

УДК:617.75-02:613.955

# Возрастные особенности функциональной организации системы получения и первичной обработки визуальной информации

М. Л. Кочина<sup>1</sup>, А. В. Яворский<sup>2</sup>, С. Н. Лад<sup>2</sup>, А. С. Евтушенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харьковская медицинская академия последипломного образования, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный медицинский университет, Украина

<sup>3</sup>КУОЗ «Харьковская городская клиническая больница №14 им. проф. Л. Л. Гиршмана», Украина

## Резюме

Проведено исследование показателей зрительной системы, обеспечивающих зрительное восприятие на близком расстоянии, у 1272 человек в возрасте от 6 до 17 лет. Всем испытуемым определяли резервы аккомодации, положение ближайшей точки конвергенции, конвергентные и дивергентные фузионные резервы. Для обработки данных были использованы описательные статистики, корреляционный и факторный анализ. В первых трех возрастных группах (6–13 лет) положение ближайшей точки ясного зрения зависит от фузионных резервов и приближается к глазам при их увеличении. В старших возрастных группах (14–17 лет) положение ближайшей точки ясного зрения определяется резервами аккомодации, увеличение которых приводит к ее приближению к глазам. Таким образом, в процессе роста ребенка в зрительной системе происходит разделение механизмов настройки и фокусировки, обеспечиваемых аккомодацией и конвергенцией, и первичного анализа информации, происходящего в центральных отделах зрительной системы при участии фузии.

**Ключевые слова:** аккомодация, конвергенция, фузия, механизмы зрительного восприятия.

**Клин. информат. и Телемед.**  
2013. Т.9. Вып.10. с.136–140

## Введение

Зрительная система представляет собой сложную функциональную систему, содержащую много уровней переработки информации, успешность работы которой определяется особенностями ее строения и функционирования, а также качеством, количеством и условиями предъявления визуальной информации [1–3]. Восприятие объектов зрительной системой в норме осуществляется посредством двух глаз, на сетчатке каждого из которых формируется изображение. Если система имеет нормальную структурно-функциональную организацию, то эти изображения при дальнейшей их обработке накладываются друг на друга и сливаются в единый зрительный образ, локализующийся в определенной точке пространства [4,5]. Важными механизмами, обеспечивающими прием и первичную переработку визуальной информации на близком расстоянии, являются аккомодация, конвергенция и фузия. Аккомодация обеспечивает качественное восприятие объектов, находящихся на разном расстоянии. Конвергенция позволяет определенным образом установить глаза для восприятия объектов на заданном расстоянии. Фузия – сложный физиологический механизм, обеспечивающий слияние двух монокулярных изображений в единый

зрительный образ. В механизме фузии выделяют два компонента: двигательный (опто-моторный фузионный рефлекс) и сенсорный (собственно фузию) [4–7]. Показателем, характеризующим фузионные возможности зрительной системы, являются фузионные резервы [4, 8].

В зависимости от исходного состояния и условий формирования возможно несколько вариантов функционирования зрительной системы – монокулярное, одновременное, аномальное бинокулярное и бинокулярное [4, 8]. При монокулярном и одновременном восприятии фузионные механизмы не задействованы. При аномальном бинокулярном зрении они работают по укороченной программе. Бинокулярное зрение возникает у ребенка позднее других зрительных функций и является наиболее совершенным способом зрительного восприятия. Это зрение вырабатывается в процессе сотрудничества двух монокулярных подсистем в создании единого зрительного ощущения. При бинокулярном зрительном акте деятельность правой и левой половин зрительного анализатора объединена таким образом, что они функционируют как единый орган. В результате такого объединения сенсорного и двигательного отделов зрительного анализатора видимые предметы воспринимаются одиночно и локализируются в пространстве именно в тех местах, где они дей-

ствительно находятся. Бинокулярное зрение по сравнению с монокулярным и одновременным дает человеку возможность правильно оценивать расстояния, усиливает воспринимаемую яркость объекта (бинокулярная суммация), обеспечивает восприятие третьего пространства и дает ощущение рельефа [4, 5, 8].

Для появления бинокулярного зрения необходимо формирование функциональной взаимосвязи всех элементов зрительного акта, что обеспечивается связями между оптическим и двигательным аппаратами глаза. Наиболее эффективным вариантом бинокулярного зрения является стереоскопическое зрение. При отсутствии условий для формирования бинокулярной зрительной системы у детей, что может быть обусловлено различными аномалиями строения ее элементов и особенностями функционирования, фузионные механизмы не формируются [2, 4, 8]. Если своевременно удается создать нормальные условия зрительного восприятия за счет лечения, соответствующей оптической коррекции и тренировок, то развитие фузии у детей возможно, но до определенного возраста, у взрослых эти механизмы уже не могут быть сформированы [4, 6, 7].

**Цель данной работы** — выявление особенностей функциональной организации системы приема и первичной переработки информации у детей и подростков разных возрастных групп.

## Материалы и методы

Нами было проведено исследование показателей зрительной системы, обеспечивающих зрительное восприятие на близком расстоянии, у 1272 человек в возрасте от 6 до 17 лет. Все испытуемые были учащимися 1–11 классов школы. В исследования были включены дети и подростки, не имеющие выявленной зрительной патологии.

Всем испытуемым определяли показатели резервов аккомодации правого (Pa OD) и левого (Pa OS) глаз [5, 8, 9], положение ближайшей точки конвергенции (Бтк) [9], конвергентные (ФРК) и дивергентные (ФРД) фузионные резервы. Фузионные резервы определялись с использованием призм Гершеля [4, 8].

Для обработки данных исследований были использованы описательные ста-

тистики, корреляционный и факторный анализ [10, 11].

## Результаты и их обсуждение

После проведения исследований показателей, обеспечивающих зрительное восприятие на близком расстоянии, были рассчитаны их средние значения для каждой из возрастных групп (табл. 1). Анализируя значения показателей можно отметить, что с увеличением возраста происходят некоторые их изменения, однако достоверных различий между разными возрастными группами выявлено не было. Это обусловлено большим разбросом значений показателей, о чем свидетельствуют большие ошибки среднего. Представленные в табл. 1 значения, как резервов аккомодации, так и фузионных резервов достаточно низкие, что свидетельствует о невысоких функциональных возможностях зрительной системы современных детей и подростков [8, 12].

Можно отметить, что с увеличением возраста несколько увеличиваются Pa и во второй возрастной группе имеются самые большие значения ФРК и ФРД, которые потом начинают несколько снижаться. Эту тенденцию неравномерного изменения фузионных резервов с увеличением возраста отмечали и другие исследователи [3, 6, 7, 11].

На наш взгляд более значимую информацию можно получить путем анализа тесноты связей в исследуемой системе показателей. При проведении корреляционного анализа с расчетом коэффициента корреляции Пирсона нами были выявлены значимые связи между показателями исследуемой системы, причем количество этих связей изменялось с увеличением возраста. В первой возрастной группе было 7 значимых связей, во второй — 9, в третьей — 5, в четвертой — 6, в пятой — 4. Большое количество связей в первой и, особенно, во второй группах, свидетельствует о значительной детерминированности исследуемой системы, что можно объяснить процессом активного формирования зрительной системы под влиянием возрастающей зрительной нагрузки. Уменьшение количества значимых связей с увеличением возраста свидетельствует о стабилизации исследуемой системы и формировании механизмов адаптации. Структура связей между исследованными показате-

лями несколько изменяется в первых трех группах и существенно отличается в двух старших. Можно отметить, что коэффициент корреляции между Pa правого и левого глаз значимый во всех возрастных группах и увеличивается с возрастом от 0,67 в первой группе до 0,88 в пятой. Корреляция между Pa и Бтк присутствует во всех группах, она значимая и отрицательная. Это свидетельствует об увеличении возможностей конвергенции и фузии, поскольку Бтк приближается к глазам с ростом резервов аккомодации. Бтк в первых двух возрастных группах связана с ФРК и ФРД отрицательными значимыми связями, т. е. снижение фузионных резервов, свидетельствующее о слабости фузии, приводит к удалению от глаз Бтк. В третьей и четвертой группе Бтк связана только с ФРК отрицательной значимой связью, а в пятой группе этой связи уже нет. В пятой группе Бтк связана с Pa правого и левого глаз, а ФРК связаны только с ФРД. Таким образом, исследованная система стабилизировалась и сформировала устойчивую конфигурацию связей показателей, обеспечивающих зрительное восприятие на близком расстоянии. Использование корреляционного анализа и построение корреляционных матриц исследованных показателей позволили выделить несколько существенных этапов формирования бинокулярной системы зрительного восприятия. Если в младшей возрастной группе Бтк образовывала значимые связи и с Pa правого и левого глаз и с фузионными резервами, то с увеличением возраста ситуация изменилась. Бтк образовала комплекс только с Pa. Аналогично, сначала ФРК и ФРД, потом только ФРК были связаны с Pa и Бтк, а к пятой группе осталась значимая связь только между ФРК и ФРД. В исследуемой системе к окончанию формирования явно выделились два автономных механизма зрительного восприятия: механизм настройки и фокусировки и механизм слияния (фузии) полученных изображений. Эти два механизма получили достаточную независимость друг от друга, о чем свидетельствует отсутствие значимой корреляции между показателями, которые их характеризуют.

Для более детального исследования структуры связей в аккомодационно-конвергентно-фузионной (Акф) системе был использован факторный анализ. В первых трех возрастных группах (рис. 1а, б, в) конфигурация факторных структур одинаковая. Первый фактор — «аккомодационный», поскольку он влияет только на резервы аккомодации и вызывает их рост. Вклад этого фактора в общую дисперсию с увеличением возраста детей несколько увеличивается

Табл. 1. Средние значения показателей зрительной системы испытуемых.

№ группы	Возрастная группа, годы	Показатели				
		Pa OD (Д)	Pa OS (Д)	Бтк (см)	ФРК (пр.Д)	ФРД (пр.Д)
1	6-9 (n=245)	3,9±2,4	3,8±2,2	4,5±1,6	9,2±4,7	3,2±2,2
2	10-11 (n=377)	5,6±3,2	5,6±3,3	4,5±1,5	12±5,3	4,6±3,2
3	12-13 (n=256)	4,8±3,0	4,5±2,8	5,1±1,9	11,2±5,3	1,5±1,0
4	14-15 (n=244)	5,0±3,1	4,8±3,1	5,7±2,4	11,1±5,8	1,7±1,2
5	16-17 (n=150)	6,0±3,0	5,9±3,0	5,4±2,1	11,9±4,8	1,3±0,9

Примечание: n – объем возрастной группы.

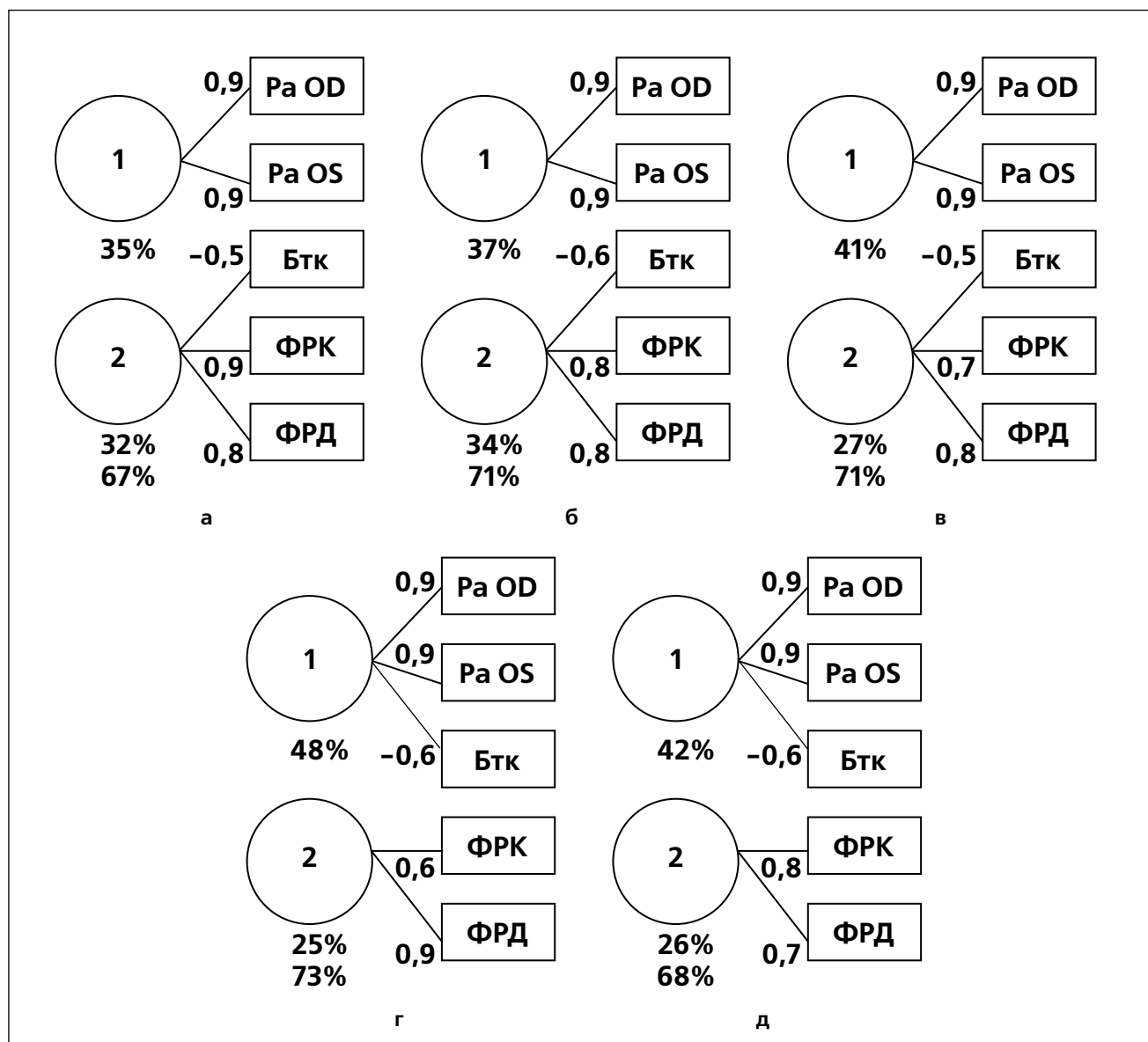


Рис. 1. Структура связей в аккомодационно-конвергентно-фузионной системе детей и подростков (а – возрастная группа 6-9 лет; б – 10-11 лет; в – 12-13 лет; г – 14-15 лет; д – 16-17 лет).

(с 35% до 41%). Второй фактор можно назвать «фузионно-конвергентным», его влияние приводит к росту фузионных резервов и приближению к глазам ближайшей точки конвергенции. Полученная конфигурация связей в исследуемой системе указывает на независимость механизмов аккомодации и фузии. Показатель Бтк по своей физиологической сути связан с аккомодацией и конвергенцией, но определяется и возможностями фузии. Значение Бтк фиксируется тогда, когда испытуемый отмечает двоение тестового объекта, то есть когда фузия уже не происходит, следовательно, этот показатель должен быть связан с фузионными возможностями зрительной системы, которые характеризуются фузионными резервами. В исследованных возрастных группах этот показатель связан с фузионными резервами и не связан с резервами аккомодации.

Для построения факторных структур были использованы данные, полученные у достаточно большого количества испытуемых (табл. 1). Только старшая возрастная состояла из 150 человек, объем остальных групп был более 200 человек. Полученные связи в факторных структурах несколько отличаются от связей, полученных с использованием корреляционного анализа. Однако из здесь просматривается первоначальное объединение Бтк с фузионными резервами, причем, с сохранением соответствия знаков факторных нагрузок и коэффициентов корреляции. В факторных структурах Ра объединены между собой, имеют большую факторную нагрузку в первом факторе, а в корреляционном анализе значимый положительный коэффициент корреляции.

В группе подростков (рис. 1г, д) конфигурация связей в исследуемой системе трансформируется. Если в процессе активного формирования системы восприятия визуальной информации Бтк объединялась в один фактор с фузионными резервами, то в старших группах этот показатель перешел в первый фактор и объединился с Ра. Знаки коэффициентов корреляции и факторных нагрузок в полученных факторных структурах совпадают.

Таким образом, результаты корреляционного и факторного анализа указывают на то, что в процессе роста ребенка происходит трансформация связей в системе приема и обработки зрительной информации путем разделения механизмов настройки и фокусировки и первичного анализа информации. В нормальной зрительной системе фузия является механизмом, указывающим на качественное или некачественное функционирование системы наводки

и фокусировки. Если фузия осуществляется, то все нормально, если слияния не происходит, то в блок управления поступают сигналы о невозможности качественного зрительного восприятия. При этом человек с нормально сформированной бинокулярной зрительной системой начинает воспринимать оба изображения, не объединенные в единый зрительный образ, что вызывает ощущение двоения, приводящего к значительному дискомфорту. Задача блока управления в этом случае состоит в подстройке зрительной системы за счет механизмов аккомодации и конвергенции. Если эта подстройка возможна, то двоение исчезает и происходит нормальное восприятие зрительной информации. Если по каким-то причинам это не удается сделать, то человек вынужден просто механически исключить одно из изображений из восприятия, например, закрывая глаз, поскольку двоение вызывает значительный дискомфорт и головокружение. В детском возрасте такая ситуация, существуя длительное время, приводит к появлению косоглазия и, как следствие, дисбинокулярной амблиопии [4].

## Выводы

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Значения показателей зрительной системы, обеспечивающих восприятие визуальной информации на близком расстоянии, в разных возрастных группах детей и подростков достоверно не различаются, имеется только тенденция к некоторому их увеличению с увеличением возраста.

2. Большое количество значимых связей между показателями, обеспечивающими восприятие визуальной информации на близком расстоянии, в первой и во второй возрастных группах (6–11 лет) свидетельствует об активном формировании зрительной системы под влиянием возрастающей зрительной нагрузки, обусловленной началом обучения в школе. Уменьшение количества значимых связей с увеличением возраста может указывать на стабилизацию исследуемой системы и формирование механизмов адаптации к учебной визуальной нагрузке.

3. В первых трех возрастных группах (6–13 лет) положение ближайшей точки ясного зрения, характеризующее возможности слитного восприятия

объекта на минимальном расстоянии от глаз, зависит от фузионных резервов и приближается к глазам при их увеличении. В старших возрастных группах (14–17 лет) положение ближайшей точки ясного зрения определяется резервами аккомодации, увеличение которых приводит к ее приближению к глазам. Это свидетельствует о том, что в процессе роста ребенка в зрительной системе происходит разделение механизмов настройки и фокусировки, обеспечиваемых аккомодацией и конвергенцией, и первичного анализа информации, происходящего в центральных отделах зрительной системы при участии фузии, что подтверждается результатами кластерного и факторного анализа.

## Литература

1. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин – М.: Медицина. – 1975. – 447 с.
2. Кочина М. Л. Роль качества визуальной нагрузки в процессе формирования зрительной системы детей и подростков / М. Л. Кочина // Гигиена населенных мест. – Киев. – 1999. – Вып.35. – С.416–424.
3. Кочина М. Л. Современные факторы визуального воздействия и их влияние на зрительный анализатор школьников / М. Л. Кочина, Л. В. Подригало, А. В. Яворский // Международный медицинский журнал. – 1999. – №2. – С.133–135.
4. Аветисов Э. С. Содружественное косоглазие / Э. С. Аветисов. – М.: Медицина. – 1977. – 312 с.
5. Аветисов Э. С. Близорукость. / Э. С. Аветисов. – М.: Медицина. – 1999. – 285 с.
6. Рожкова Г. И. Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции / Г. И. Рожкова, С. Г. Матвеев. – М.: Наука. – 2007. – 315 с.
7. Рожкова Г. И. Изменения фокусирующих способностей человеческого глаза в постнатальном онтогенезе / Г. И. Рожкова // Биомеханика глаза. Сб. трудов конференции. М.: МНИИГБ им. Гельмгольца. – 2007. – С. 43–48.
8. Сомов Е. Е. Клиническая офтальмология / Е. Е. Сомов. – Изд-во: МЕД пресс-информ. – 2012. – 400с.
9. Сомов Е. Е. Методы офтальмоэргоники / АН СССР, отделение физиологии. – Л.: Наука. – 1989. – 157 с.
10. Ферстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. / Э. Ферстер, Б. Ренц – М.: Финансы и статистика. – 1983. – 302 с.
11. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла. – М.: Статистика. – 1980 – 398 с.
12. Офтальмологические аспекты визуального окружения современного человека / Кочина М. Л., Подригало Л. В., Яворский А. В., Маслова Н. М. // Офтальмологический журнал. – 2001. – №6. – С. 54–57.

## Age features of functional organization of reception and the primary processing of visual information

M. L. Kochina<sup>1</sup>, A. V. Yavorsky<sup>2</sup>  
S. N. Lad<sup>2</sup>, A. S. Yevtushenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kharkiv Medical Academy of Post Grade Education, Ukraine

<sup>2</sup>Kharkiv National Medical University, Ukraine

<sup>3</sup>МІНП «Kharkiv Municipal Clinical Hospital №14 named by Prof. L. L. Girshman» Ukraine

### Abstract

The article investigates the characteristics of the functional organization of the reception and primary processing of information in the visual system of children and adolescents from different age groups. A study of the visual system indicators, that provide visual perception at close range, has been carried out, 1272 people between the ages of 6 and 17 years have been researched. All probationers were determined positive reserves of accommodation, location of the nearest point of convergence, convergent and divergent fusion reserves. For the processing of these studies have been used descriptive statistics, correlation and factor analysis.

As a result of carried out research it has been determined that average values of researched indexes of visual systems in different age groups of children and teenagers are not for certain different, which is a result of considerable in-group scattering. In the first three age groups (6–13 years) the position of nearest point of clear vision which is characterized by an ability of object joint perception with minimal distance from the eyes, depends on fusion reserves and moves near the eyes during their increase. In older age groups (14–17 years) the position of the nearest point of clear vision defined by reserves of accommodation, which leads to an increase in its approximation to the eyes. This indicates that during child growth process in the visual system occurs separation of focus and adjustment mechanisms provided by accommodation and convergence, and the primary analysis of the information occurring in the central parts of the visual system, involving fusion, as evidenced by the results of cluster analysis and factor.

**Key words:** visual system, accommodation, convergence, fusion, mechanisms of visual education.

## Вікові особливості функціональної організації системи прийому і первинної обробки візуальної інформації

M. Л. Кочина<sup>1</sup>, О. В. Яворський<sup>2</sup>  
С. М. Лад<sup>2</sup>, А. С. Євтушенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харківська медична академія післядипломної освіти, Україна

<sup>2</sup>Харківський національний медичний університет, Україна

<sup>3</sup>КУОЗ «Харківська міська клінічна лікарня № 14 ім. проф. Л. Л. Гіршмана»

### Резюме

Стаття присвячена дослідженню особливостей функціональної організації системи прийому та первинної переробки інформації в зоровій системі дітей та підлітків різних вікових груп. Проведено дослідження показників зорової системи, що забезпечують зорове сприйняття на близькій відстані, у 1272 осіб у віці від 6 до 17 років. Всім досліджуваним визначали позитивні резерви акомодатції, положення найближчої точки конвергенції, конвергентні та дивергентні фузійні резерви. Для обробки даних досліджень було використано описові статистики, кореляційний та факторний аналіз.

У результаті проведених досліджень встановлено, що середні значення показників зорової системи в різних вікових групах дітей і підлітків достовірно не розрізняються, що зумовлено їх значним внутрішньогруповим розкидом. У перших трьох вікових групах (6–13 років) положення найближчої точки ясного зору, яке характеризує можливості злитого сприйняття об'єкта на мінімальній відстані від очей, залежить від фузійних резервів і наближається до очей при їх збільшенні. У старших вікових групах (14–17 років) положення найближчої точки ясного зору залежить від резервів акомодатції, збільшення яких призводить до її наближення до очей. Це свідчить про те, що в процесі росту дитини в зоровій системі відбувається поділ механізмів наведення і фокусування, які забезпечуються акомодатцією і конвергенцією, і первинного аналізу інформації, що відбувається в центральних відділах зорової системи за участю фузії, що підтверджується результатами кластерного та факторного аналізу.

**Ключові слова:** зорова система, акомодатція, конвергенція, фузія, механізми зорового сприйняття.

## Переписка

д.б.н., професор М. Л. Кочина  
Харьковская медицинская академия  
последипломного образования  
ул. Корчагинцев, 58  
Харьков, 61176, Украина  
тел.: +380 (57) 711 80 32  
эл.почта: m\_kochina@yahoo.com