

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ЮНОШЕЙ 18–20 ЛЕТ

Наталья Станиславовна АКСЕНОВА, Олеся Валерьевна ПИСАРЕВСКАЯ

*Иркутский филиал ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова Росмедтехнологии»  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 337*

Исследование параметров состояния зрительной системы в группе здоровых юношей показало наличие четкой структуры взаимоотношений между показателями, отражающими разные механизмы реализации зрительных функций. Представленные данные дают вполне объективное представление о состоянии зрительной системы, сформировавшейся к 18–20 годам.

**Ключевые слова:** функциональное состояние зрительной системы, здоровые люди, корреляционный анализ, многофакторный регрессионный анализ.

Наибольшая потребность в эстетической коррекции нарушений зрения (аномалии рефракции, гетерофория и др.) проявляется у молодых людей, как правило, к 18–20 годам, то есть в период наивысшего расцвета физических и творческих сил [1, 2]. Оценка эффективности лечебных мероприятий всегда требует сравнительного анализа с нормой, т.е. с теми критериями, которые характеризуют функциональную систему организма, направленную на достижение оптимального результата [3]. Вместе с тем, определение нормы до сих пор является актуальной во многих отраслях медицины и в офтальмологии в частности, так как она зависит не только от расовых, генетических, психофизиологических факторов, но и от влияния экологических и климатогеографических факторов, характерных для данного региона [4]. Определение только абсолютных показателей не может являться достаточной характеристикой деятельности той или иной нормальной системы. С этих позиций нельзя не согласиться с выражением французского математика Анри Пуанкаре: «Достоверность следует искать только в соотношениях, а не в вещах, рассматриваемых изолированно» [5].

Поэтому основной целью работы явилось изучение структурно-функционального состояния зрительной системы у юношей с помощью дескриптивного, корреляционного и многофакторного регрессионного анализов.

**Материал и методы**

Под наблюдением находились 31 человек мужского пола в возрасте от 18 до 20 лет, не предъявляющих жалоб на зрение, не имевших в анамнезе травм и заболеваний органа

зрения, с нормальным цветоощущением, которые были подвергнуты углубленному обследованию. Для всесторонней оценки структурно-функционального состояния зрительной системы были использованы следующие методы исследования: острота зрения вдаль без коррекции и с коррекцией определялась монокулярно и бинокулярно с помощью фороптера АСР-6; рефракция определялась на автокераторефрактометре; состояние бинокулярного зрения — на четырехточечном цветовом приборе типа Уорса; данные визоконтрастометрии наносились на стандартные таблицы [6] в виде видеограмм, затем полученные условные единицы контрастной чувствительности в частотах от 3 до 18 цикл/град также суммировались для последующей статистической обработки; периметрия проводилась на сферопериметре с освещенностью 4 и диаметром пятна IV; устойчивость к ослеплению определялась на приборе «Никтоскоп-01» при использовании тестов 5 и 6, время засвета 1 минута; общая электроретинография (ЭРГ) и зрительные вызванные потенциалы (ЗВП) исследовались на специализированной электрофизиологической системе «Neuropta»; фузионные резервы исследовались на синаптофоре; глубинное зрение определялось на бинариметре «АВИЗ-01» [7–9] по методике, описанной [10]; количественную оценку стереозрения проводили с помощью тестов Ланга (Lang) I и II; объем абсолютной аккомодации (ОАА) и запас относительной аккомодации (ЗОА) определяли по стандартным методикам [11]; определение гетерофории проводилось по шкале Гиршберга.

*Аксенова Н.С. — аспирант, e-mail: if@mntk.irkutsk.ru  
Писаревская О.В. — аспирант, e-mail: if@mntk.irkutsk.ru*

Статистическая обработка результатов исследования была проведена с помощью современных статистических пакетов [12, 13]. В рамках данной работы были использованы следующие виды статистического анализа: описательная стандартная статистическая обработка данных исследований [14], корреляционный анализ (использован парный коэффициент Пирсона, анализировались только те коэффициенты, «р» которых не превышало 0,05), многофакторный регрессионный анализ.

В клинических исследованиях соблюдались этические стандарты, разработанные в соответствии с Хельсинкской Декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» 2000 г.

### Результаты и обсуждение

Из таблицы следует, что средние величины структурных и функциональных параметров зрительной системы у здоровых лиц практически не отличаются от физиологических данных, приведенных в ряде офтальмологических руководств [15].

Для выявления взаимоотношений между структурно-функциональными элементами зрительной системы у здоровых лиц был применен корреляционный анализ по Пирсону, направленный на выявление и математическое представление структурных зависимостей между выборками. Оценка достоверности (значимости) корреляционных связей в зависимости от числа наблюдений проводилась с помощью соответствующих таблиц Закса [16].

Таблица

Структурно-функциональная характеристика параметров зрительной системы у здоровых пациентов ( $M \pm m$ )

Показатели	Значение	Показатели	Значение
Визометрия с коррекцией, монокулярно (ед.)	1,11 ± 0,14	Объем абсолютной аккомодации (дптр)	21,25 ± 6,70
Рефракция (дптр)	-0,052 ± 0,15	ЗВП, время (мс)	117,06 ± 16,14
Визометрия, бинокулярно (ед.)	1,18 ± 0,28	ЗВП, амплитуда (мкВ)	27,25 ± 9,60
Бинокулярное зрение (м)	5,00 ± 0	ЭРГ световая адаптация волна А, время (мс)	15,05 ± 1,93
ВКМ (усл. ед.)	24,58 ± 4,07	ЭРГ световая адаптация волна А, амплитуда (мкВ)	13,11 ± 7,67
Фузионные резервы (градусы)	17,88 ± 2,77	ЭРГ, световая адаптация волна В, время (мс)	28,77 ± 1,05
Сумма значений стереотеста Ланга	3522,58 ± 25,29	ЭРГ, световая адаптация волна В, амплитуда (мкВ)	76,69 ± 17,37
Глубинное зрение (мм)	3,09 ± 0,30	Ритмическая ЭРГ	23,45 ± 9,57
Величина гетерофории (градусы)	-0,48 ± 1,50	Сила преломления роговицы сильный меридиан (дптр)	42,96 ± 1,72
N 1 (см)	10,00 ± 0	Сила преломления роговицы слабый меридиан (дптр)	42,31 ± 1,62
N 2 (см)	100,00 ± 0	Данные рефрактометра сферический компонент	0,11 ± 0,37
P 1 (см)	22,32 ± 2,43	Данные рефрактометра цилиндрический компонент	0,004 ± 0,53
P 2 (см)	63,93 ± 7,65	Периметрия (градусы)	530,14 ± 10,57
Запас относительной аккомодации (+) (дптр)	3,63 ± 0,90	Устойчивость к слепящим засветам (с)	34,53 ± 9,5
Запас относительной аккомодации (-) (дптр)	6,19 ± 1,81		

Примечание: N 1 — ближайший амплитудный предел фузионного рефлекса, N 2 — дальнейший амплитудный предел фузионного рефлекса, P 1 — медиальный амплитудный предел фузионного рефлекса, P 2 — латеральный амплитудный предел фузионного рефлекса.

При анализе полученных корреляционных взаимосвязей установлено наличие 12 значимых коэффициентов корреляции со средней теснотой и 1 — с высокой (рис.).

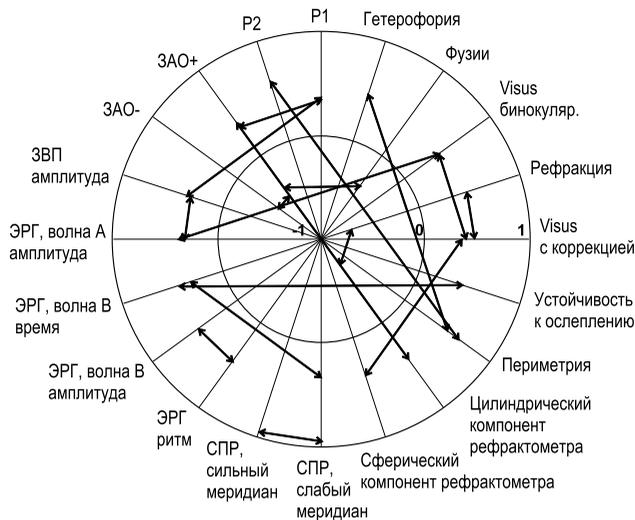


Рис. Плетяда корреляционных связей между структурно-функциональными показателями зрительной системы у здоровых людей

Как видно, у здоровых людей полноценное состояние зрительной системы обеспечивается равномерным, четко организованным характером распределения значимых корреляционных связей между всеми показателями зрительных функций, которые характеризуют различные механизмы функционирования зрительной системы.

Наибольшее количество значимых корреляционных связей с показателями, характеризующими бинокулярную функцию зрительной системы, имеют следующие параметры (измеряемые монокулярно): глубина передней камеры глаза, толщина хрусталика, поля зрения, сферический и цилиндрический компоненты преломляющей силы роговицы. Все эти анатомические структуры позволяют при нормально функционирующей аккомодации фокусировать на сетчатке изображения всех внешних объектов, расположенных в пределах области ясного видения конкретного глаза. Это доказывает неразрывность связи зрительно-оптического аппарата глаза, светочувствительной функции сетчатки с компонентами бинокулярного синтеза. На наш взгляд, здесь в силу вступают биологические законы, определяющие связи между анатомо-оптическими и функционально-физиологическими составляющими зрительной системы,

когда изменение одного из анатомических параметров оптической системы может привести к изменению бинокулярной функции зрительного анализатора в целом.

Систему восприятия оптических изображений и передачи по каналу нейронной связи в корковый центр зрительного анализатора характеризуют такие параметры, как фосфен, данные ЭРГ (амплитуда волны «в») [17], ритмическая ЭРГ, амплитуда волн ЗВП, имеющие корреляционные взаимосвязи с фузионными резервами, с положительной частью запаса относительной аккомодации, с медиальным амплитудным пределом фузионного рефлекса. Такого рода связи говорят о непрерывном участии рецепторного аппарата глаза в получении бинокулярного зрительного образа.

Выявленная тесная взаимосвязь фузионных резервов с объемом аккомодации у здорового человека, по-видимому, детерминирована физиологически неразрывным функционированием аккомодации и конвергенции. Это находит подтверждение в данных о том, что они объединены общей рефлекторной дугой [15, 18]. Нарушение конвергенции, как правило, приводит к сбою функций аккомодации, что наблюдается при декомпенсации гетерофории, когда на первый план выходят астенопические жалобы пациента [19].

На следующем этапе работы с целью исследования взаимосвязей между показателями деятельности зрительной системы и определения вероятной согласованной связи какого-либо параметра зрительной системы (результативного признака) с изменениями других параметров зрительной системы (факторов), возможно, связанных с первым корреляционными связями, был применен метод множественного регрессионного анализа. Описание взаимозависимости между переменными помогает установить наличие возможной причинной связи, а также дает возможность прогнозировать будущие значения зависимой переменной по значениям независимых переменных. В качестве зависимых переменных уравнения множественной регрессии нами были выбраны острота зрения и фузионные резервы как наиболее важные функции монокулярной и бинокулярной систем зрительного восприятия.

Результаты регрессионного анализа представлены ниже.

**Острота зрения без коррекции** =  $-0,244 + 1,088x_1 - 0,528x_2 - 0,037x_3 - 0,053x_4 + 0,071x_5 + 0,001x_6 + 0,008x_7$ , где  $x_1$  — острота зрения с коррекцией,  $x_2$  — рефракция,  $x_3$  — длина передне-

задней оси глаза,  $x_4$  — сферический компонент преломления роговицы,  $x_5$  — толщина хрусталика,  $x_6$  — поле зрения,  $x_7$  — визоконтрастометрия.

В рамках проведенного исследования установлено, что в группе здоровых людей для показателя «острота зрения без коррекции» коэффициент детерминации  $R^2$ , показывающий надежность прогнозирования резуль- тативного признака по набору других факторов, равен 0,99 ( $p < 0,0001$ ), а для фузионных резервов — 0,67 ( $p < 0,0001$ ). Из уравнения видно, что острота зрения без коррекции имеет согласо- ванные изменения с показателями, которые характеризуют сложные механизмы зрительного восприятия. Следовательно, у здоровых людей острота зрения зависит от рефракции (сфе- рического компонента) и от преломляющей способности глаза в целом, учитывая толщину хрусталика. Светочувствительность поверхности сетчатки и пространственно-частотные харак- теристики также вносят свой вклад в фор- мирование адекватного зрительного образа. В данном случае эметропическая рефракция в соразмерных глазах и обеспечивает нормаль- ную остроту зрения, что вполне закономерно.

**Фузионные резервы** =  $46,59 - 0,072x_1 + 3,54x_2 - 0,673x_3 - 0,018x_4 - 0,817x_5 - 0,325x_6 + 0,029x_7$ , где  $x_1$  — амплитуда волны «b» ЭРГ,  $x_2$  — толщина хрусталика,  $x_3$  — величина гете- рофории,  $x_4$  — толщина роговицы,  $x_5$  — внутри- глазное давление,  $x_6$  — время волны «a» ЭРГ,  $x_7$  — амплитуда ЗВП.

В процессе решения уравнения множе- ственной регрессии для фузионных резервов было выяснено, что этот показатель зависит от многих значений, характеризующих зритель- ную систему в целом. Качество фузии зави- сит от состояния корреспонденции сетчаток (в частности, от геометрической симметрии корреспондирующих элементов сетчатки) и ее сенсорной функции и определяется значе- ниями ЭРГ и ЗВП. Анатомические параметры систем, обеспечивающих аккомодацию и кон- вергенцию в данном уравнении, представлены толщиной хрусталика и равновесием глазодви- гательного аппарата. Согласованные изменения фузии с уровнем офталмотонуса также вполне объяснимы с позиций теорий об усиленно работающем цилиарном теле при зрительной нагрузке вблизи, что собственно и происходит при конвергенции [11, 18].

#### Заключение

Таким образом, представленные данные дают объективное представление о состоянии зрительной системы, сформировавшейся у юно-

шей к 18–20 годам, и позволяют не только более объективно оценить степень и механизмы раз- вития той или иной офтальмологической пато- логии, но и наиболее точно оценить эффектив- ность рефракционных операций и различных видов коррекции аметропии [20–22].

#### Литература

1. Кузнецова М.В. Причины развития близоруко- сти и ее лечение М., 2004. 168 с.  
*Kuznetsova M.V.* Causes of myopia development and treatment. M., 2004. 168 p.
2. Иомдина Е.Н. Тарутта Е.П., Игнатьева Н.Ю. и др. Современные достижения фундаменталь- ных исследований патогенеза прогрессирующей миопии // Рос. общенац. офтальм. форум. М., 2008. 402–406.  
*Iomdina E.N., Tarutta E.P., Ignatieva N.U. et al.* Modern progress of fundamental researches of progressing myopia pathogenesis // Ros. obshchenats. oftalmol. forum. M., 2008. 402–406.
3. Крыжановский Г.Н. Дезрегуляционная патоло- гия: Руководство для врачей и биологов. М., 2002. 632 с.  
*Kryzhanovsky G.N.* Disregulation pathology: Guide for physicians and biologists. M., 2002. 632 p.
4. Куделина Н.Ю. Разработка методов оценки и рационального управления комбинированной тера- пией с учетом риска возникновения прогрессирующей миопии: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Воро- неж, 2002. 26с.  
*Kudelina N.U.* Development of methods of assessment and efficient management of combined therapy taking into account risk of progressing myopia development: Aftoref. diss. ... kand. med. nauk. Voronezh, 2002. 26 p.
5. Пуанкаре А. О науке. М., 1983. 277 с.  
*Puankare A.* About science. M., 1983. 277 p.
6. Волков В.В., Колесникова Л.Н., Шелепин Ю.Е. Частотно-контрастные характеристики и острота зре- ния в офтальмологической практике // Офтальмол. журн. 1983. (3). 148–151.  
*Volkov V.V., Kolesnikova L.N., Shelepin U.E.* Contrast transfer functions and visual acuity in ophthalgo- logic practice // Oftalmol. zhurn. 1983. (3). 148–151.
7. А. с. № 596220. СССР. Бинариметр / Могилев Л.Н.; опубл. 1978.  
Certificate of authorship № 596220. USSR. Binarimeter / *Mogilev L.N.*; published 1978.
8. Могилев Л.Н. Пространственное зрение и актив- ное двигательное поведение // Сенсорный дефицит и работоспособность организма. Иркутск, 1986. 68–73.  
*Mogilev L.N.* Space vision and active motor behavior // Sensor deficit and organism efficiency. Irkutsk, 1986. 68–73.
9. А. с. № 528929. СССР. Способ исследования пространственного зрения / Могилев Л.Н.; опубл. 1976.  
Certificate of authorship № 528929. USSR. Method of space vision research / *Mogilev L.N.*; published 1976.
10. Рабичев И.Э. Эффект глубины как показатель бинокулярного синтеза: Дисс. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1984. 167 с.

- Rabichev I.E.* Depth effect as index of binocular synthesis: Diss. ... kand. biol. nauk. Irkutsk, 1984. 167 p.
11. *Розенблюм Ю.З.* Оптометрия. СПб., 1996. 272 с.  
*Rozenblum Yu.Z.* Optometry. SPb., 1996. 272 p.
12. *Гефан Г.Д.* Корреляционно-регрессионный анализ и основы эконометрики. Иркутск, 2002. 60 с.  
*Gefan G.D.* Correlation regression analysis and econometrics fundamentals. Irkutsk, 2002. 60 p.
13. *Гланц С.* Медико-биологическая статистика. М., 1999. 459 с.  
*Glantz S.* Primer of biostatistics. M., 1999. 459 p.
14. *Реброва О.Ю.* Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTIKA. М., 2003. 312 с.  
*Rebrova O.U.* Statistical analysis of medical data. Application package STATISTIKA. M., 2003. 312 p.
15. *Копеева В.Г.* Глазные болезни. М., 2002. 317 с.  
*Korpeva V.G.* Ocular diseases. M., 2002. 317 p.
16. *Закс Л.* Статистическое оценивание. М., 1976. 598 с.  
*Zaks L.* Statistical estimation. M., 1976. 598 p.
17. *Шамшинова А.М., Волков В.В.* Функциональные методы исследования в офтальмологии. М., 2004. 431 с.  
*Shamshinova A.M., Volkov V.V.* Functional research methods in ophthalmology. M., 2004. 431 p.
18. *Сергиенко Н.М., Кондратенко Ю.Н.* Гипотеза патогенеза близорукости // Офтальмол. журн. 1988. (3). 138–140.  
*Sergienko N.M., Kondratenko U.N.* Hypothesis of myopia pathogenesis // Oftalmol. zhurn. 1988. (3). 138–140.
19. *Аветисов Э.С.* Близорукость. М.: Медицина, 2002. 288 с.  
*Avetisov E.S.* Myopia. M., 2002. 288 p.
20. *Балашевич Л.И.* Рефракционная хирургия. СПб.: Изд. дом СПбМАПО, 2002. 288 с.  
*Balashovich L.I.* Refractive surgery. SPb.: Izd. dom SPbMAPO, 2002. 288 p.
21. *Куренков В.В.* Руководство по эксимерлазерной хирургии роговицы. М.: СМН, 2002. 400 с.  
*Kurenkov V.V.* Guide to excimer laser surgery of cornea. M.: SMN, 2002. 400 p.
22. *Мальшев В.В., Розанова О.И., Гутник И.Н., Пивоваров Ю.И.* Трансформация функциональной системы зрительного восприятия из нормальной в патологическую // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. 2004. (2). 19–26.  
*Malyshev V.V., Rozanova O.I., Gutnik I.N., Pivovarov Yu.I.* Transformation of visual perception functional system from normal to pathologic. Byull. VSNTs SO RAMN. 2004. (2). 19–26.

## THE ANALYSIS OF VISUAL SYSTEM FUNCTIONAL STATUS IN YOUTHS AT THE AGE OF 18-20 YEARS

Natal'ya Stanislavovna Aksyonova, Olesya Valer'evna Pisarevskaya

*S.N. Fyodorov Eye Microsurgery Complex  
337, Lermontov str., Irkutsk, 664033*

Analysis of visual system status parameters in healthy youths revealed distinct structure of relations between indices defining different mechanisms of visual function realization. Presented data provide objective representation about a visual system structure, formed by 18–20 years.

**Keywords:** visual system functional state, health people, correlation analysis, multiple regression analysis.

*Aksyonova N.S. — postgraduate, e-mail: if@mntk.irkutsk.ru  
Pisarevskaya O.V. — postgraduate, e-mail: if@mntk.irkutsk.ru*