

Роль визуальной нагрузки в процессе формирования зрительной системы детей и подростков

М. Л. Кочина, профессор, д-р биол. наук, А. В. Яворский¹, канд. мед. наук; А. С. Евтушенко², врач-офтальмолог

Харьковская медицинская академия последипломного образования

¹Харьковский национальный медицинский университет

²КУОЗ «Харьковская городская клиническая больница № 14 им. проф. Л. Л. Гиришмана»; Харьков (Украина)

E-mail: kochinam@inbox.ru

Ключевые слова: зрительная система, механизмы зрительного восприятия, чтение, параметры оформления текста.

Ключові слова: зорова система, механізми зорового сприйняття, читання, параметри оформлення тексту.

Метою роботи був аналіз впливу текстового візуального навантаження на структурно-функціональний стан зорової системи дітей і підлітків.

Матеріал і методи. Дослідження проведене за участю 97 дітей і підлітків, а також 88 осіб молодого віку. Випробовуваним в якості візуального навантаження були пред'явлені тексти з різними параметрами оформлення (нормальний шрифт — 10 друкарських пунктів, шрифт із заниженими параметрами — 7 друкарських пунктів), реалізовані на паперовому носії. Для оцінки функціонального стану зорової системи в динаміці зорової праці були використані позитивні резерви акомодатії для далечини, найближчі точки ясного зору і конвергенції.

Результати. Використання факторного аналізу дозволило встановити, що у дітей та підлітків не сформовані спеціалізовані механізми сприйняття близько розташованих об'єктів, оскільки зорова праця на близькій відстані викликала напруження зорової системи, яке проявилось зростанням кількості значимих зв'язків, збільшенням вкладу випадковою складовою і наявністю одночасно декількох варіантів організації системи. У осіб молодого віку ці механізми сформовані, оскільки конфігурація і кількість зв'язків в досліджуваній системі збереглися після зорового навантаження.

The role of visual load in process of children and teenagers visual system's formation

M. L. Kochina, A. V. Yavorsky¹, A. S. Evtushenko²

Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education;

¹Kharkiv National Medical University;

²Hirschman City Clinical Hospital № 14; Kharkiv (Ukraine)

Key words: visual system, mechanisms of visual perception, reading, text typographic parameters.

The aim of the research is the analysis of text visual load influence on the structural and functional state of children's and teenagers' visual system. 97 children and teenagers as well as 88 young adults took part in the research.

Methods. The texts with different typographic parameters on the paper carrier have been used as a visual load. The typestyle of 10 typographical points was used for normal texts and 7 typographic points typestyle was used for the texts with undersized parameters. The positive reserve of accommodation for distance, the near point of clear vision and convergence were used for estimation of visual system state in the dynamics of visual work.

Results. The factor analysis allowed to establish that the special mechanisms of visual perception of close objects was not formed in children and teenagers. It was proved by the fact that the visual work at close distance had led to obvious visual system stress. This stress was manifested by the increase in significant connections in the visual system and by presence of random components. The several different types of system organization at the same time were also determined. The configuration and number of connections in the visual system of young adults was preserved after the visual load. This is evidence that the visual system formation is completed in adult persons.

Введение. Во время роста и развития ребенка успешность процесса формирования зрительной системы зависит от целого ряда факторов, к которым относятся особенности ее структурно-функциональной организации, наследственная пред-

расположенность к зрительной патологии, условия жизни, визуальная среда, а также качество и количество зрительной информации, которую не-

обходимо обрабатывать. В связи с этим большое значение имеет визуальное окружение ребенка, являющееся своеобразной «зрительной средой обитания» [5, 6, 8, 13, 17, 18, 20].

Каждому этапу формирования зрительной системы соответствует свой вид оптимальной визуальной нагрузки, определяемый размерами объектов различения, их контрастностью, цветовой гаммой [4, 8–11, 13, 16]. При низком качестве визуальной нагрузки или длительном взаимодействии с ней зрительная система ребенка будет поставлена в сложные условия функционирования, что потребует для зрительного восприятия мобилизации всех резервов. Кроме того, следует учитывать, что все элементы человеческого организма не идеальны, в любых парных органах существуют различия, которые компенсируются за счет установления определенной системы связей между ними. В зрительной системе, имеющей две монокулярных подсистемы, для качественного зрительного восприятия в процессе роста ребенка устанавливаются достаточно сложные отношения [1, 7]. Если в системе существуют «дефекты», обусловленные разной структурной организацией или функциональными возможностями монокулярных подсистем, то в процессе роста может сформироваться как бинокулярная система с высокими зрительными функциями, так и упрощенная — монокулярная, с ограниченными возможностями [1, 7, 16, 19, 20].

Визуальное окружение современных детей и подростков существенно изменилось за последние два десятилетия и, соответственно, изменилась его роль в процессе формирования зрительной системы. Усложнение визуального окружения обусловлено появлением новых носителей зрительной информации и изменением качества существующих. К визуально действующим факторам в разные возрастные периоды можно отнести как традиционные (игры, игрушки, учебники, художественная литература, телевидение), так и достаточно новые (компьютеры, планшеты, игровые приставки, электронные игровые устройства типа тетрис, игры на экране мобильного телефона). Оценка длительности и периодичности воздействия указанных факторов позволяет отнести их к первостепенным по влиянию на состояние зрительной системы [5, 6, 8, 9]. Можно выделить характеристики зрительной нагрузки, оказывающие влияние на функциональное состояние зрительной системы. Это, прежде всего, размер объектов восприятия, который гигиенически регламентируется для каждого возраста [10, 13]. Кроме того, существенную роль играет контрастность объектов, поскольку одним из механизмов зрительного восприятия является выделение и подчеркивание контуров воспринимаемого изображения. Способ формирования изображения (непрерывный, дискретный) также оказывает влия-

ние на зрительную систему, поскольку восприятие дискретного изображения с монитора компьютера, экрана мобильного телефона или планшета требует большего напряжения центральных механизмов зрительного восприятия по сравнению с восприятием непрерывного изображения с бумажного носителя.

Следующей характеристикой является цветовой состав воспринимаемой информации, включающий не только окраску интересующего объекта различения, но и цветовые соотношения его частей и окружающего пространства. Влияние цвета связано не только со значительным психоэмоциональным воздействием на организм, что может оказывать негативное влияние на общее состояние ребенка, но и с особенностями восприятия различных цветов.

Несмотря на значительную популярность новых носителей визуальной информации, чтение по-прежнему остается основным способом получения знаний в процессе обучения и досуга. К сожалению, качество печатной продукции для детей не всегда соответствует современным гигиеническим требованиям, что может стать причиной появления зрительных расстройств.

Целью данной работы является анализ влияния текстовой визуальной нагрузки на структурно-функциональное состояние зрительной системы детей и подростков.

Объект и методы исследования

Для подтверждения влияния параметров оформления текстовой нагрузки на бумажном носителе на процесс формирования зрительной системы, а также развитие донозологической и патологии, были проведены исследования с участием 97 детей и подростков. Критериями включения в группу испытуемых были: острота зрения вдаль и вблизи не менее 1, положительные резервы аккомодации для дали и близи не менее 3Д, положение ближайших точек ясного зрения и конвергенции в интервале 3–7см.

Для сравнения было проведено изучение влияния текстов с заниженными параметрами удобочитаемости на зрительную систему 88 лиц молодого возраста (студенты ВУЗа, средний возраст $(20 \pm 1,5)$ лет), без выявленной офтальмологической патологии.

До и после работы с визуальной нагрузкой, продолжавшейся 45 минут и проходившей в разные дни, у всех испытуемых были определены острота зрения для дали и близи, положительные резервы аккомодации (Ра) для дали и близи, ближайшие точки ясного зрения (Бт) и конвергенции (Бтк). С использованием корреляционного анализа (путем удаления сильно коррелирующих показателей) из всех исследованных показателей для описания процесса восприятия визуальной информации были выделены положительные Ра для дали, а также положение Бт и Бтк обоих глаз.

В процессе исследований в качестве визуальной нагрузки испытуемым были предъявлены тексты с разными параметрами удобочитаемости (первая нагрузка — нормальный шрифт — 10 типографских пунктов, вторая нагрузка — шрифт с заниженными параметрами — 7 типографских

пунктов), реализованными на бумажном носителе. Зрительная задача состояла в отыскании и зачеркивании в тексте заданной буквы. Для обработки результатов исследований использованы корреляционный и факторный анализ, описательные статистики, непараметрические критерии различий (Манна Уитни, Вилкоксона), методы анализа альтернативных признаков.

Результаты и их обсуждение

Испытуемые были разделены на три возрастные группы: младшего, среднего и старшего школьного возраста. В соответствии с результатами исследований Н. М. Масловой [11,12], Н. Н. Васильевой [2,3] к младшей группе отнесены дети 6–10 лет, зрительная система которых характеризуется структурно-функциональной незрелостью, большой подвижностью и лабильностью функций. Среднюю группу составили испытуемые 11–12 лет. Этот возрастной период характеризуется меньшей лабильностью функций, но более выраженной реакцией на зрительную нагрузку, что, возможно, обусловлено значительными структурно-функциональными сдвигами во всем организме, разбалансировкой гормональных и обменных процессов. В старшей

возрастной группе (13–15) лет происходит завершение формирования зрительной системы, что характеризуется большей устойчивостью функциональных реакций на зрительную нагрузку, обусловленной формированием структурного следа адаптации к чтению, поскольку данный вид зрительной нагрузки является основным на протяжении всего периода обучения в школе.

В табл. 1 представлены средние значения функциональных показателей зрительной системы детей и подростков разных возрастных групп, а также лиц молодого возраста. По приведенным данным очевидно, что первая возрастная группа (6–10) лет имеет достоверно более низкие значения функциональных показателей, чем вторая (11–12) лет. У детей второй возрастной группы функциональные показатели близки по значениям к таковым у взрослых, однако в этом возрасте еще сохраняется высокая пластичность зрительной системы.

В старшей возрастной группе значения Ра несколько ниже, чем в средней группе, а вот Бт в этой группе наиболее близки к показателям взрослых (у взрослых людей в норме они располагаются на расстоянии 7–8 см от глаз).

В табл. 2 представлены средние значения показателей после зрительного труда с текстовой нагрузкой. Первая нагрузка — текст с параметрами оформления, соответствующими возрастным нормам. Вторая нагрузка — текст с заниженным размером шрифта.

Анализ представленных в табл. 2 данных и сравнение их с исходными значениями показателей (табл. 1) позволяет сделать некоторые заключения. Можно отметить, что во всех возрастных группах в результате работы на близком расстоянии наблюдается некоторый рост Ра и приближение к глазам Бт и Бтк. Однако статистически достоверные изменения нами выявлены только относительно Ра. Это может быть обусловлено разнонаправленным изменением показателей у детей и подростков в исследованных группах. Для выявления закономерностей изменения показателей в процессе зрительного труда была

Таблица 1. Значения функциональных показателей зрительной системы детей, подростков и лиц молодого возраста

| Возраст, годы | Показатели | | | | |
|---------------|------------|-----------|------------|------------|----------|
| | Ра OD (Д) | Ра OS (Д) | Бт OD (см) | Бт OS (см) | Бтк (см) |
| 6–10 (n=33) | 3,9±1,8* | 4,4±1,9* | 5,7±1,2 | 4,5±1,5 | 5,0±1,3 |
| 11–12 (n=25) | 8,4±1,3 | 8,1±1,4 | 5,2±1,7 | 5,4±1,8 | 4,2±1,6 |
| 13–15 (n=39) | 7,3±1,4 | 7,2±1,6 | 6,0±1,2 | 6,0±1,5 | 4,8±1,5 |
| 18–22 (n=88) | 5,4±2,7 | 5,2±2,8 | 6,6±1,9 | 6,7±1,8 | 6,0±1,8 |

Примечания: * — различия в значениях резервов аккомодации в группе детей младшего возраста и детей средней группы достоверны по критерию Манна-Уитни (p<0,05); n — количество детей в группе.

Таблица 2. Значения функциональных показателей зрительной системы детей и подростков после зрительного труда с печатными текстами

| Вид нагрузки | Возраст, годы | Показатели | | | | |
|--------------|---------------|------------|-----------|------------|------------|----------|
| | | Ра OD (Д) | Ра OS (Д) | Бт OD (см) | Бт OS (см) | Бтк (см) |
| Первая | 6–10 | 5,3±1,7* | 5,3±1,8* | 5,5±1,1 | 5,3±1,3 | 3,8±1,1 |
| | 11–12 | 9,5±1,3 | 9,4±1,6 | 4,9±1,7 | 4,6±1,6 | 3,4±1,1 |
| | 13–15 | 7,7±1,5 | 7,9±1,5 | 5,6±1,2 | 5,4±1,4 | 4,3±1,7 |
| Вторая | 6–10 | 5,7±1,3** | 5,6±1,2** | 5,2±1,0 | 5,1±1,0 | 3,4±1,1 |
| | 11–12 | 8,8±1,2 | 8,7±1,1 | 6,2±2,1 | 6,3±2,5 | 3,9±1,7 |
| | 13–15 | 8,3±1,3 | 8,1±1,2 | 6,3±1,1 | 6,2±1,2 | 4,8±1,5 |
| | 18–22 | 5,4±2,9 | 5,3±2,8 | 6,5±1,9 | 6,6±1,9 | 6,1±1,8 |

Примечания: * — различия в значениях резервов аккомодации в группе детей младшего возраста и детей средней группы достоверны по критерию Манна-Уитни (P<0,05); ** — различия в значениях резервов аккомодации в младшей и старшей возрастных группах достоверны по критерию Манна-Уитни (P<0,05).

Таблица 3. Распределение показателей в группы в зависимости от частоты встречаемости характера изменения

| Вид нагрузки | Возраст, годы | Показатель | Характер изменения (%) | | |
|--------------|---------------|------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Рост | Снижение | Без изменения |
| Первая | 6–10 (n=33) | Ра | 60±8,5 | 23±7,3 ¹ | 17±6,5 ² |
| | | Бт | 22±7,2 ¹ | 65±8,3 | 13±5,9 ³ |
| | | Бтк | 25±7,5 ¹ | 55±8,7 | 20±7,0 ³ |
| | 11–12 (n=25) | Ра | 60±9,8 | 20±8,0 ¹ | 20±8,0 ² |
| | | Бт | 19±8,0 ¹ | 61±9,8 | 20±8,0 ³ |
| | | Бтк | 5,0±4,1 ¹ | 85±7,1 | 10±6,0 ³ |
| | 13–15 (n=39) | Ра | 66±7,6 | 15±5,8 ¹ | 19±6,3 ² |
| | | Бт | 26±7,0 ¹ | 57±7,9 | 17±6,0 ³ |
| | | Бтк | 18±6,0 ¹ | 60±7,8 | 22±6,6 ³ |
| Вторая | 6–10 (n=33) | Ра | 55±8,7 | 25±7,8 ¹ | 20±7,0 ² |
| | | Бт | 30±8,0 | 55±8,7 | 15±6,2 ³ |
| | | Бтк | 20±7,0 ¹ | 60±8,5 | 20±7,0 ³ |
| | 11–12 (n=25) | Ра | 45±10,6 | 34±9,5 | 21±8,1 |
| | | Бт | 31±9,2 | 52±10,0 | 17±7,5 ³ |
| | | Бтк | 26±8,8 ¹ | 63±9,7 | 11±6,3 ³ |
| | 13–15 (n=39) | Ра | 51±8,0 | 35±7,6 | 14±5,6 ² |
| | | Бт | 21±8,0 ¹ | 66±7,6 | 13±5,5 ³ |
| | | Бтк | 37±7,7 | 41±7,9 | 22±6,6 |
| | 18–22 (n=88) | Ра | 24±4,5 ² | 25±4,6 ³ | 51±5,3 |
| | | Бт | 33±4,5 | 40±5,2 | 27±4,7 |
| | | Бтк | 42±5,2 | 29±4,8 | 29±4,8 |

Примечания: ¹ — различия в частоте встречаемости роста и снижения показателя достоверны (p<0,001);

² — различия в частоте встречаемости роста показателя и отсутствия изменения достоверны (p<0,001);

³ — различия в частоте встречаемости снижения показателя и отсутствия изменения достоверны (p<0,001);

n — объем группы.

проанализирована частота встречаемости каждого из трех возможных вариантов изменений показателя (рост, снижение, без изменения) при двух видах зрительной нагрузки (табл. 3).

Анализируя представленные данные, можно отметить, что после первой нагрузки во всех возрастных группах достоверными изменениями показателей являются рост Ра и уменьшение Бт и Бтк. Такое изменение показателей свидетельствует о формировании состояния, сходного с транзиторной миопией [14,15]. Выявленный рост Ра после работы происходил, фактически, на величину возникшей транзиторной миопии и прекращался через 1–2 часа.

Для оценки динамики функциональных показателей детей и подростков под влиянием чтения текстов с различными параметрами оформления была сформулирована гипотеза об информативности структуры взаимосвязей этих показателей, которая должна изменяться в процессе зрительного труда. Для проверки указанной гипотезы был проведен факторный анализ имеющихся данных и построены факторные структуры (рис. 1).

В младшей возрастной группе (рис. 1, а и б) как до, так и после двух видов нагрузки структуры пла-

стичные, поскольку содержат по два фактора. Суммарный вклад факторов в общую дисперсию во всех случаях близок по значению и составляет 85–88 %. До чтения первый фактор объединяет все исследуемые показатели и образует с ними достаточно сильные положительные связи (коэффициенты корреляции составляют 0,7–0,9). Вклад этого фактора в общую дисперсию составляет 59 %. Зрительная система детей этой возрастной группы находится в процессе активного формирования, и значения ее функциональных показателей увеличиваются. Влияние первого фактора приводит к возрастанию всех исследуемых показателей, и этот фактор может быть назван фактором «роста».

После первой нагрузки (рис.1,а) структура связей первого фактора сохраняется, хотя связи в нем несколько ослабевают, а вклад в общую дисперсию уменьшается до 43 %. Этот фактор — как и до нагрузки — приводит к увеличению всех показателей и является фактором «роста».

Второй фактор до работы объединяет только Ра для дали обоих глаз, вызывая их однонаправленное изменение. Этот фактор может быть назван «аккомодационным». Присутствие этого фактора можно объяснить тем фактом, что в младшем возрасте ребенок, в основном, воспринимает достаточно крупные объекты на удаленном расстоянии. После первой нагрузки вклад второго фактора увеличился почти вдвое. Структура связей во втором факторе изменилась.

Теперь его влияние приводит не только к росту Ра, но и к приближению к глазам Бт. Этот фактор после работы объединяет показатели, связанные с аккомодацией вдаль и вблизи, поэтому он назван «аккомодационным». Структура связей показателей с этим фактором характерна для состояния, сходного с транзиторной миопией (рост Ра и приближение к глазам Бт).

Кроме того, можно отметить, что работа с текстом при нормальных параметрах оформления привела зрительную систему детей в напряжение, о чем свидетельствует увеличение количества значимых связей в структуре с семи — до работы, до девяти — после.

После второй нагрузки (рис. 1, б) фактор «роста» сохранился и его вклад в общую дисперсию такой же, как и после первой нагрузки. Второй фактор также имеет сходный вклад в общую дисперсию, как и в случае первой нагрузки. Характер связей в нем такой же, как и после первой нагрузки. Он образует сильные положительные связи с Ра и отрицательные с Бт и Бтк. Поскольку в структуру вошла Бтк, то фактор можно назвать «аккомодационно-конвергентным». Такая конфигурация связей также характерна для транзиторной миопии. Количество значимых связей в структуре после второй нагрузки достигает десяти, что указывает

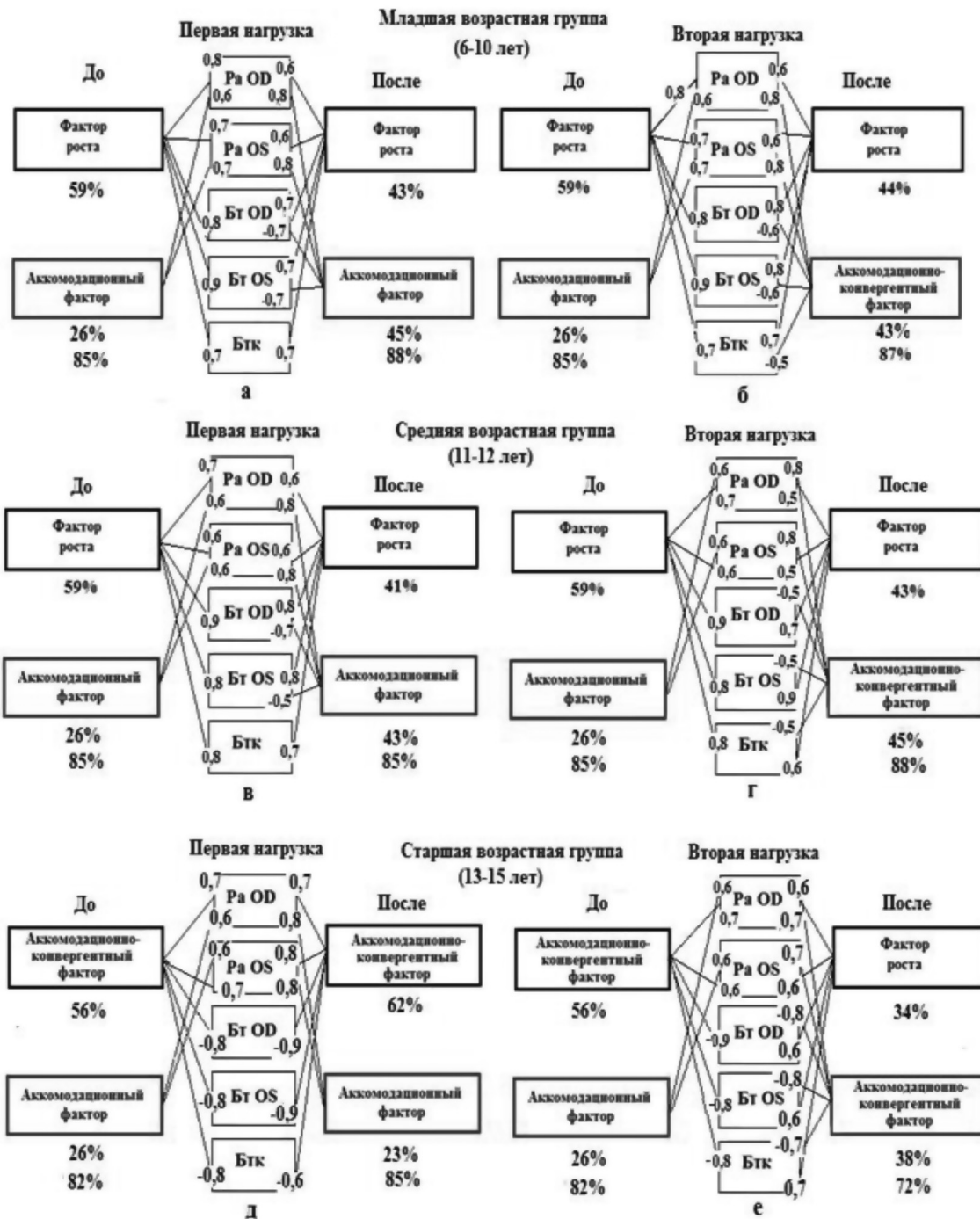


Рис. 1. Факторные структуры функциональных показателей детей и подростков до и после чтения текстов на бумажном носителе с разными параметрами оформления.

на еще большее, в сравнении с первой нагрузкой, напряжение зрительной системы.

Полученные результаты указывают на то, что тексты — как с нормальными параметрами оформления, так и с заниженным размером шрифта — оказывают влияние на функционирование зрительной системы детей младшего возраста и вызывают состояние, сходное с транзиторной миопией. В исследовании приняли участие здоровые дети, без

выявленной офтальмологической патологии. Присутствие в факторных структурах фактора, вызывающего изменение показателей по миопическому типу, указывает на возможность формирования миопии под влиянием текстовой нагрузки, особенно с заниженными параметрами оформления. Можно предположить, что работа с первой и второй визуальной нагрузкой у детей, имеющих низкие функциональные резервы зрительной системы, с

большей вероятностью приведет к формированию патологии.

Структуры взаимосвязей между показателями зрительной системы у детей средней возрастной группы (11–12 лет) после двух видов визуальной нагрузки представлены на рис. 1, в-г. Можно отметить, что конфигурация связей в полученных факторных структурах, их трансформация после двух видов визуальной нагрузки вклад в общую дисперсию сходны с таковыми в младшей возрастной группе. Некоторые отличия состоят только в значениях факторных нагрузок.

Полученный результат указывает на то, что и в возрасте 11–12 лет зрительная система не имеет сформированного механизма оптимального восприятия объектов на близком расстоянии. Появление «прообраза» этого механизма, сходного с миопией, наблюдается при предъявлении детям визуальной нагрузки с заниженными параметрами оформления.

Результаты оценки взаимосвязей между показателями зрительной системы у детей старшей возрастной группы (13–15 лет) представлены на рис. 1, д-е. Сравнивая полученные структуры со структурами младшей и средней возрастных групп, можно отметить, что они различаются. Как до работы, так и после работы в структуре присутствует фактор, конфигурация связей которого соответствует функциональной системе «миопического» типа, обеспечивающей работу на близком расстоянии, т.е. к этому возрасту такая система уже сформирована. Обычно к 14–15 годам, если имелись предрасполагающие факторы и условия, у детей уже возникла «школьная» миопия. В данном случае, поскольку в исследованиях принимали участие здоровые дети и подростки, полученный результат указывает на сформированную систему восприятия мелких объектов на близком расстоянии.

Первый фактор — как до, так и после работы — можно назвать «аккомодационно-конвергентным», поскольку он объединяет показатели аккомодации (Ра и Бт), а также Бтк, которая кроме аккомодации связана и с конвергенцией. Второй фактор до работы влияет только на аккомодацию вдаль, поэтому назван «аккомодационным». После первой нагрузки первый фактор («аккомодационно-конвергентный») отличается от исходного незначительным ростом факторных нагрузок. Полученные факторные структуры как до, так и после первой нагрузки указывают на то, что эта нагрузка адекватна возможностям зрительной системы подростков старшей группы, поскольку не вызывает ее структурно-функциональную перестройку.

Вторая нагрузка и в этой возрастной группе привела к росту количества значимых связей с семи до десяти, что свидетельствует о напряжении зрительной системы. Кроме того, можно отметить, что вторая нагрузка снизила процент дисперсии, объясняемой исследуемыми показателями, что может свидетельствовать о наличии еще каких-то факторов, влияющих на зрительную систему, например, связанных со значительным нервно-эмоциональным напряжением испытуемых, обусловленным низким качеством предъявленного текста. Второй фактор в структуре после второй нагрузки (рис. 1, е) идентичен фактору «роста», имеющемуся в младшей и средней группах.

Для сравнения нами были определены показатели зрительной системы молодых людей и построена факторная структура до и после чтения текста с заниженными параметрами удобочитаемости (рис. 2). Можно отметить, что исходная факторная структура у молодых людей (рис. 2) отличается от структуры подростков (рис. 1, д-е). Структура молодых людей практически полностью описывает зрительную систему, поскольку вклад факторов в

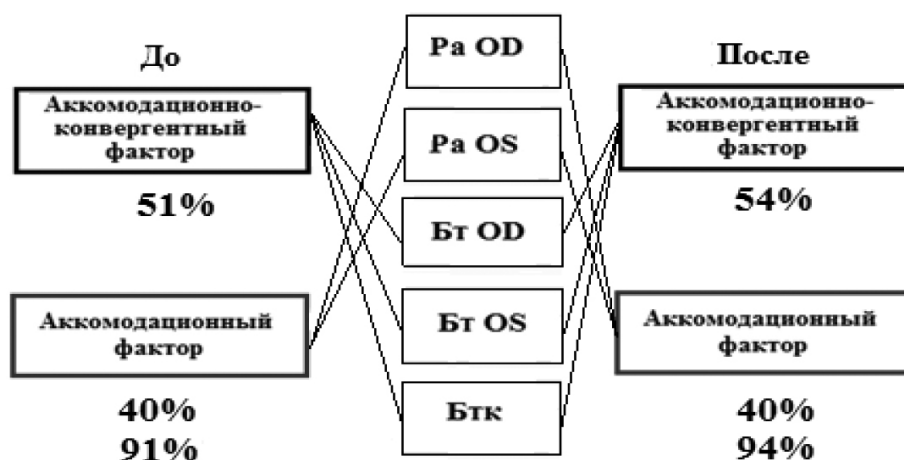


Рис. 2. Факторные структуры функциональных показателей у лиц молодого возраста до и после чтения текста на бумажном носителе с заниженными параметрами оформления.

общую дисперсию составляет 91 %, на случайную составляющую приходится только 9 %. В сумме два фактора образуют универсальную структуру, обеспечивающую восприятие объектов на разном расстоянии («аккомодационно-конвергентный» фактор — работу вблизи, «аккомодационный» — восприятие вдаль).

После работы вклад факторов в общую дисперсию еще увеличивается и составляет 94 %, а вот конфигурация связей в структуре не изменяется. Такая ситуация может свидетельствовать о том, что система восприятия информации на разных расстояниях сформирована, а зрительный труд с текстом на близком расстоянии, даже с заниженными параметрами оформления, не вызывает ее существенного напряжения. Это подтверждается сохранением исходной конфигурации структуры и количества связей. Если сравнить структуру на рис. 2 со структурами детей и подростков (рис. 1, а-е), то можно отметить существенные различия. У молодых людей отсутствует фактор «роста», до и после работы наблюдается одинаковая конфигурация факторов и одинаковое количество значимых связей. Кроме того, выделенные факторы вносят самый большой вклад в общую дисперсию (более 90 %), что также свидетельствует о завершении формирования системы, поскольку случайная составляющая на структуру связей влияет мало. У детей и подростков работа, даже с оптимальной и соответствующей возрасту визуальной нагрузкой, вызывает явное напряжение зрительной системы, проявляющееся ростом числа значимых связей, весомым вкладом случайной составляющей и наличием одновременно нескольких вариантов объединения показателей.

Литература

1. **Аветисов Э. С.** Содружественное косоглазие [Текст] : монография / Э. С. Аветисов. — М. : Медицина, 1977. — 312 с.
2. **Васильева Н. Н.** Бинокулярная зрительная система развивающегося организма (монография) / Н. Н. Васильева. — Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. — 208 с.
3. **Васильева Н. Н.** Бинокулярное зрение: механизмы, развитие, диагностика, коррекция: уч. пособие / Н. Н. Васильева — Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2005. — 97 с.
4. Возрастные особенности функциональной организации системы получения и первичной обработки визуальной информации / [М. Л. Кочина, А. В. Яворский, А. С. Евтушенко, С. Н. Лад] // Клиническая информатика и телемедицина. — 2013. — № 10 (Т9). — С. 136–140.
5. Изменение функционального состояния зрительного анализатора детей школьного возраста в процессе работы с учебниками / [Н. С. Польша, А. Г. Платонова, С. Н. Джуриная, Е. С. Шарбан] // Гигиена населенных мест. — 2011. — № 57. — С.354–357.
6. Изучение особенностей визуального окружения современной молодежи с помощью информационно-энтропийного метода / Л. В. Подригало, К. М. Сокол, Н. М. Филатова и др. // Медицина сьогодні і завтра. — 2008. — № 1. — С.140–143
7. **Коган А. И.** Роль компенсации в становлении и работе сенсорно-двигательного аппарата бинокулярной зрительной системы // Механизмы опознания зрительных образов: Сб. ст. / Под ред. В. Д. Глезера. — Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1967. — С. 61–76.
8. **Кочина М. Л.** Концепция формирования зрительной системы детей и подростков под влиянием визуальной нагрузки / М. Л. Кочина, А. В. Яворский // Вісник проблем біології і медицини. — 2013. — Вип. 3 (Т2). — С.170–175.
9. **Кочина М. Л.** Обоснование подходов к коррекции зрительных расстройств у детей и подростков / М. Л. Кочина, А. В. Яворский // Вісник проблем біології і медицини. — 2013. — Вып.4. — Том.1.(104). — С.147–152.
10. **Кривоносов М. В.** Гигиеническое обоснование принципов профилактики неблагоприятного воздействия

Выводы

1. Оценка конфигурации связей в факторных структурах показала, что у детей 6–10 и 11–12 лет продолжается рост и формирование зрительной системы, о чем свидетельствует наличие фактора «роста», вызывающего однонаправленные изменения всех исследованных показателей, который сохраняется в системе после разных видов зрительной нагрузки. Появление в факторной структуре после нагрузки «аккомодационно-конвергентного» фактора подтверждает формирование у детей механизма, обеспечивающего чтение текстов на близком расстоянии.

2. У детей и подростков зрительный труд на близком расстоянии, даже с оптимальной и соответствующей возрасту визуальной нагрузкой, вызывает явное напряжение зрительной системы, проявляющееся ростом числа значимых связей, увеличением вклада случайной составляющей и наличием нескольких вариантов организации исследуемой системы, о чем свидетельствует существование «аккомодационно-конвергентного» фактора вместе с фактором «роста».

3. У молодых людей отсутствует фактор «роста», исходная конфигурация факторных структур сохраняется после зрительного труда, не изменяется количество значимых связей. Выделенные в факторных структурах факторы вносят самый большой вклад в общую дисперсию (более 90 %) по сравнению с другими возрастными группами, а конфигурация связей в них указывает на наличие специализированных механизмов восприятия объектов, находящихся на разных расстояниях, что свидетельствует о завершении формирования системы приема и первичной обработки визуальной информации.

- современных факторов визуального окружения школьников / М. В. Кривоносов, Л. В. Подригало // Экспериментальна і клінічна медицина. — 2004. — № 2. — С.112–115.
11. **Маслова Н. М.** Динаміка функціональних показників зорової системи дітей і підлітків в процесі навчання у школі: автореф. дис. канд. мед.наук: спец.14.03.03 «Нормальная физиология» / Н. М. Маслова. — Донецк, 2005. — 20 с.
 12. **Маслова Н. М.** Результаты исследования закономерностей формирования зрительной системы детей в процессе обучения в школе / Н. М. Маслова // Гігієна населених місць — 2003. — Вип. 41. — С.323–326.
 13. Офтальмо-гигиенические аспекты современного визуального окружения детей, подростков и молодежи [Текст]: монография / И. В. Сергета, Л. В. Подригало, Н. В. Малачкова. — Винница : ФЛП Данилюк В. Г., 2009. — 176 с.
 14. **Шаповалов С. Л.** Аккомодационная функция глаза при некоторых видах зрительной работы / С. Л. Шаповалов // Офтальмоэргономика. — М.: 1976. — С.43–52.
 15. **Шаповалов С. Л., Милявская Т. И., Игнатьев С. А.** Аккомодация глаза и ее нарушения [Текст]: монография / С. Л. Шаповалов, Т. И. Милявская, С. А. Игнатьев. — Изд-во: МиК, 2012. — 88 с.
 16. **Яворский А. В.** Анализ особенностей формирования функциональной системы приема и первичной переработки визуальной информации / А. В. Яворский // Кибернетика и вычислительная техника. — 2012. — № 170. — С.28–40
 17. **Fairclough S. H., Venables, L., Tattersall, A. J.** The influence of task demand and learning on the psychophysiological response // International Journal of Psychophysiology. — 2005. — Vol.56. — P.171–184.
 18. **Gilleade K. M.** Using Frustration in the Design of Adaptive Videogames / K. M. Gilleade, A. Dix // Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in computer entertainment technology. ACM. — New York, USA, 2004. — P.228–232.
 19. Microsaccades counteract visual fading during fixation / [S. Martinez-Conde, S. L. Macknik, X. G. Troncoso, T. A. Dyar] // Neuron. — 2006. — V.49(2). — P.297–305.
 20. **Villarreal M. G., Ohlsson J., Abrahamsson M., Sjostrand J.** Myopisation: The refractive tendency in teenagers. Prevalence of myopia among young teenagers in Sweden // Acta Ophthalmol. Scandinavica. — 2000. — Vol.78. — P.177–181.

Поступила 18.03.2015