрузка выявила некоторые функциональные резервы детского организма. Реактивность САС в конце учебного года свидетельствует об отсутствии сбалансированности между звеньями синтеза (неравномерность снижения уровня прироста экскреции КА под влиянием функциональной пробы). Дозированная нагрузка выявила у мальчиков незавершенность адаптивных перестроек в организме в течение первых трех лет обучения, а также несовершенство регуляторных механизмов. Более высокие показатели сердечного выброса в ответ на нагрузку в конце учебного года и сопряженность их не только с УОК, но с возросшей ЧСС при снижении прироста КА указывает на наличие резервов ССС, на возросшую чувствительность системы к гормонам и медиаторам к одиннадцати годам (Рис. 1). При этом обнаруживается напряженное функционирование ССС и снижение резервных возможностей САС (как следствие нарастающего утомления на фоне формирующихся механизмов адаптации). Высокая реактивность ССС при снижении реактивности САС на нагрузку трактуется как экономизация в регуляторных механизмах, что служит благоприятным фоном. В конце учебного года подобная экономизация раскрывает имеющиеся у младших школьников резервы. У девочек прирост КА под влиянием дозированной нагрузки в конце учебного года отличается от прироста в начале учебного года. Прирост адреналина (А) стал ниже в 1-ом, 2-ом и 3-м классе, но у девочек 3-го класса повысился до 107,4% по сравнению с 90,3% в начале учебного года.

Почти в 5 раз снизился прирост НА у девочек 1-го и 2-го года обучения, но в 3-м классе он стал выше в 2 раза. Примечательно, что у девочек 1-го класса в конце учебного года прирост адреналина (А) и норадrenalина (НА) резко упал; столь же резко возросла экскреция ДА и почти не изменилась ДОФА. Нарушенной оказалась утилизация ДА. Динамика коэффициентов соотношения разных звеньев САС (КА) свидетельствует о возросшем уровне утилизации ДОФА, но снижения (А+НА)/ДА (особенно в звене НА/ДА), тогда как показатель А/НА повысился. Таким образом, действительно появилась уязвимость в звене ДА-НА. Реактивность САС у младших школьников как в начале, так и в конце учебного года оказалась на достаточно высоком уровне. Правда, в начале учебного года прирост А и НА был выше, чем ДА и ДОФА, тогда как в конце учебного года прирост ДА и ДОФА преобладал над А и НА. Это свидетельствует о напряжении системы, торможении подключения резервов, хотя эффективность больше всего проявлялась в усилении хронотропного эффекта сердца.

Обсуждение

В целом обнаруживается неэкономный тип реагирования на предъявленную нагрузку. Высокая реактивность и слабость звеньев САС у девочек 3-го класса дают основание говорить о значительной роли этой системы в регуляции и обеспечении высокого уровня работоспособности. Все это – свидетельство достижения определенного уровня адаптированности к условиям учебного процесса в субэкстремальной среде обитания. Анализ коррелятивных связей между исследованными параметрами позволили прийти к заключению о сопряженности САС с тотальными размерами тела ($n=40$, $r=0,87$, $p\leq 0,01$), САС – ССС ($n=40$, $r=0,73$, $p\leq 0,01$). Установлено, что в покое количество связей ССС и САС весьма ограничено; после дозированной физической нагрузки теснота связей заметно усиливается.

Все это обуславливает следующие рекомендации. При организации учебно-воспитательной работы, физической и спортивной подготовки младших школьников необходимо учитывать напряженный характер функционирования ССС и САС у детей 1-го и 2-го года обучения, а также незрелость этих систем.

Нормирование нагрузок следует соотносить с возрастом и годом обучения: на 1-ом году – умеренность и кратковременность нагрузки; на 3-м приемлем длительный режим выполнения нагрузки умеренной мощности; на 4-ом – умеренность и кратковременность в начале учебного года, в середине его – интенсивная и кратковременная нагрузка, в конце – 50% от PWC170 – адекватная нагрузка.

Заключение

1. У детей младшего школьного возраста к концу учебного года во всех возрастно-половых группах в состоянии относительного покоя имеет место снижение экскреции катехоламинов, а также их прирост в ответ на дозированную нагрузку, что оценивается как следствие систематического воздействия учебного процесса.

2. В младшем школьном возрасте преобладают временные функциональные связи между показателями сердечно-сосудистой, симпато-адреналовой системами и физическим развитием, что характеризует незрелость функциональных систем и состояние самих систем. К концу учебного года во всех возрастно-половых группах функциональные связи перестраиваются как в состоянии относительного покоя, так и после нагрузки, преимущественно ослабевают.

3. Адаптация к физической нагрузке и учебной деятельности у детей младшего школьного возраста протекает напряженно на фоне нарастающего утомления.

4. Судя по изменениям функционального состояния сердца, детям первых 3-х классов общеобразовательных школ необходимо назначать средства психофизиологического оздоровления и коррекции, особенно в конце учебного года.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Актуальные вопросы детской кардиологии для педиатров. Учебное пособие для врачей / Под. ред. С.А. Царьковой. — Екатеринбург, 2021. — 120 с.
2. Арзикулов А.Ш. Возрастно-половые особенности вариабельности сердечного ритма у младших школьников / А.Ш. Арзикулов // Молодой ученый. — 2016. — № 20 (124). — С. 63–66.
3. Ермакова И.В. Изменение глюкокортикоидной функции надпочечников у мальчиков-первоклассников в период адаптации к началу обучения в школе и в течение учебного года / И.В. Ермакова // Физиология человека. — 2002. — Т. 28. — № 1. — С. 35–41.
4. Кмить Г.В. Продолжительность отдельных фаз и периодов сердечного цикла в зависимости от типа автономной нервной регуляции сердечного ритма у детей 7-8 лет / Г.В. Кмить // Новые исследования: альманах.— 2005. — № 1. — С. 78–83.
5. Кондаков О.Э. Психофизиологические и адаптивные характеристики детей и подростков / О.Э. Кондаков, С.Н. Шилов, В.И. Кирко // Журнал Сибирского федерального университета. — 2017. — Т. 10. — № 2. — С. 312–322.
6. Псеунок А.А. Адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы детей младшего школьного возраста / А.А. Псеунок // Успехи современного естествознания. — 2007. — № 8. — С. 26–28.
7. Синицкая Е.Ю. Спектральная характеристика вариабельности сердечного ритма у детей 8-10 лет при умственной и физической деятельности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Синицкая Елена Юрьевна. — Архангельск, 2006. — 21 с.
8. Ситдикова А.А. Функциональное состояние симпато-адреналовой, сердечно-сосудистой систем и особенности вегетативной регуляции сердечного ритма детей 7-9-летнего возраста: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ситдикова Айгуль Амировна. — Казань: Пед. ун-т, 2006. — 19 с.
9. Щербина А.Ф. Работоспособность и адаптация к учебно-тренировочным нагрузкам учащихся ДЮСШ-легкоатлетов в связи с социоэкологическими условиями Заполярья: дис. ... канд. пед. наук / Щербина Анатолий Федорович. — М., 2000. — 111 с.
10. Щербина Ф.А. Адаптационно-компенсаторные реакции организма студентов в условиях Кольского Заполярья / Ф.А. Щербина, М.В. Шелков, С.А. Ключников [и др.] // Наука и образование - 2021: материалы Всероссийской научно-практической конференции. — Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2022. — С. 460–466.
11. Щербина Ф.А. Показатели дыхательной системы у юношей Кольского Заполярья в контрастные периоды года / Ф.А. Щербина, М.В. Шелков, А.Ф. Щербина [и др.] // Развитие арктических территорий: опыт, проблемы, перспективы. — 2018. — С. 369–373.
12. Nakamoto T. Variability of ventricular excitation interval does not reflect fluctuation in atrial excitation interval during exercise in humans: AV nodal function as stabilizer / T. Nakamoto, K. Matsukawa // Journal Physiol Sci. — 2006. — Vol. 56. — № 1. — P. 67–77.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aktual'nye voprosy detskoj kardiologii dlja pediatrov. Uchebnoe posobie dlja vrachej [Topical issues of paediatric cardiology for paediatricians. Training manual for doctors] / Ed. by S.A. Car'kova. — Yekaterinburg, 2021. — 120 p. [in Russian]
2. Arzikulov A.Sh. Vozrastno-polovye osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u mladshih shkol'nikov [Age and gender features of heart rate variability in younger schoolchildren] / A.Sh. Arzikulov // Molodoj uchenyj [Young Scientist]. — 2016. — № 20 (124). — P. 63–66. [in Russian]
3. Ermakova I.V. Izmenenie gljukokortikoidnoj funkcii nadpochechnikov u mal'chikov-pervoklassnikov v period adaptacii k nachalu obuchenija v shkole i v techenie uchebnogo goda [Changes in adrenal glucocorticoid function in first-grade boys during adaptation to the beginning of schooling and during the school year] / I.V. Ermakova // Fiziologija cheloveka [Human Physiology]. — 2002. — Vol. 28. — № 1. — P. 35–41. [in Russian]
4. Kmit' G.V. Prodolzhitel'nost' otdel'nyh faz i periodov serdechnogo cikla v zavisimosti ot tipa avtonomnoj nervnoj reguljacii serdechnogo ritma u detej 7-8 let [Duration of individual phases and periods of the cardiac cycle depending on the type of autonomous nervous regulation of heart rhythm in 7-8 years old children] / G.V. Kmit' // Novye issledovanija: al'manah [New Studies: an almanac].— 2005. — № 1. — P. 78–83. [in Russian]
5. Kondakov O.Je. Psihofiziologicheskie i adaptivnye harakteristiki detej i podrostkov [Psychophysiological and adaptive characteristics of children and teenagers] / O.Je. Kondakov, S.N. Shilov, V.I. Kirko // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta [Journal of Siberian Federal University]. — 2017. — Vol. 10. — № 2. — P. 312–322. [in Russian]
6. Pseunok A.A. Adaptacionnye vozmozhnosti serdechno-sosudistoj sistemy detej mladshego shkol'nogo vozrasta [Adaptation capabilities of the cardiovascular system of children of primary school age] / A.A. Pseunok // Uspехи sovremennogo estestvoznanija [Successes of Modern Natural Science]. — 2007. — № 8. — P. 26–28. [in Russian]
7. Sinickaja E.Ju. Spektral'naja harakteristika variabel'nosti serdechnogo ritma u detej 8-10 let pri umstvennoj i fizicheskoj dejatel'nosti [Spectral characteristics of heart rate variability in children 8-10 years old during mental and physical activity]: abst. dis. ... of PhD in Biology / Sinickaja Elena Jur'evna. — Arkhangelsk, 2006. — 21 p. [in Russian]
8. Sitdikova A.A. Funkcional'noe sostojanie simpato-adrenalovoj, serdechno-sosudistoj sistem i osobennosti vegetativnoj reguljacii serdechnogo ritma detej 7-9-letnego vozrasta [Functional state of sympatho-adrenal, cardiovascular systems and features of vegetative regulation of heart rhythm of 7-9-year-old children]: abst. dis. ... of PhD in Biology / Sitdikova Ajgul' Amirovna. — Kazan: Ped. Univ., 2006. — 19 p. [in Russian]
9. Shherbina A.F. Rabotosposobnost' i adaptacija k uchebno-trenirovochnym nagruzkam uchashhihsja DJuSSH-legkoatletov v svjazi s sociojekologicheskimi uslovijami Zapoljar'ja [Working capacity and adaptation to training loads of

students of children's and youth sports school – track and field athletes in connection with socio-ecological conditions of the Polar Region]: dis. ... PhD in Pedagogy / Shherbina Anatolij Fedorovich. — M., 2000. — 111 p. [in Russian]

10. Shherbina F.A. Adaptacionno-kompensatornye reakcii organizma studentov v uslovijah Kol'skogo Zapoljar'ja [Adaptation-compensatory reactions of students' organism in the conditions of the Kola Polar Region] / F.A. Shherbina, M.V. Shelkov, S.A. Kljuchnikov [et al.] // Nauka i obrazovanie - 2021: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Science and Education – 2021: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. — Murmansk: Murmansk State Technical University, 2022. — P. 460–466. [in Russian]

11. Shherbina F.A. Pokazateli dyhatel'noj sistemy u junoshej Kol'skogo Zapoljar'ja v kontrastnye periody goda [Respiratory system indicators in young men of the Kola Polar Region in contrasting periods of the year] / F.A. Shherbina, M.V. Shelkov, A.F. Shherbina [et al.] // Razvitie arkticheskikh territorij: opyt, problemy, perspektivy [Development of the Arctic Territories: Experience, Problems, Prospects]. — 2018. — P. 369–373. [in Russian]

12. Nakamoto T. Variability of ventricular excitation interval does not reflect fluctuation in atrial excitation interval during exercise in humans: AV nodal function as stabilizer / T. Nakamoto, K. Matsukawa // Journal Physiol Sci. — 2006. — Vol. 56. — № 1. — P. 67–77.