



Попова Т.В.¹, Кокорева Е.Г.², Коурова О.Г.¹

Изменения функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у детей с нарушениями зрения в период возрастного развития с 4 до 10 лет

¹ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)», 454080, Челябинск, Россия;

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры» Министерства спорта РФ, 454091, Челябинск, Россия

Введение. Наиболее частым нарушением возрастного развития в дошкольном и младшем школьном возрасте являются нарушения зрения. Такие дети нуждаются в оздоровительно-коррекционных мероприятиях на основе научных знаний об особенностях их психофизиологических функций.

Цель исследования – выявить возрастные изменения функций кровообращения и центральной нервной системы у здоровых детей и детей с нарушениями зрения 4–10 лет.

Материалы и методы. Применяли электрокардиографию, электроэнцефалографию, регистрацию нейродинамических функций, анализ тактильной функции, самооценку тревожности. Всего обследованы 380 детей.

Результаты. У испытуемых с нарушением зрения выявлено усиление возрастного гетерохронизма в развитии психофизиологических функций. Показатели точности отсчёта временных промежутков и тактильной чувствительности кожи пальцев у них были выше, а показатели физического развития, кинематометрии, подвижности нервных процессов у многих возрастных групп ниже, чем у здоровых. Такие адаптационные изменения сопровождалось ростом функционального напряжения. Так, например, у дошкольников в период с 4 до 6 лет при анализе структуры сердечного ритма отмечено увеличение значений индекса напряжения (с $148,08 \pm 3,32$ до $220,08 \pm 3,62$ усл. ед.; $P < 0,05$).

Заключение. Судя по высоким значениям показателей активности центральных механизмов регуляции сердечного ритма, тревожности, характеру биоэлектрических изменений на ЭЭГ, предполагается, что «цена» возрастной адаптации у детей с сенсорными нарушениями повышается, что способствует развитию дезадаптации. Сделано заключение о необходимости разработки эффективных средств психофизической коррекции детей с нарушениями зрения с учётом характера возрастных изменений психофизиологических функций.

Ключевые слова: нарушения зрения; дети; возраст; гетерохронизм возрастного развития; сердечный ритм; центральная нервная система; электроэнцефалограмма; психофизиологические функции

Для цитирования: Попова Т.В., Кокорева Е.Г., Коурова О.Г. Изменения функционального состояния сердечно-сосудистой и центральной нервной систем у детей с нарушениями зрения в период возрастного развития с 4 до 10 лет. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (3): 261–267. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-261-267>

Для корреспонденции: Попова Татьяна Владимировна, доктор биол. наук, профессор, ведущий эксперт НИЦ спортивной науки Института спорта, туризма и сервиса ФГАОУ ВО ЮУрГУ (НИУ), 454080, Челябинск. E-mail: tati.popova2010@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Благодарность. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: Попова Т.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Кокорева Е.Г., Коурова О.Г. – сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста.

Поступила 08.04.2020 / Принята к печати 18.09.2020 / Опубликована 16.04.2021

Tatyana V. Popova¹, Elena G. Kokoreva², Olga G. Kourova¹

Changes in blood circulation and the central nervous system functions in 4–10 year children with visual impairment

¹South Ural State University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation;

²Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, 454091, Russian Federation

Introduction. Visual impairment is the most common disturbances during the child development in preschool and primary school age. Such children need care with the health-improving technology based on scientific knowledge about the characteristics of their psychophysiological functions.

The aim of the study is to identify development-related changes in blood circulation and central nervous system functions in 4–10 year healthy children and cases with visual impairments.

Materials and methods. A total of 380 children were examined by electrocardiography, electroencephalography, registration of neurodynamic processes, analysis of the tactile function, and self-assessment of anxiety.

Results. In subjects with visual impairment, an increase in age-related heterochronism in the development of psychophysiological functions was revealed. The accuracy indices of time intervals and tactile sensitivity of the skin of the fingers were higher, and the indices of physical development, kinematometry, and mobility of nervous processes in many age groups are lower than in healthy ones. Such adaptive changes were accompanied by an increase in functional stress. So, for example, in preschool children from 4 to 6 years, when analyzing the structure of the heart rhythm, an increase in the values of the stress index was noted (from 148.08 ± 3.32 to 220.08 ± 3.62 c.u.; $p < 0.05$).

Conclusion. Judging by the high values of activity indices of the central mechanisms of heart rhythm regulation, anxiety, and the nature of bioelectric changes on the EEG, the “price” of age-related adaptation in children with sensory impairments rises. It contributes to the development of disadaptation. The conclusion is made about the need to develop effective means of psychophysical correction of children with visual impairments, taking into account the nature of age-related changes.

Keywords: visual impairment; children; age; heterochronism of age development; heartbeat; central nervous system; electroencephalogram; psychophysiological functions

For citation: Popova T.V., Kokoreva E.G., Kourova O.G. Changes in blood circulation and the central nervous system functions in 4–10 year children with visual impairment. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2021; 100 (3): 261–267. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-261-267> (In Russ.)

For correspondence: *Tatyana V. Popova*, MD, Ph.D., DSci., Professor, Leading Expert of the Research Center of Sports Science of the Institute of Sports, Tourism and South Ural State University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation. E-mail: tati.popova2010@yandex.ru

Information about the authors:

Popova T.V., <https://orcid.org/0000-0002-5060-8132>; Kokoreva E.G., <https://orcid.org/0000-0002-9778-3034>; Kourova O.G., <https://orcid.org/0000-0002-8544-7631>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution of the authors: *Popova T.V.* – concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; *Kokoreva E.G., Kourova O.G.* – the collection and processing of the material, statistical processing, text the writing.

Received: April 8, 2020 / Accepted: September 18, 2021 / Published: April 16, 2021

Введение

Известно, что частые нарушения зрения в дошкольном и младшем школьном возрасте [1, 2] лишают ребёнка важнейших источников информации, что может привести к задержке психофизического развития, особенно в раннем возрасте [3]. Социальная адаптация таких детей осложняется эмоциональными и поведенческими расстройствами, возникающими как из-за первичного дефекта, так и из-за неадекватных условий воспитания [4].

В дошкольном возрасте на внешние воздействия организм реагирует сильной активацией многих физиологических систем [5], что проявляется в быстром утомлении при физических и умственных нагрузках. Многочисленные исследования, в том числе наши предыдущие работы, свидетельствуют, что возрастное развитие сопровождается морфофункциональной неравномерностью (то есть гетерохронизмом), проявляющейся в периодическом повышении и снижении уровня функционирования отдельных систем организма [6]. Однако детального описания характера психофизиологических изменений в организме на ранних этапах развития детей с сенсорными нарушениями в научной литературе не приводится. Для научной разработки педагогических и индивидуальных оздоровительно-коррекционных мероприятий у детей с сенсорными депривациями, а также для научного обоснования гигиенических регламентов при обучении таких детей необходимо изучение изменений важнейших психофизиологических функций на всех возрастных этапах, в том числе с использованием лонгитудинального метода [7].

Целью работы явилось изучение изменений психофизиологических функций у детей с нарушениями зрения в период их возрастного развития с 4 до 10 лет.

Материалы и методы

Обследованы дети здоровые и с нарушением зрения в возрасте от 4 до 10 лет, находящиеся в специализированном образовательном учреждении «детский сад-школа», где 30 детей (две группы) с нарушением зрения и 45 здоровых детей (три группы) находились в течение 8 лет. Это позволило использовать лонгитудинальный метод обследований в течение 4 лет пребывания в детском саду и 4 первых лет обучения в начальной школе. Обследования проводились 2 раза в год: в октябре и марте. Всем испытуемым объясняли порядок проведения обследований, представляли 15-минутный отрыв перед их началом. Исследование проводилось по добровольному информированному согласию родителей детей в соответствии с протоколом, утвержденным этическим Советом Российской академии наук.

Применяли комплекс методов исследований, включающий антропометрические методы, измерение жизненной ёмкости лёгких, а также расчёт жизненного индекса (ЖИ = ЖЕЛ, мл/масса тела, кг) [8].

Психофизиологические методики включали: определение точности движений при помощи кинематометра Н.М. Жукковского [9]; тест «индивидуальная минута» (определение точности отсчёта временного интервала в 1 мин с закрытыми глазами. Ошибки со знаком «+» свидетельствуют о преобладании процессов торможения в цен-

тральной нервной системе, а со знаком «-» – процессов возбуждения); измерение утомляемости и подвижности нервных процессов по теппинг-тесту [10]; измерение порога тактильной чувствительности; определение уровня тревожности по Р. Тэмлу [11]; кардиоинтервалографию (регистрацию электрокардиограммы во II отведении в течение 5 мин) с расчётом статистических показателей variability сердечного ритма [12] (наиболее часто встречающееся значение длительности кардиоинтервалов (R-R), то есть моду (M_0); активность парасимпатической регуляции сердца по разнице между максимальным и минимальным значением кардиоинтервалов (Δx); активность симпатической регуляции по амплитуде моду (AM_0); индекс напряжения ($SI = IN$). $IN (IN = AM_0/2 \cdot \Delta X \cdot M_0)$ является интегральным показателем, отражающим степень централизации управления сердечным ритмом). Измерение артериального давления (АД) проводилось по Короткову.

При проведении теппинг-теста использовали компьютерный вариант. Испытуемому предлагалось в максимальном темпе совершать нажатия на клавишу в течение 40 с, такая продолжительность теста была доступна для всех возрастных групп. Программа автоматически производила расчёт количества движений по нажатию клавиши компьютера в каждой из четырёх серий по 10 с. Анализировали показатели подвижности (наибольшее количество нажатий в 10-секундном отрезке) и показатели утомляемости (разница между первым и последним 10-секундным отрезком).

Компьютерная электроэнцефалография включала спектральный анализ ЭЭГ. Запись ЭЭГ осуществляли многоканально с 8 чашечных электродов, соединённых с ушными электродами и локализованных строго в соответствии с системой 10–20. Производили несколько функциональных проб: фоновая запись (ФЗ), закрытие глаз (ЗГ), открывание глаз (ОГ). Частота квантования ЭЭГ составляла 250 Гц. Для спектрального анализа выбирали не менее 10 безартефактных двухсекундных эпох записи ЭЭГ на каждую функциональную пробу.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием компьютерного пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, США) и SPSS. Выполняли расчёт средней арифметической вариационного ряда (M_{cp}), средней ошибки среднего арифметического (m) и критерия t Стьюдента. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Результаты

Исследования показали, что у детей с нарушением зрения (НЗ) темпы прироста массы тела и роста с возрастом были неравномерными. При этом дети 5 лет с нарушением зрения характеризовались более высокими, чем у здоровых детей, показателями жизненного индекса (у мальчиков $52,38 \pm 4,33$ и $50,42 \pm 6,19$ мл/кг соответственно) и низкими показателями роста, массы тела ($18,54 \pm 1,41$ и $20,43 \pm 2,02$ кг). В период от 7 до 9 лет показатели расчётных индексов также изменялись неравномерно (рис. 1).

На фоне возрастного снижения ЧСС в период с 4 до 10 лет при нарушениях зрения, как и у здоровых детей, выявлена тенденция к повышению этого показателя в 7 лет, а у

Original article

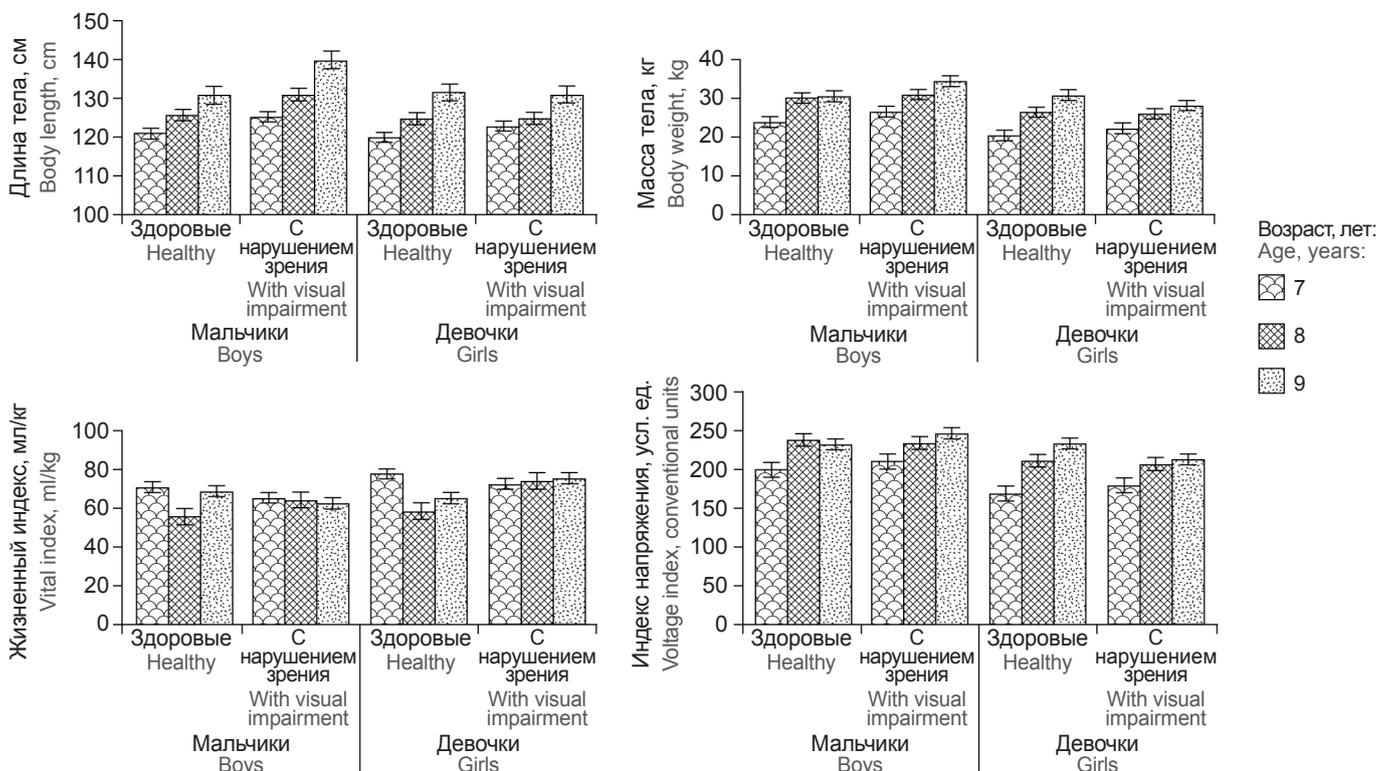


Рис. 1. Показатели физического развития у детей младшего школьного возраста.

Fig. 1. Indices of physical development in children of primary school age.

мальчиков также и в 9–10 лет. Меньшей неравномерностью характеризуются возрастные изменения показателей АД (рис. 2).

Статистический анализ кардиоинтервалограмм [12] показал, что в отличие от здоровых возрастное увеличение моды (Мо) у детей НЗ было выражено только после 7 лет (у мальчиков 660 ± 50 мс в 4 года и 730 ± 40 мс в 8 лет). У мальчиков 6 лет выявили тенденцию к снижению Мо по сравнению с предыдущим возрастом. Наиболее низкое значение

Мо было у мальчиков в 6–7 лет (640 ± 30 мс) и у девочек в 7 лет (630 ± 20 мс). У мальчиков высокие значения Мо были в 9 лет (780 ± 20 мс), у девочек – в 10 лет (810 ± 50 мс).

Значения показателя ИН с возрастом также изменяются неравномерно. Так, например, у мальчиков дошкольного возраста с 4 до 6 лет отмечено увеличение значений ИН (с $148,08 \pm 3,32$ до $220,08 \pm 3,62$ усл. ед.), а затем постепенное уменьшение (до $81,61 \pm 5,67$ усл. ед. в 10 лет). У девочек дошкольного возраста ИН изменяется неравномерно,

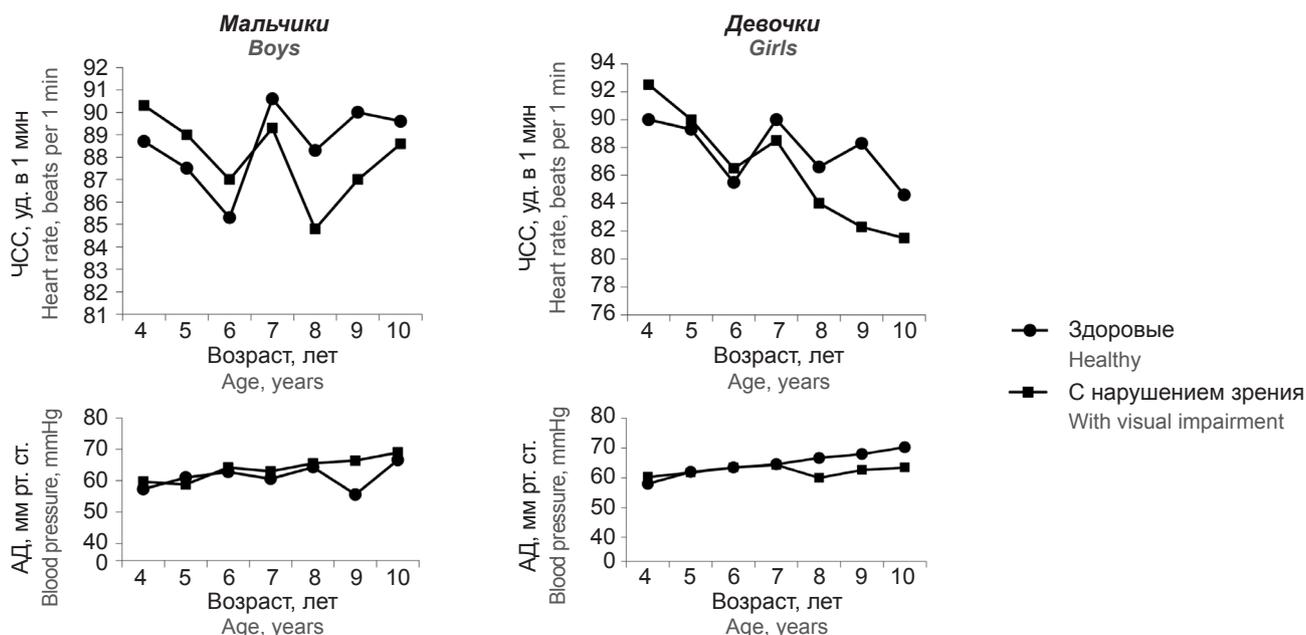


Рис. 2. Показатели ЧСС и АД в покое у мальчиков 3–10 лет здоровых и с нарушением зрения.

Fig. 2. Heart rate and blood pressure indices at rest in 3–10 year boys, healthy and with visual impairment.

Таблица 1 / Table 1

Возрастные изменения показателей сердечного ритма у детей с сенсорными нарушениями
Age-related changes in heart rate indices in children with sensory impairments

| Возраст, лет Age, years | Группа детей Group of children | Group of children | Мальчики Boys | | Девочки Girls | |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|--|---|--|--|
| | | | Мо, мс Mo (cardiointervalogram), ms | ИН, усл. ед. Stress index (SI), conventional units | Мо, мс Mo (cardiointervalogram), ms | ИН, усл. ед. SI, conventional units |
| 5 | Здоровые | Healthy | 680 ± 20 | 158.01 ± 3.44 | 710 ± 20 | 112.63 ± 7.82 |
| | С нарушением зрения | With visual impairment | 680 ± 30 | 180.08 ± 3.99* | 720 ± 10 | 155.08 ± 6.34* |
| 6 | Здоровые | Healthy | 710 ± 20 | 124.48 ± 4.73 | 720 ± 10 | 109.45 ± 5.07 |
| | С нарушением зрения | With visual impairment | 640 ± 30* | 220.00 ± 5.63* | 700 ± 10 | 140.05 ± 6.24* |
| 7 | Здоровые | Healthy | 750 ± 40 | 123.80 ± 4.19 | 790 ± 40 | 92.03 ± 4.64 |
| | С нарушением зрения | With visual impairment | 640 ± 30* | 156.63 ± 5.62* | 630 ± 20 | 181.37 ± 6.90* |
| 8 | Здоровые | Healthy | 820 ± 30 | 80.58 ± 2.09 | 800 ± 10 | 105.06 ± 2.33 |
| | С нарушением зрения | With visual impairment | 730 ± 40* | 73.43 ± 4.32 | 710 ± 10* | 154.90 ± 5.07* |
| 9 | Здоровые | Healthy | 860 ± 10 | 86.07 ± 2.78 | 830 ± 10 | 90.82 ± 5.55 |
| | С нарушением зрения | With visual impairment | 780 ± 20* | 90.48 ± 6.65 | 760 ± 20* | 116.28 ± 3.63* |
| 10 | Здоровые | Healthy | 870 ± 10 | 76.47 ± 2.70 | 850 ± 40 | 71.63 ± 2.67 |
| | С нарушением зрения | With visual impairment | 770 ± 20* | 81.62 ± 3.64 | 810 ± 30 | 76.61 ± 2.55 |

Примечание. * – достоверные различия с показателями группы здоровых детей, при $p < 0,05$.

Note. * – significant differences with the indices the group of healthy children, at $p < 0.05$.

максимально увеличиваясь в 7 лет. Достоверные изменения АМо происходили после 6 лет, а ИН – после 8 лет (табл. 1). Ежегодные изменения этих показателей были выражены больше, а абсолютные их значения – выше, чем у здоровых детей. Таким образом, при анализе структуры сердечного ритма (СР) в покое можно отметить гетерохронизм в изменении статистических показателей с возрастом, особенно выраженный у мальчиков, что сочеталось с большей степенью напряжения регуляторных систем.

У детей НЗ, как и у здоровых, с возрастом отмечалось закономерное улучшение нейродинамических функций (рис. 3). Однако можно отметить низкие значения показателей кинематометрии по сравнению со здоровыми детьми во всех возрастных группах. Например, в 6 лет ошибка воспроизведения угла движения у мальчиков здоровых (3) составила $+2,4 \pm 0,9$; а у НЗ $-5,3 \pm 1,8$ град. Характерно, что знак ошибки воспроизведения движений у них ежегодно изменялся.

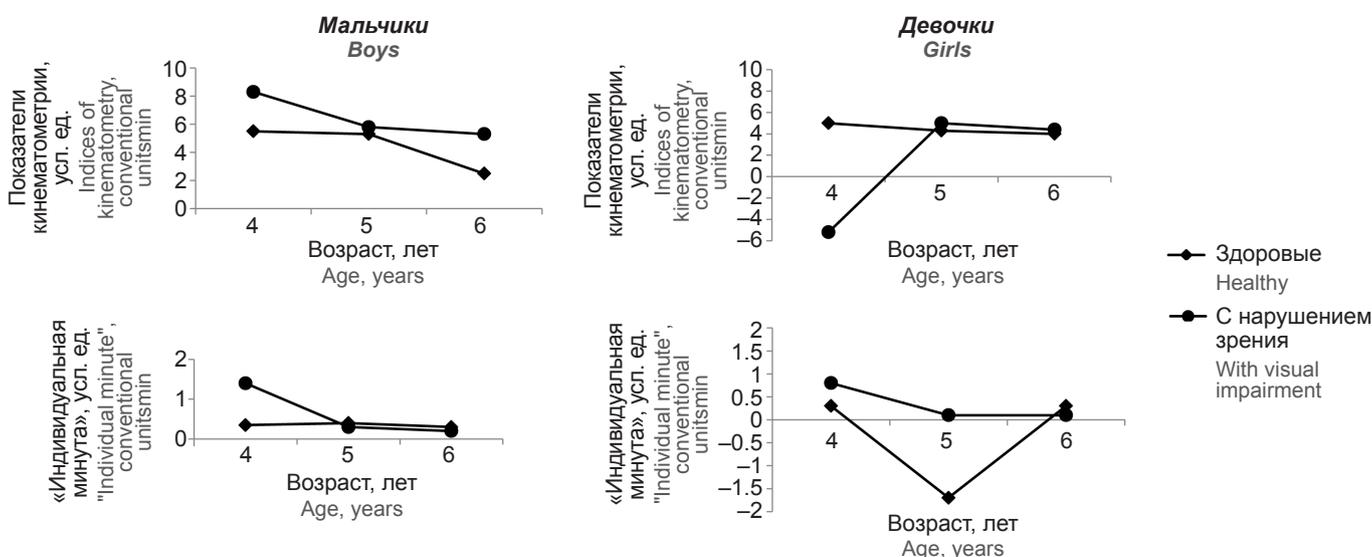


Рис. 3. Возрастные изменения показателей нейродинамики у дошкольников.

Fig. 3. Age-related changes in neurodynamic indices in preschoolers.

Таблица 2 / Table 2

Показатели альфа-ритма при функциональных пробах у детей 4–10 лет
Alpha-rhythm indices during functional tests in 4–10 years children

| Группа детей | Group of children | Возраст, лет Age, years | Открытие глаз Opening of eyes | | | |
|---------------------|------------------------|----------------------------|--|------------------------|----------------------|-----------------|
| | | | депрессия альфа-ритма, % alpha-rhythm depression, % | | частота frequency | |
| | | | по амплитуде amplitude | по индексу by index | слева left | справа right |
| Здоровые | Healthy | 4–6 | 15.00 | 22.00 | 8.8 ± 0.4 | 9.2 ± 0.3 |
| С нарушением зрения | With visual impairment | 7–10 | 25.90 | 37.40 | 9.3 ± 0,3 | 9.7 ± 0,6 |
| Здоровые | Healthy | 4–6 | 10.80 | 26.60 | 9.0 ± 0,5 | 9.1 ± 0,7 |
| С нарушением зрения | With visual impairment | 7–10 | 3.00 | 7.00 | 8.9 ± 0,8 | 8.9 ± 0,6 |
| | | | Закрывание глаз Closing of eyes | | | |
| | | | восстановление, % restoration, % | | частота frequency | |
| | | | по амплитуде amplitude | по индексу by index | слева left | справа right |
| Здоровые | Healthy | 4–6 | до 149.0 | до 178.5 | 8.6 ± 0,5 | 8.6 ± 0,8 |
| С нарушением зрения | With visual impairment | 7–10 | до 193.4 | до 244.6 | 8.1 ± 0,2 | 9.3 ± 0,5* |
| Здоровые | Healthy | 4–6 | до 118.0 | до 142.0 | 8.7 ± 0,4 | 8.9 ± 0,6 |
| С нарушением зрения | With visual impairment | 7–10 | до 224.7 | до 177.7 | 9.3 ± 0,7 | 9.3 ± 0,5 |

Примечание. * – достоверные отличия с показателями левого полушария.

Note. * – significant differences with the indices of the left hemisphere.

Судя по показателям теппинг-теста, у детей НЗ подвижность нервных процессов была ниже, а утомляемость выше, чем у здоровых детей; с возрастом у них отмечалась тенденция к увеличению подвижности, но в 9–10 лет – к снижению (у девочек с $45,4 \pm 3,2$ до $38,2 \pm 2,8$ при $p < 0,05$). Показатели утомляемости у мальчиков в 5 лет снижались, а у девочек – несколько возросли.

При общей тенденции к снижению с возрастом показателя утомляемости у мальчиков 8 лет с нарушением зрения отмечена тенденция к его увеличению ($10 \pm 2,1$ до $15,2 \pm 3,2$). Только у детей 10 лет с нарушением зрения утомляемость была ниже, чем у здоровых сверстников.

Точность воспроизведения временных промежутков в одну минуту с возрастом повышалась у большинства детей с нарушением зрения. Характерно, что в 5 лет данный показатель у них был выше, чем у здоровых детей, а в остальные периоды ниже, чем у здоровых. При этом у девочек преобладали ошибки со знаком «–», а у мальчиков – со знаком «+», что свидетельствует о преобладании возбуждения у девочек по сравнению с мальчиками во всех возрастных периодах.

Результаты исследования тактильной чувствительности кожи фаланг пальцев рук ладонной поверхности у здоровых детей показали, что с возрастом она изменяется незначительно. У младших детей НЗ высокая тактильная чувствительность кожи пальцев наблюдалась в 4–5 лет, снижаясь у мальчиков 6 лет. У школьников с нарушением зрения с возрастом тактильная чувствительность заметно увеличивается, у 7-летних и 9–10-летних детей тактильная кожная чувствительность была заметно выше, чем у здоровых.

У детей НЗ с возрастом выявляется тенденция к росту индекса тревожности, например, у мальчиков с $37,1 \pm 2,5$

в 6 лет до $45,8 \pm 3,7$ в 9 лет ($p < 0,05$). Исследователи такой рост связывают с проявлением затруднений в общении и морфофункциональными перестройками головного мозга [13].

На электроэнцефалограммах испытуемых не выявлено значимого усиления межполушарной асимметрии по альфа-ритму. У дошкольников с НЗ его частота на уровне тенденции была выше в левом полушарии ($9,2 \pm 0,3$ и $9 \pm 0,15$ Гц). У младших школьников с НЗ в покое частота альфа-ритма, так же как и у здоровых детей, была выше над правым полушарием ($9,6 \pm 0,6$ и $8,8 \pm 0,4$ Гц), амплитуда альфа-ритма была также несколько выше в височных отведениях правого полушария. Эти данные свидетельствуют о большей уязвимости левого полушария при зрительной сенсорной депривации и о недостаточности сформированной возрастной структуре биоритмов ЭЭГ.

У школьников НЗ при открывании глаз наблюдалась депрессия альфа-ритма на 3% по амплитуде и на 7% – по индексу, что значительно ниже, чем у здоровых школьников (табл. 2). Доминирует альфа-ритм в затылочных, центральных и лобных отведениях.

У испытуемых в группах НЗ в два раза чаще, чем у здоровых, на ЭЭГ отмечена медленноволновая активность. Дельта-ритм выявлялся в два раза чаще, чем у здоровых детей, в лобных, центральных и височных отведениях, при этом амплитуда волн была несколько выше над правым полушарием, чем над левым. В покое над правым полушарием также наблюдаются единичные тета-волны в лобных и центральных отведениях. Повышение медленноволновой активности свидетельствует о нарастании напряжения адаптационно-компенсаторных реакций у детей НЗ с возрастом.

Обсуждение

Выявлено как наличие гетерохронных изменений функциональных показателей у всех испытуемых, так и различия в характере этих изменений у здоровых и детей с нарушением зрения. Так, при общем отставании в возрастном развитии психофизиологических функций на отдельных возрастных этапах у детей с нарушением зрения отмечается ускоренный по сравнению со здоровыми сверстниками темп разнонаправленных изменений тех или иных качеств.

Анализ характера направлений (векторов) ежегодных изменений показателей психофизиологических функций показал выраженные отклонения от усреднённых показателей возрастного развития по шести у здоровых мальчиков и по пяти — у девочек. У всех детей с нарушением зрения отклонения касались семи показателей. У здоровых мальчиков эти отклонения касались показателей координации движений, жизненного индекса, силового индекса, частоты сердечных сокращений, диастолического артериального давления и вариационного размаха, у здоровых девочек — показателей чувства времени, тревожности, тактильной чувствительности, жизненной ёмкости лёгких и частоты сердечных сокращений.

У мальчиков с нарушением зрения отклонения касались показателей чувства времени, подвижности нервных процессов, тревожности, тактильной чувствительности, моды, амплитуды моды и, так же как и у здоровых, диастолического артериального давления. У девочек, как и у здоровых, наибольшие отклонения наблюдались в показателях тревожности, «индивидуальной минуты», тактильной чувствительности, а также утомляемости, моды и индекса напряжения.

Результаты исследований [14] регуляции сердца у студентов, страдающих приобретённой миопией высокой степени, также выявили снижение функциональных резервов и адаптационных возможностей организма. В то же время полученные нами данные согласуются с фактами [7] о достаточных адаптационных возможностях организма детей с сенсорными нарушениями. Известно, что центральная нервная система на большинстве этапов онтогенеза обладает высокими пластическими способностями [15, 16], что лежит в основе компенсаторных изменений при нарушениях функций одного из анализаторов.

Судя по полученным данным, при нарушениях зрения в компенсации нарушенных механизмов восприятия участвует правое полушарие, что проявляется в его большем уровне активности. У детей группы риска [17] также отмечается повышение спектров мощности по основным диапазонам в областях правого полушария. По мнению авторов, отмечается большая уязвимость левого полушария под действием факторов перинатальной патологии. Неравномерность доминирования альфа-ритма по полушариям, частотно-амплитудный его анализ в покое и при функциональных пробах подтверждают мнение о несформированности структуры ритмов ЭЭГ у детей с нарушением зрительной функции. Появление дельта-ритма в 2 раза чаще, чем у здоровых детей, свидетельствует о функциональном напряжении компенсаторных механизмов.

Неравномерные изменения показателей ЧСС можно объяснить выраженными колебаниями вегетативного тонуса при сенсорных нарушениях. Периодические изменения симпатической и парасимпатической активности отмечаются у детей школьного возраста [18]. Эти данные свидетельствуют о необходимости коррекции учебной нагрузки и разработки здоровьесберегающих технологий обучения для школьников с сенсорными нарушениями.

Судя по знаку ошибки у большинства обследованных детей с сенсорными нарушениями, можно отметить преобладание процессов торможения, а в 8 лет у них преобладали процессы возбуждения. Очевидно, развитие торможения в ЦНС, проявляющееся при некоторых двигательных функциях, необходимо для компенсации функционального напряжения вегетативных функций и ускорения процессов восстановления.

При нарушениях зрения в организме сохраняется гетерохронизм возрастных изменений [19], а также наблюдается неравномерность адаптационно-компенсаторных процессов. Эти изменения сочетаются с ростом напряжённости адаптационных процессов у детей, то есть с той «ценой» адаптации, которую организм «платит» на разных возрастных этапах за обеспечение жизнедеятельности при неизбежном снижении отдельных психофизиологических функций. Так, у детей с нарушением зрения зачастую отмечают ограниченность знаний и представлений об окружающем, недостаточность абстрактного мышления [20], а также снижение моторной активности, оптико-пространственного развития, повышение утомляемости и пониженный уровень физического здоровья.

Значительные адаптационно-компенсаторные перестройки в организме детей с нарушениями зрения, сопровождающиеся выраженным функциональным напряжением, потребовали разработки и апробации совместно с медицинским персоналом и педагогами в детском саду школы оздоровительно-коррекционной программы для детей. Программа включала комплексы специальных упражнений для профилактики и коррекции нарушений зрения; психофизические упражнения на внушение и релаксацию по специально разработанной методике Т.В. Поповой [21], упражнения по коррекции сколиоза; элементы йоги, подвижные игры; комплексы дыхательной гимнастики; закаливание. Педагоги применяли методики создания положительного психоэмоционального фона в окружении детей с сенсорными нарушениями, постоянное использование средств поощрения, что стимулировало возникновение чувства радости, интереса к окружающему. Численность групп была сокращена до 5 человек на одного воспитателя. В процессе занятий по программе психофизического оздоровления дети приобретали оптимизм, жизнерадостность, общительность, доброту, уверенность в себе и в своём будущем. Результаты показали ускорение психофизического развития детей, причём применение программы на ранних возрастных этапах у детей с нарушением зрения оказывало более эффективное воздействие на физическое развитие и нейродинамические функции, чем на более поздних этапах онтогенеза.

В условиях широкого распространения разнообразных нарушений зрения [22, 23] проблема адаптационно-компенсаторных механизмов в организме детей с сенсорными нарушениями и способы их коррекции нуждаются в дальнейшем всестороннем изучении. При разработке программ психофизической коррекции и гигиенических условий обучения и воспитания детей с нарушением зрения необходимо учитывать характер гетерохронных изменений психофизиологических функций на каждом возрастном этапе.

Заключение

Адаптационно-компенсаторные перестройки у детей дошкольного и младшего школьного возраста с нарушениями зрения происходят более интенсивно, чем у здоровых детей этого возраста. Эти изменения сопровождаются выраженным функциональным напряжением, в том числе сердечно-сосудистой и центральной нервной систем. Поэтому в образовательные учреждения для таких детей необходимо внедрять коррекционно-оздоровительные программы, включающие методики для физического развития, релаксационные упражнения, а также технологии повышения психоэмоционального состояния. При этом большое значение приобретает индивидуально-личностный подход. Методики индивидуального подхода с учётом особенностей психофизического статуса, а также гигиенические факторы, способствующие эффективному физическому, умственному и психоэмоциональному развитию детей с нарушением зрения, нуждаются в дальнейшем всестороннем исследовании.

Литература

(п.п. 2, 7, 15, 16, 18, 22, 23 см. References)

- Нефедовская Л.В. Исследование качества жизни детей с нарушением зрения. *Вопросы современной педиатрии*. 2009; 8(1): 10–3.
- Викторова О.Е. Развитие зрительного восприятия детей дошкольного возраста с нарушением зрения. *Проблемы современного педагогического образования*. 2017; (54–5): 301–7.
- Григорьева Л.П. Влияние факторов депривации на перцептивно-когнитивное развитие детей. *Вестник Московского государственного лингвистического университета*. 2014; (16): 128–37.
- Карпенко Ю.Д. Физиологические возрастно-половые особенности адаптации детей к учебным нагрузкам. *Фундаментальные исследования*. 2011; (2): 73–7.
- Попова Т.В., Кокорева Е.Г. Физическое развитие детей 7–10 лет с депривацией зрения и слуха. *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка*. 2013; (5): 20–2.
- Кучма В.Р., Скоблина Н.А. Информативность методик оценки физического развития детей и подростков. В кн.: Баранов А.А., Кучма В.Р., ред. *Сборник материалов «Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации»*. Выпуск VI. М.: ПедиатрЪ; 2013: 64–8.
- Баламутова Н.М., Положий В.М., Чумаков О.В. Методика оценки физической подготовленности студентов юридической академии с учетом их индивидуальных антропометрических характеристик. *Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта*. 2008; (4): 8–11.
- Ильин Е.П. *Психофизиология состояний человека*. СПб.: Питер; 2005.
- Немов Р.С., Яценко Д.А. Пути методологического анализа современных теорий личности. *Современная социальная психология: теоретические подходы и прикладные исследования*. 2012; (4): 5–14.
- Баевский Р.М., Семенов Ю.Н. *Комплекс для обработки кардиоинтервалограмм и анализа variability сердечного ритма Варикард 2.51*. Рязань: Рамена; 2007.
- Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Формирование механизмов опознания неполных изображений в дошкольном и младшем школьном возрасте. *Физиология человека*. 2012; 38(5): 15–8.
- Апрелев А.Е., Сетко Н.П., Караулова Е.С., Пашинина Р.В., Бейлина Е.Б., Лозинский А.С. Зависимость объема аккомодации от преобладания вида вегетативного тонуса центральной нервной системы у студентов с миопией различной степени. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015; 10(2): 88–91.
- Кожушко Н.Ю., Пономарев В.А., Матвеев Ю.К., Евдокимов С.А. Возрастные особенности формирования биоэлектрической активности мозга у детей с отдаленными последствиями перинатального поражения ЦНС. Сообщение II. Типология ЭЭГ в норме и при нарушениях психического развития. *Физиология человека*. 2011; 37(3): 5–12.
- Гурова О.А. Вариабельность сердечного ритма у детей дошкольного возраста. *Новые исследования*. 2009; (3): 33–7.
- Дычко Е.А., Дычко В.В., Флегонтова В.В., Пикинер Д.С. Психофизический и психомоторный статус детей с нарушениями зрения. *Вестник Читинского государственного университета*. 2011; (9): 123–9.
- Попова Т.В., Кокорева Е.Г. Системные изменения в организме школьников с сенсорными нарушениями при воздействии коррекционно-оздоровительных программ. *Системная интеграция в здравоохранении*. 2008; (2): 50–4.

References

- Nefedovskaya L.V. Quality of life in children with vision disorders. *Voprosy sovremennoy pediatrii*. 2009; 8(1): 10–3. (in Russian)
- Gwiazda J., Hyman L., Dong L.M., Everett D., Norton T., Kurtz D., et al. Factors associated with high myopia after 7 years of follow-up in the Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET) cohort. *Ophthalmic Epidemiol*. 2007; 14(4): 230–7. <https://doi.org/10.1080/01658100701486459>
- Viktorova O.E. The development of visual perception in preschool children with visual impairment. *Problemy sovremennoy pedagogicheskogo obrazovaniya*. 2017; (54–5): 301–7. (in Russian)
- Grigor'eva L.P. Influence of deprivation effects on perceptual / cognitive development in children. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta*. 2014; (16): 128–37. (in Russian)
- Karpenko Yu.D. Physiological age- and gender-related differences in children's adaptation to study workload. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2011; (2): 73–7. (in Russian)
- Popova T.V., Kokoreva E.G. Physical development of 7–10-year-old children with visual and auditory deprivations. *Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka*. 2013; (5): 20–2. (in Russian)
- Wu P.C., Tsai C.L., Hu C.H., Yang Y.H. Yang Effects of Outdoor Activities on Myopia Among Rural School Children in Taiwan. *Ophthalmic Epidemiol*. 2010; 17(5): 338–42. <https://doi.org/10.3109/09286586.2010.508347>
- Kuchma V.R., Skoblina N.A. Informational content of methods for assessing the physical development of children and adolescents. In: Baranov A.A., Kuchma V.R., eds. *Collection of materials «Physical development of children and adolescents of the Russian Federation»*. Issue VI [Sbornik materialov «Fizicheskoe razvitiye detey i podrostkov Rossiyskoy Federatsii». Выпуск VI]. Moscow: Peditr"; 2013: 64–8. (in Russian)
- Balamutova N.M., Polozhiy V.M., Chumakov O.V. The method of the appraisal of physical preparedness of law academy's students taking into account their individual anthropometrical characteristics. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskije problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta*. 2008; (4): 8–11. (in Russian)
- Il'in E.P. *Psychophysiology of Human Conditions [Psikhofiziologiya sostoyaniy cheloveka]*. St. Petersburg: Piter; 2005. (in Russian)
- Nemov R.S., Yatsenko D.A. The paths of the methodological analysis of personality modern theories. *Sovremennaya sotsial'naya psikhologiya: teoreticheskie podkhody i prikladnye issledovaniya*. 2012; (4): 5–14. (in Russian)
- Baevskiy R.M., Semenov Yu.N. *Complex for Processing Cardiointervalograms and Analysis of Heart Rate Variability Varicard 2.51*. [Kompleks dlya obrabotki kardiointervalogramm i analiza variab'nosti serdechnogo ritma Varikard 2.51]. Ryzan': Ramena; 2007. (in Russian)
- Farber D.A., Petrenko N.E. The formation of mechanisms for the recognition of incomplete images in pre-school and primary school age. *Fiziologiya cheloveka*. 2012; 38(5): 15–8. (in Russian)
- Aprelev A.E., Setko N.P., Karaulova E.S., Pashinina R.V., Beylina E.B., Lozinskiy A.S. Dependence of range of accommodation on the prevalence of cns vegetal tone type at students with varying degree of myopia. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana*. 2015; 10(2): 88–91. (in Russian)
- Hubel D.H., Wiesel T.N., Yeagle E.M., Lafer-Sousa R., Conway B.R. Binocular stereopsis in visual areas V-2, V-3, and V-3A of the macaque monkey. *Cereb. Cortex*. 2015; 25(4): 959–71. <https://doi.org/10.1093/cercor/bht288>
- Glasser M.F., Coalson T.S., Robinson E.C., Hacker C.D., Harwell J., Yacoub E., et al. A multi-modal parcellation of human cerebral cortex. *Nature*. 2016; 536(7615): 171–8. <https://doi.org/10.1038/nature18933>
- Kozhushko N.Yu., Ponomarev V.A., Matveev Yu.K., Evdokimov S.A. Developmental features of the brain bioelectrical activity in children with remote consequences of a perinatal lesion of the CNS. II. EEG typology in normal and mental disorders. *Fiziologiya cheloveka*. 2011; 37(3): 5–12. (in Russian)
- Blaufox A.D., Sleeper L.A., Bradley D.J., Breitbart R.E., Hordof A., Kanter R.J., et al. Functional status, heart rate, and rhythm abnormalities in 521 Fontan patients 6–18 years of age. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2008; 136(1): 100–7. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.12.024>
- Gurova O.A. Heart rate variability in preschool children. *Novye issledovaniya*. 2009; (3): 33–7. (in Russian)
- Dychko E.A., Dychko V.V., Flegontova V.V., Pikiener D.S. Psychophysical and psychomotor status of children with visual disorder. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011; (9): 123–9. (in Russian)
- Popova T.V., Kokoreva E.G. Systemic changes in the body of schoolchildren with sensory impairment under the influence of correctional and health programs. *Sistemnaya integratsiya v zdavoookhraneni*. 2008; (2): 50–4. (in Russian)
- Dai S. Visual impairment in children from myopia: can it be prevented? *Clin. Exp. Ophthalmol*. 2010; 38(3): 229–30. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2010.02271.x>
- Simkin S.K., Misra S.L., Kasture A., McGhee C.N., Dai S. Clinical applicability of the Saccadic Vector Optokinetic Perimeter in children with and without visual impairment. *Clin. Exp. Ophthalmol*. 2019; 102(1): 70–8. <https://doi.org/10.1111/cxo.12803>