

## СЕЗОННАЯ И СЕКУЛЯРНАЯ ВАРИАбельНОСТЬ ИНДИКАТОРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ 7–11 ЛЕТ

©2020 г. Н. Б. Панкова, М. Ю. Карганов

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», г. Москва

*Цель* настоящего исследования – изучение сезонной изменчивости показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) у учащихся начальной школы за 5 учебных лет и сравнение текущих результатов с аналогичными данными 2004–2007 годов. *Методы.* Проведён анализ динамики полугодовых изменений («дельты» показателей, в % от исходного уровня) показателей ССС школьников. С использованием прибора спиреокардиограф оценивали: показатели сердечного ритма (СР) и его вариабельности, артериального давления (АД) и его вариабельности, сердечной производительности. Тестирования проводили в конце марта – начале апреля и в конце сентября – начале октября. Наблюдения выполнены на двух различных выборках: 1 – в 2016–2019 годах (на каждом интервале наблюдений была только одна школьная параллель, объём выборки составил 214 человек, 701 повторное измерение); 2 – в 2004–2007 годах (на каждом интервале наблюдений было по три параллели, объём выборки составил 317 человек, 810 повторных измерений). В качестве группы сравнения использованы взрослые женщины (объём выборки – 285 человек), обследованные однократно в разные сезоны в 2002–2012 годах. *Результаты.* Наличие сезонной вариабельности выявлено только для систолического АД и отношения LF/HF спектра вариабельности СР, отражающего уровень автономной регуляции сердечно-сосудистой системы. В 2016–2019 годах в выборке учащихся начальной школы это возрастание за учебный год (осень – весна) систолического АД и снижение LF/HF (со 2-го по 5-й класс). Однако в 2004–2007 годах у детей того же возраста сезонные изменения имели противоположную направленность – снижение за учебный год систолического АД и возрастание LF/HF (с 1-го по 5-й класс), что соответствует сезонной вариации данных показателей у взрослых людей. *Заключение.* Полученные данные показали изменение сезонной вариативности функционального состояния ССС у детей младшего школьного возраста. Высказано предположение о связи таких изменений с компьютеризацией образования, однако оно нуждается в дополнительной проверке.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистая система, артериальное давление, вариабельность сердечного ритма, сезонная вариабельность, дети

## SEASONAL AND SECULAR VARIATIONS IN SELECTED INDICATORS OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM AMONG 7-11 YEARS OLD CHILDREN

N. B. Pankova, M. Yu. Karganov

Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

*The aim* was to study seasonal variations in selected indicators of the cardiovascular system (CVS) in primary school students over 5 academic years and compare the findings with the results obtained in 2004-2007. *Methods.* Heart rate (HR) and its variability, blood pressure (BP) and its variability and cardiac performance were studied using spiroarteriocardiorhythmograph (SACR). Data were collected in late March - early April and late September - early October. The measurements were taken in in 2016-2019 (n=214, 701 measurements) and in 2004-2007 (n=317, 810 measurements). The analysis of the dynamics of semiannual changes ("delta" indicators, in% of the initial level) of CVS indicators of schoolchildren was carried out. As a comparison group, we used adult women (sample size - 285 people), surveyed once in different seasons in 2002-2012. *Results.* Seasonal variability was revealed only for systolic blood pressure and LF / HF ratio reflecting the level of autonomic regulation of the cardiovascular system. In 2016-2019, in the sample of primary school students, an increase in systolic blood pressure over the school year (autumn - spring) and a decrease in LF / HF (in 2<sup>nd</sup> - 5<sup>th</sup> grades) was fixed. However, in 2004-2007 in children of the same age, seasonal changes had the opposite direction - a decrease in systolic blood pressure over the school year and an increase in LF / HF (in 1<sup>st</sup> - 5<sup>th</sup> grades), which corresponds to the seasonal variation of these indicators in adults. *Conclusion.* The obtained data showed a change in seasonal variability of the functional state of the CVS in primary school children. It has been suggested that such changes could be related to the computerization of education, but further research is warranted.

**Key words:** cardiovascular system; arterial pressure; heart rate variability; seasonal variability; children

### Библиографическая ссылка:

Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сезонная и секулярная вариабельность индикаторов сердечно-сосудистой системы у детей 7–11 лет // Экология человека. 2020. № 12. С. 37–44.

### For citing:

Pankova N. B., Karganov M. Yu. Seasonal and Secular Variations in Selected Indicators of the Cardiovascular System among 7-11 Years Old Children. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2020, 12, pp. 37-44.

Многолетние мониторинговые исследования, проводимые нами в детских коллективах, показывают наличие выраженной годовой динамики большинства изучаемых показателей — психологических, психофизиологических, соматических.

По показателям сердечно-сосудистой системы (ССС) сезонная изменчивость описана достаточно давно как для людей [11], так и для животных [6]. При этом вариабельность артериального давления (АД), имеющего прогностическую клиническую значи-

мость, изучается широко и подробно [18, 22]. Меньше известно о сезонной изменчивости показателей variability сердечного ритма (СР), оцениваемой на основании анализа многолетних наблюдений за цикличностью процесса. Однако именно показатели variability СР широко используются для оценки функционального состояния разных групп населения, включая детские коллективы. Для последних наличие сезонных колебаний измеряемых показателей критично в плане интерпретации получаемых результатов: с чем связано изменение различных параметров за учебный год? Это естественные хронобиологические закономерности, как считает ряд авторов [3], или влияние школьных нагрузок? Проведённые нами ранее исследования с разным дизайном (одномоментное тестирование разных выборок, полугодовая динамика, многолетний мониторинг) выявили обратимость описываемых изменений, что предполагает ведущую роль естественных сезонных колебаний показателей ССС [7].

Участие в реализации научной программы региональной инновационной площадки «Создание системы физкультурно-оздоровительной работы в школе в рамках внедрения комплекса “Готов к труду и обороне” (ГТО)» (Московская область, 2016–2019 г.) предоставило нам уникальную возможность оценить динамику различных показателей физического здоровья детей на протяжении 4 лет — от 1-го к 4-му и от 4-го к 5-му классам (одновременный мониторинг двух разных школьных параллелей). Причём в качестве оцениваемых показателей использовать не только собственно величины разных параметров, но и степень их изменения за полугодие. Такой подход в отношении антропометрии показал наличие выраженной сезонной изменчивости массы тела и индекса массы тела (ИМТ) [9] — относительное возрастание этих показателей за зимний период. Задачей настоящего исследования стало изучение сезонной изменчивости показателей ССС у учащихся начальной школы. Ранее [7] по результатам исследований с аналогичным дизайном (2002–2009) мы сообщали о возрастании за учебный год отношения LF/HF, считающегося коррелятом автономного баланса в регуляции ССС, у учащихся 6–10-х классов. Поэтому второй задачей мы поставили сравнение текущих результатов с аналогичными данными 2004–2007 годов.

**Методы**

В исследовании проведён анализ динамики полугодовых изменений («дельты») показателей ССС школьников. Для минимизации влияния индивидуальной изменчивости самих показателей «дельту» считали в процентах от исходного уровня. Тестирования проводили в конце марта — начале апреля и в конце сентября — начале октября. Оценивали степень изменения параметров за временной интервал: от весны (в) к осени (о) — при переходе к следующему классу (учебному году) или от осени к весне — в пределах одного учебного года. Наблюдения выполнены на двух различных выборках:

1. Мониторинг двух параллелей общеобразовательной школы с конца первого класса (в1) до конца 4-го класса (в4) и с конца 4-го класса (в4) по конец 5-го класса (в5) в 2016–2019 годах (на каждом интервале наблюдений была только одна параллель). Объём выборки составил 214 человек (в динамике), всего 701 повторное измерение, состав отдельных групп представлен в табл. 1 и 2.

*Таблица 1*

**Численность групп детей разного возраста в выборке 2016–2019 годов**

| Интервал наблюдения, годы | Девочки | Мальчики |
|---------------------------|---------|----------|
| 7,1–7,5                   | 17      | 15       |
| 7,6–8,0                   | 48      | 33       |
| 8,1–8,5                   | 56      | 43       |
| 8,6–9,0                   | 59      | 50       |
| 9,1–9,5                   | 59      | 51       |
| 9,6–10,0                  | 53      | 47       |
| 10,1–10,5                 | 40      | 34       |
| 10,6–11,0                 | 15      | 21       |
| 11,1–11,5                 | 6       | 11       |

*Таблица 2*

**Численность групп детей в разные интервалы наблюдения в выборке 2016–2019 годов (цифрами обозначен класс)**

| Интервал наблюдения | Девочки | Мальчики |
|---------------------|---------|----------|
| Весна 1 — осень 2   | 53      | 41       |
| Осень 2 — весна 2   | 57      | 43       |
| Весна 2 — осень 3   | 56      | 46       |
| Осень 3 — весна 3   | 63      | 51       |
| Весна 3 — осень 4   | 55      | 49       |
| Осень 4 — весна 4   | 59      | 49       |
| Весна 4 — осень 5   | 9       | 15       |
| Осень 5 — весна 5   | 10      | 16       |

2. Трёхлетний мониторинг всей школы в 2004–2007 годах (на каждом интервале наблюдений было по три параллели). Объём выборки составил 317 человек, всего 810 повторных измерений, состав отдельных групп представлен в табл. 3.

*Таблица 3*

**Численность групп детей в разные интервалы наблюдения в выборке 2004–2007 годов (цифрами обозначен класс)**

| Интервал наблюдения | Девочки | Мальчики |
|---------------------|---------|----------|
| Осень 1 — весна 1   | 70      | 51       |
| Весна 1 — осень 2   | 40      | 33       |
| Осень 2 — весна 2   | 54      | 50       |
| Весна 2 — осень 3   | 30      | 44       |
| Осень 3 — весна 3   | 38      | 72       |
| Весна 3 — осень 4   | 28      | 47       |
| Осень 4 — весна 4   | 45      | 65       |
| Весна 4 — осень 5   | 38      | 42       |
| Осень 5 — весна 5   | 33      | 30       |

Школы, принимавшие участие в исследованиях в 2016–2019 и в 2004–2007 годах, – разные, но обе являются общеобразовательными, расположены на окраинах Москвы. Этнический состав в обоих случаях смешанный, с преобладанием (85–90 %) коренного населения (как русские, так и представители других национальностей). Остальные учащиеся до поступления в школы прожили в Москве несколько лет, русским языком владеют в совершенстве. Все дети были отнесены к 1-й и 2-й группам здоровья и к основной физкультурной группе. Однако между учащимися из разных выборок были и различия. Как уже описано нами ранее, у учащихся начальной школы Москвы в 2016–2019 годах по сравнению с их сверстниками 12 лет назад произошли статистически значимые изменения в показателях физического развития: дети стали выше, но возрастание массы тела и ИМТ уровня статистической значимости не достигли [10].

Поскольку ранее мы описали сезонные изменения у учащихся основной школы [7], в данном исследовании мы расширили возрастной диапазон групп сравнения и использовали результаты сезонных тестирований взрослых – женщин, педагогов и сотрудников общеобразовательных и средне-специальных образовательных учреждений. Измерения проведены в 2002–2012 годах, объём выборки – 285 человек, состав отдельных групп представлен в табл. 4.

Таблица 4

Численность групп взрослых женщин разного возраста

| Возраст, лет | Весна | Осень |
|--------------|-------|-------|
| 20–29        | 27    | 17    |
| 30–39        | 33    | 14    |
| 40–49        | 60    | 23    |
| 50–59        | 57    | 25    |
| 60–69        | 19    | 10    |

Все участники всех серий эксперимента приняли в нём участие на основе информированного согласия. Соблюдение международных и российских законодательных актов о юридических и этических принципах проведения научных работ с участием человека подтверждено решением Этического комитета ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии» (протокол № 1 от 22.01.2019).

Изучение показателей ССС проводили с помощью прибора «спироартериокардиограф» (ООО «ИНТОКС», г. Санкт-Петербург, Россия). Комплекс разрешён к применению Росздравнадзором и Минздравом РФ, сертифицирован и рекомендован к работе в детских коллективах ЦГСЭН в г. Москве: № МОС. МУ 2.4.8.002-01. Прибор позволяет проводить одновременную непрерывную регистрацию ЭКГ в 1-м стандартном отведении (с последующей оценкой вариабельности СР), пальцевого АД методом фотоплетизмографии с последующей оценкой

вариабельности систолического (АДс) и диастолического (АДд) АД, а также показателей дыхания с использованием ультразвукового датчика регистрации воздушного потока (при надетой спирометрической маске, опционно, в данной работе не использовано). Длительная непрерывная регистрация показателей СР и АД помимо максимальных, минимальных и средних величин позволяет оценить спектральные показатели их вариабельности: общую мощность спектра (Total Power – TP), абсолютную и относительную мощность стандартных диапазонов (High Frequencies – HF, Low Frequencies – LF, Very Low Frequencies – VLF). Также есть возможность оценить стресс-индекс и расчётные индексы на основе спектральных показателей вариабельности: отношение LF/HF и индекс централизации (VLF+LF) / HF спектра СР, альфа-индекс (LF(СР) / LF(АДс))<sup>1/2</sup>. Помимо этого предусмотрена прямая оценка величины чувствительности спонтанного артериального барорефлекса (ЧБР) в моменты когерентности СР и АД (в мс / мм рт. ст.) и показателей сердечной производительности (ударный и минутный объёмы крови).

Измерения проводили в положении сидя, длительность регистрации составляла 2 минуты.

Оценка соответствия закону нормального распределения полученных массивов данных с использованием критерия Шапиро – Уилка показала, что критерию нормальности ( $p > 0.05$ ) соответствовали только данные по возрасту. Соответственно межгрупповые сравнения проводили с использованием непараметрических критериев: для независимых выборок – U-критерий Манна – Уитни, для связанных переменных – парный критерий Вилкоксона. Данные на рисунках представлены в виде медианы и межквартильного размаха.

### Результаты

В изученной нами выборке в 2016–2019 годах при оценке возрастной динамики по полугодовым интервалам без учёта сезонности измерений большинство показателей ССС не показали значимых возрастных изменений. Приросты с уровнями значимости за полугодовые интервалы в каждой возрастной группе представлены на рис. 1. Мы можем лишь отметить постоянный прирост ударного объёма сердца (УО) как у девочек, так и у мальчиков с некоторой приостановкой в возрасте 9 лет (рис. 1, А). В возрасте 9–11 лет отмечено постепенное снижение частоты сердечных сокращений (ЧСС) (рис. 1, Б). Уровень АДс значимо возрастал у девочек в интервале 10,0–10,5 года, у мальчиков – на полгода позже (рис. 1, В). В спектральных показателях вариабельности СР, АДс и АДд, а также производных индексах на их основе (в частности, отношения LF/HF – рис. 1, Г) динамика отсутствовала.

Учёт сезонности проводимых тестирований показал несколько иную картину. Мы также отмечаем постоянный прирост сердечной производительности, снижение ЧСС в 4-м и 5-м классах (рис. 2, А). Однако, как

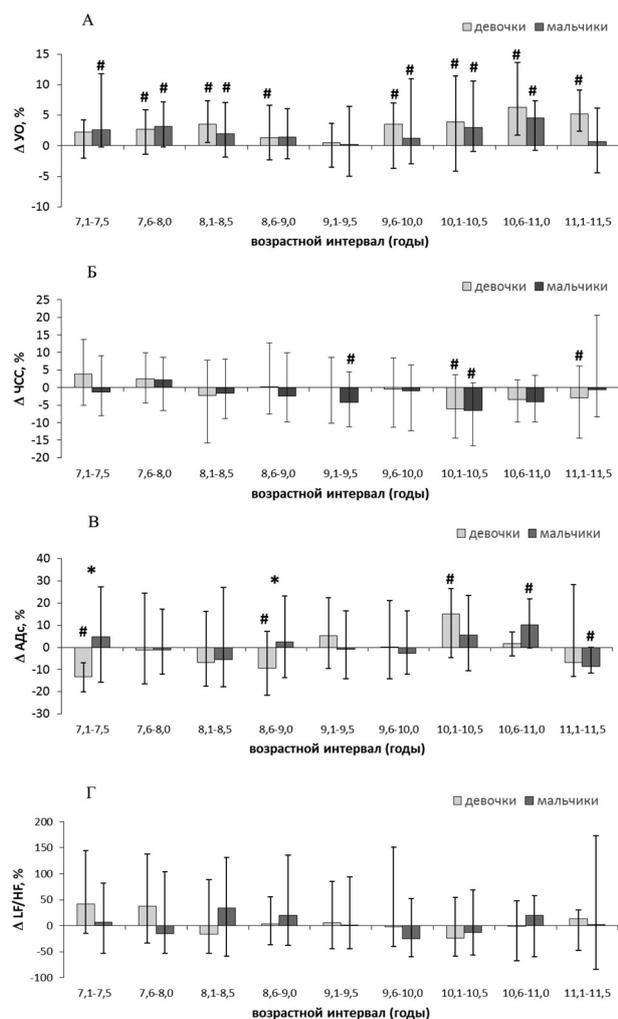


Рис. 1. Динамика прироста (в %) ударного объема сердца (А), ЧСС (Б), систолического АД (В) и отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (Г) за полугодовые интервалы времени (возраст указан на оси) в выборке 2016–2019 годов. Данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха. Статистически значимые изменения за интервал времени (по парному критерию Вилкоксона) обозначены #. Статистически значимые различия между девочками и мальчиками (по критерию Манна – Уитни) обозначены \*.

оказалось, ряд показателей имеет «пилообразную» динамику: мы отмечаем (рис. 2, Б) снижение за учебный год (от осени к весне, диапазоны «о–в») отношения LF/HF (диапазоны «о2–в2», «о3–в3», «о4–в4»), сменяющееся противоположным сдвигом за период от весны к осени (диапазоны «в–о»: «в2–о3», «в3–о4»). И наоборот – возрастание за учебный год АДс («о3–в3», «о4–в4») (рис. 2, В), сменяющееся снижением данного показателя за летний период («в2–о3», «в3–о4»). Учёт статистической значимости не только изменений показателей за оцениваемый период, но и отличий от показателей предыдущего периода (на рисунках отмечены значком \$), позволяет говорить о наличии «пилообразной» динамики этих показателей со 2-го по 5-й класс.

Вместе с тем мы особо отмечаем, что для большинства показателей ССС сезонная вариабельность не выявлена.

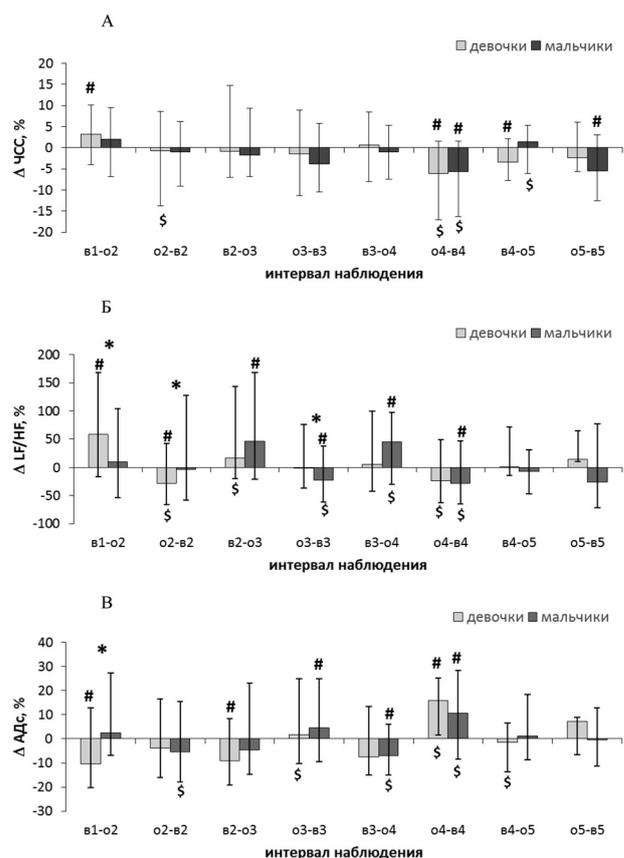


Рис. 2. Динамика прироста (в %) ЧСС (А), отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (Б) и систолического АД (В) по сезонам в выборке 2016–2019 годов (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха). Обозначения периодов времени: «о» – осень, «в» – весна, цифрами обозначен класс. Обозначения статистической достоверности – как на рис. 1. Знаком «\$» обозначены статистически значимые отличия от предыдущего интервала в своей группе (по критерию Манна – Уитни).

Аналогичный подход, учитывающий сезонность проводимых измерений, был использован при анализе архивных данных за 2004–2007 годы. Оказалось, что 15 лет назад у большинства показателей ССС, включая ЧСС (рис. 3, А), также отсутствовала сезонная вариабельность. Для отношения LF/HF также была характерна «пилообразная» динамика, но с противоположным знаком – с возрастанием за учебный год и снижением за летний период (рис. 3, Б), по крайней мере, для мальчиков (диапазоны «о3–в3» и «о4–в4»). Уровень АДс также менялся в противоположном направлении – снижение за учебный год («о1–в1», «о2–в2», «о3–в3», «о5–в5») и возрастание за лето («в1–о2») (рис. 3, В). Учёт статистической значимости отличий от показателей предыдущего периода (\$) выявил наличие «пилообразной» динамики АДс на протяжении всего периода наблюдения. Максимальные изменения АДс отмечены за 1-й и 5-й классы.

Результаты измерения тех же показателей у взрослых испытуемых показали, что направленность сезонных сдвигов (в динамике) у детей в 2004–2007 годы и сезонные различия у взрослых в 2002–2012 (независимые выборки) совпадают, достигая уровня

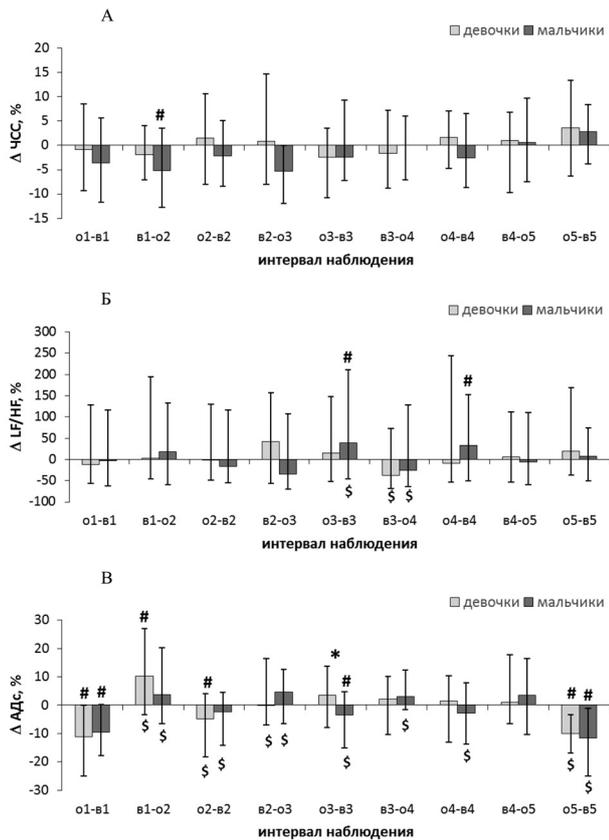


Рис. 3. Динамика прироста (в %) ЧСС (А), отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (Б) и систолического АД (В) по сезонам в выборке 2004–2007 годов (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха). Обозначения периодов времени: «о» – осень, «в» – весна, цифрами обозначен класс. Обозначения статистической достоверности – как на рис. 1. Знаком «\$» обозначены статистически значимые отличия от предыдущего интервала в своей группе (по критерию Манна – Уитни).

статистической значимости в некоторых возрастных интервалах (рис. 4).

**Обсуждение результатов**

Как показывают наши данные по результатам тестирования взрослых и детей в 2004–2007 годах, а также данные других исследователей [5], сезонные колебания свойственны не слишком большому числу показателей ССС. К таковым относятся: более высокие величины отношения LF/HF спектра variability СР и более низкие значения АДс в весенних тестированиях по сравнению с осенью. Это согласуется с наблюдениями клиницистов: известно, что уровень АД зависит от времени дня, дня недели и сезона [18]. При этом более вариативными являются результаты женщин, со значимым повышением в рабочие дни. Клиницисты обращают внимание на то, что в зимние месяцы variability АД выше, чем летом [22]. Стоит также учесть данные о том, что сезонная variability более выражена у представителей эмоционально и физически напряжённых профессий, в частности у работников МЧС [20], – в сравнении с научными сотрудниками. Для них характерно повышение параметров симпатической

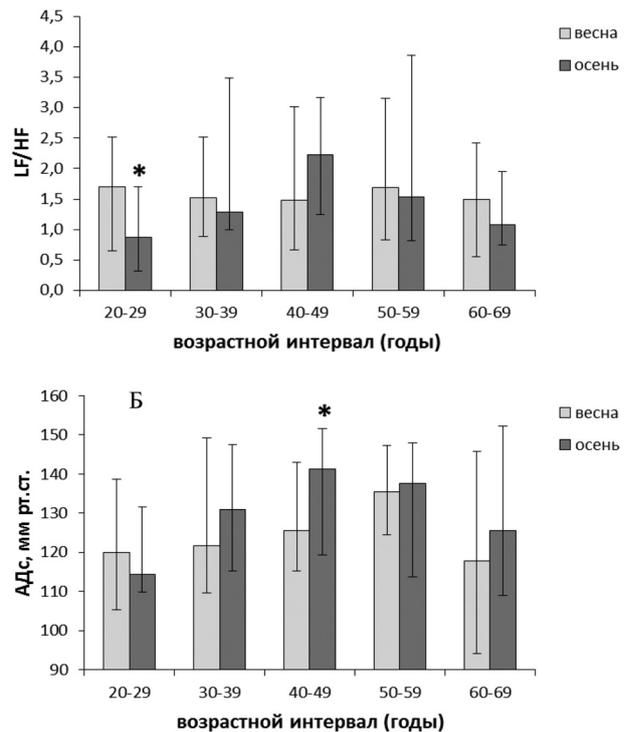


Рис. 4. Величины отношения LF/HF спектра variability сердечного ритма (А) и систолического АД (Б) по сезонам у взрослых женщин разного возраста (данные представлены в виде медианы и межквартильного размаха). Статистически значимые различия между сезонами (по критерию Манна – Уитни) обозначены \*.

активности (стресс-индекса и отношения LF/HF) зимой по сравнению с летом.

Ранее (2002–2009) по результатам многолетнего мониторинга одних и тех же детей с 6-го по 10-й класс мы выявили повышение за учебный год отношения LF/HF и снижение АДс. В данной работе в те же годы выявлена аналогичная сезонная variability этих же показателей ССС и у учащихся начальной школы. Анализ сезонных различий в показателях взрослых также выявил схожие тенденции. Однако у взрослых мы анализировали независимые выборки, а не динамику изменения параметров у одних и тех же людей. Соответственно индивидуальная изменчивость показателей не позволила достичь уровня статистической значимости различий на большинстве возрастных интервалов.

Однако, как оказалось, за последние годы описанные выше сезонные изменения у учащихся начальной школы поменяли знак на противоположный: мы выявили снижение величины LF/HF и возрастание АДс за учебный год, по крайней мере – со 2-го по 4-й классы. В качестве основной причины мы предполагаем изменение образа и стиля жизни современных школьников, включая учащихся начальных классов, – компьютеризацию всех сторон жизни, в том числе и школьного образования.

Во-первых, результатом этого процесса стало значительное возрастание времени, проводимого за компьютером или иным устройством с выходом в Интернет (в том числе – для выполнения домашнего

задания), в ущерб времени, которое можно было бы посвятить физической активности. Инструментальная оценка уровня двигательной активности показала, что уже в 2008–2010 годах у детей 7–8 лет отмечалось снижение двигательной активности осенью и зимой по сравнению с весной [13]. В течение недели у учащихся начальной школы обнаружено снижение двигательной активности в выходные дни [2], когда даже в школу ходить не нужно.

Косвенным свидетельством в пользу этого предположения можно считать наши данные, полученные на этой же выборке детей и опубликованные ранее [10]: мы отмечаем скрытые (латентные) сдвиги в виде перераспределения детей внутри диапазона «норма» в сторону более высоких значений ИМТ, причём более выраженные у девочек. Важно, что степень изменения динамики ИМТ оказалась корреляционно связанной с уровнем физической нагрузки и содержанием урока физического воспитания.

Показано, что сидячий образ жизни оказывает негативное влияние на вариабельность СР, снижая амплитуду колебаний длительности межсистолических интервалов и, более того, ослабляя их циркадную вариабельность [21]. У детей и подростков низкий уровень двигательной активности негативно сказывается на эффективности автономной регуляции ССС [14, 23, 25]. Однако умеренные физические нагрузки даже в рамках школьной программы могут смягчить, вплоть до полной компенсации, данную проблему [14, 24].

Во-вторых, тотальная компьютеризация всей жизни, и образовательной среды в частности, предъявляет новые требования к организму ребёнка [1]. По сути этот процесс является стрессорным фактором, индуцирующим адаптивный ответ организма детей [16], «след» которого может изменять программу развития мозга ребёнка вплоть до морфологических изменений [17].

Пока не выявлено прямых следствий высоких (но не экстремальных) компьютерных нагрузок на базовые показатели ССС [16]. Однако показано, что дополнительные информационные (и связанные с работой на компьютере) нагрузки у детей 6–7 лет вызывают существенную активацию автономной регуляции ССС со сдвигом баланса в сторону симпатикотонии [4]. Аналогичные сдвиги описаны другими авторами у мальчиков 9 лет [5] и у учащихся 5-х классов [12]. Увеличение уровня компьютерной нагрузки до экстремального/субэкстремального (у детей с развившейся зависимостью от Интернета) коррелирует с наличием автономной дисфункции (симпатикотонии) центрального генеза [19].

Как показано нами ранее, за 12-летний период (2002–2014) у московских первоклассников произошло снижение показателей сердечной производительности при постоянстве ЧСС. Оценка параметров вариабельности СР показала, что, хотя общая мощность спектра не изменилась, отмечено возрастание индекса LF/HF. Проведённая одновременно прямая и непрямая оценка величины ЧБР не выявила дина-

мики данного показателя [8]. Полученные результаты предполагают усиление симпатической составляющей в регуляции ССС.

По результатам данного исследования мы можем предположить, что возросшие школьные нагрузки, включая пролонгацию времени общения с компьютерами и/или их аналогами, вызвали адаптивные сдвиги в динамике функционального созревания систем автономной регуляции детей. В частности, характерная для прошлых лет и для взрослых людей сезонная активация симпатического звена у современных школьников, по-видимому, усилилась. Так, если раньше всё ограничивалось возрастанием за учебный год отношения LF/HF, то в реалиях сегодняшних дней уже возрастает и само АД, напрямую зависящее от тонуса симпатической нервной системы. Тем более что АД очень вариативно именно зимой [22], на которую приходится большая часть учебного года.

Следует, однако, признать, что предположение о влиянии компьютеризации на функциональное состояние ССС детей младшего школьного возраста, её возрастную динамику и сезонные колебания нуждаются в прямой проверке — проведении сравнительных исследований этих показателей у детей с разным уровнем компьютерной нагрузки, поскольку это лишь один из факторов, которые могли оказать влияние на функциональные показатели здоровья детей.

Проведённые исследования выявили наличие сезонной вариабельности АДс и отношения LF/HF спектра вариабельности сердечного ритма, отражающего уровень автономной регуляции ССС. В настоящее время (2016–2019) в выборке учащихся начальной школы это возрастание за учебный год АДс и снижение LF/HF. Однако в более ранних исследованиях детей того же возраста (2004–2007) сезонные изменения имели противоположную направленность — снижение за учебный год АДс и возрастание LF/HF, что соответствует сезонной вариации данных показателей у взрослых людей. Причины такого изменения нуждаются в дальнейшем изучении.

#### **Благодарность**

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 19-29-14104 мк «Инструментальная оценка влияния цифровизации образования на физиологический баланс организма».

#### **Авторство**

Панкова Н. Б. разработала концепцию и дизайн исследования, проводила тестирования, выполнила анализ и интерпретацию данных, подготовила статью к печати; Карганов М. Ю. внёс существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Панкова Наталия Борисовна — ORCID 0000-0002-3582-817X; SPIN 8069-0818

Карганов Михаил Юрьевич — ORCID 0000-0002-5862-8090; SPIN 9149-6257

## Список литературы / References

1. Байгузжин П. А., Шибкова Д. З., Айзман Р. И. Факторы, влияющие на психофизиологические процессы восприятия информации в условиях информатизации образовательной среды // *Science for Education Today*. 2019. № 5. С. 58–70. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.04
- Baiguzhin P. A., Shibkova D. Z., Aizman R. I. Factors affecting the psychophysiological processes of perception of information in the conditions of informatization of the educational environment. *Science for Education Today*. 2019, 5, pp. 58-70. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.04 [In Russian]
2. Бутко М. А. К проблеме дефицита двигательной активности детей младшего школьного возраста // *Культура физическая и здоровье*. 2015. № 2 (53). С. 60–62.
- Butko M. A. To the problem of deficiency of motor activity of primary school children. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'ye* [Physical Culture and Health]. 2015, 2 (53), pp. 60-62. [In Russian]
3. Кайсина И. Г., Сизова Е. Н., Циркин В. И., Трухина С. И. Зависимость вариабельности сердечного ритма от сезона года у 11–13-летних девочек // *Физиология человека*. 2005. Т. 31, № 4. С. 43–49.
- Kaysina I. G., Sizova E. N., Tsirkin V. I., Trukhina S. I. The dependence of heart rate variability on the season of the year in 11-13-year-old girls. *Fiziologiya cheloveka*. 2005, 31 (4), pp. 43-49. [In Russian]
4. Криволапчук И. А., Чернова М. Б., Савушкина Е. В. Особенности психофизиологической реактивности детей 5–6 и 6–8 лет при умственной, сенсомоторной и физической нагрузках // *Science for Education Today*. 2020. № 3. С. 179–195. DOI: 10.15293/2658-6762.2003.10
- Krivolapchuck I. A., Chernova M. B., Savushkina E. V. Characteristics of psychophysiological reactivity of children aged 5-6 and 6-8 years during intellectual, sensomotor and physical challenges. *Science for Education Today*. 2020, 10 (3), pp. 179-195. DOI: 10.15293/2658-6762.2003.10 [In Russian]
5. Литвин Ф. Б., Брук Т. М., Терехов П. А., Быкова И. В. Динамика вариабельности сердечного ритма в течение учебного года у мальчиков 8–9-летнего возраста из разных радиоэкологических мест проживания // *Культура физическая и здоровье*. 2019. Т. 72, № 4. С. 152–154.
- Litvin F. B., Brook T. M., Terekhov P. A., Bykova I. V. Dynamics of heart rate variability during the school year in boys of 8-9 years of age from different radioecological places of residence. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'ye* [Physical Culture and Health]. 2019, 72 (4), pp. 152-154. [In Russian]
6. Оттер М. Я., Шоттер А. В. Сезонные изменения сердечно-сосудистых показателей и содержания моноаминов в мозге кроликов // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 1991. Т. 111, № 5. С. 540–542.
- Otter M. Ya., Shotter A. V. Seasonal changes in cardiovascular parameters and the content of monoamines in the brain of rabbits. *Vyulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. 1991, 111 (5), pp. 540-542. [In Russian]
7. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Обратимые изменения в сердечно-сосудистой системе организма учащихся, индуцируемые образовательной средой // *Валеология*. 2009. № 2. С. 54–59.
- Pankova N. B., Karganov M. Yu. Reversible changes in the cardiovascular system of the body of students, induced by the educational environment. *Valeologiya* [Valeology]. 2009, 2, pp. 54-59. [In Russian]
8. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сравнительный анализ показателей функционального состояния современных московских первоклассников и их сверстников в 2002–2003 годах // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. 2017. № 1 (35). С. 173–190. DOI: 10.15293/2226-3365.1701.12
- Pankova N. B., Karganov M. Yu. Comparative Analysis of Indicators of the Functional State in Contemporary Moscow First-graders and Their Peers in 2002-2003. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin]. 2017, 1 (35), pp. 173-190. DOI: 10.15293/2226-3365.1701.12 [In Russian]
9. Панкова Н. Б., Карганов М. Ю. Сезонная вариабельность возрастания антропометрических показателей у младших школьников московского региона // *Science for Education Today*. 2019. Т. 9, № 5. С. 143–162. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.09
- Pankova N. B., Karganov M. Yu. Seasonal variability of anthropometric indices increase among younger schoolchildren in the Moscow region. *Science for Education Today*. 2019, 9 (5), pp. 143-162. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.09 [In Russian]
10. Панкова Н. Б., Романов С. В., Карганов М. Ю. Ретроспективный анализ динамики показателей физического развития учащихся начальной школы // *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2019. № 4. С. 22–23.
- Pankova N. B., Romanov S. V., Karganov M. Yu. Retrospective analysis of the dynamics of indicators of physical development of students of the primary school. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya* [Problems of school and university medicine and health]. 2019, 4, pp. 22-23. [In Russian]
11. Хильдебрандт Г., Мозер М., Леховер М. Хронобиология и хрономедицина / пер. с нем. М.: Арнебия, 2006. 144 с.
- Hildebrandt G., Moser M., Lehover M. *Chronobiology and chronomedicine*. Moscow, Arnebia Publ., 2006. 144 p. [In Russian]
12. Четверик О. Н., Тарасова О. Л., Казин Э. М. Особенности психофизиологической адаптации пятиклассников к различным режимам учебного процесса // *Психология. Психофизиология*. 2019. Т. 12, № 2. С. 89–97. DOI: 10.14529/jpps190208
- Chetverik O. N., Tarasova O. L., Kazin E. M. Features of the psychophysiological adaptation of fifth graders to various modes of the educational process. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya* [Psychology. Psychophysiology]. 2019, 12 (2), pp. 89-97. DOI: 10.14529/jpps190208 [In Russian]
13. Atkin A. J., Sharp S. J., Harrison F., Brage S., Van Sluijs E. M. F. Seasonal Variation in Children's Physical Activity and Sedentary Time. *Med Sci Sports Exerc*. 2016, 48 (3), pp. 449-456. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000786
14. Braaksma P., Stuive I., Garst R. M. E., Wesselink C. F., van der Sluis C. K., Dekker R., Schoemaker M. M. Characteristics of Physical Activity Interventions and Effects on Cardiorespiratory Fitness in Children Aged 6-12 years-A Systematic Review. *J Sci Med Sport*. 2018, 21 (3), pp. 296-306. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.07.015
15. Fontaine G., Cossette S., Maheu-Cadotte M.-A., Mailhot T., Deschênes M.-F., Mathieu-Dupuis G., Côté J., Gagnon M.-P., Dubé V. Efficacy of adaptive e-learning for health professionals and students: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2019, 9, p. e025252. DOI: 10.1136/bmjopen-2018-025252

16. Gunnar M., Quevedo K. The neurobiology of stress and development. *Annu Rev Psychol.* 2007, 58, pp. 145-173. DOI: 10.1146/annurev.psych.58.110405.085605
17. Hoffman E. A., Clark D. B., Orendain N., Hudziak J., Squeglia L. M., Dowling G. J. Stress exposures, neurodevelopment and health measures in the ABCD study. *Neurobiol Stress.* 2019, 10, p. 100157. DOI: 10.1016/j.ynstr.2019.100157. eCollection.
18. Kim K.-I., Nikzad N., Quer G., Wineinger N. E., Vegreville M., Normand A., Schmidt N., Topol E. J., Steinhubl S. Real World Home Blood Pressure Variability in Over 56,000 Individuals with Nearly 17 Million Measurements. *Am J Hypertens.* 2018, 31 (5), pp. 566-573. DOI: 10.1093/ajh/hpx221
19. Lin P.-C., Kuo S.-Y., Lee P.-H., Sheen T.-C., Chen S.-R. Effects of Internet Addiction on Heart Rate Variability in School-Aged Children. *J Cardiovasc Nurs.* 2014, 29 (6), pp. 493-498. DOI: 10.1097/JCN.0b013e3182a477d5
20. Markov A., Solonin I., Bojko E. Heart Rate Variability in Workers of Various Professions in Contrasting Seasons of the Year. *Int J Occup Med Environ Health.* 2016, 29 (5), pp. 793-800. DOI: 10.13075/ijom.1896.00276
21. Miyagi R., Sasawaki Y., Shiotani H. The Influence of Short-Term Sedentary Behavior on Circadian Rhythm of Heart Rate and Heart Rate Variability. *Chronobiol Int.* 2019, 36 (3), pp. 374-380. DOI: 10.1080/07420528.2018.1550422
22. Modesti P. A., Rapi S., Rogolino A., Tosi B., Galanti G. Seasonal Blood Pressure Variation: Implications for Cardiovascular Risk Stratification. *Hypertens Res.* 2018, 41 (7), pp. 475-482. DOI: 10.1038/s41440-018-0048-y
23. Oliveira R. S., Barker A. R., Wilkinson K. M., Abbott R. A., Williams C. A. Is Cardiac Autonomic Function Associated With Cardiorespiratory Fitness and Physical Activity in Children and Adolescents? A Systematic Review of Cross-Sectional Studies. *Int J Cardiol.* 2017, 236, pp. 113-122. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.02.022
24. Pozuelo-Carrascosa D. P., García-Hermoso A., Álvarez-Bueno C., Sánchez-López M., Martínez-Vizcaino V. Effectiveness of School-Based Physical Activity Programmes on Cardiorespiratory Fitness in Children: A Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *Br J Sports Med.* 2018, 52 (19), pp. 1234-1240. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097600
25. Veijalainen A., Haapala E. A., Väistö J., Leppänen M. H., Lintu N., Tompuri T., Seppälä S., Ekelund U., Tarvainen M. P., Westgate K., Brage S., Lakka T. A. Associations of Physical Activity, Sedentary Time, and Cardiorespiratory Fitness with Heart Rate Variability in 6- to 9-year-old Children: The PANIC Study. *Eur J Appl Physiol.* 2019, 119 (11-12), pp. 2487-2498. DOI: 10.1007/s00421-019-04231-5

**Контактная информация:**

Панкова Наталья Борисовна — доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

Адрес: 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8  
E-mail: nbpankova@gmail.com