

УДК 617.75-02.613.955

Маслова Н. М.

## КОНТРАСТНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

Харьковский национальный медицинский университет

maslvanat@rambler.ru

Представлены результаты исследования пространственно-контрастной чувствительности у 107 школьников трех возрастных групп. Контрастная чувствительность обеспечивает качественное восприятие объектов внешнего мира и каждый из диапазонов частот ответственен за восприятие своей доли зрительной информации. Впервые было показано, что по всем диапазонам частот во всех возрастных группах имеется асимметрия между правым и левым глазом, как у мальчиков, так и у девочек. Асимметрия показателей правого и левого глаза является важной характеристикой функционального состояния зрительной системы. В литературе такая асимметрия связывается с наличием патологии, как в периферическом, так и центральных отделах зрительной системы. В нашем исследовании принимали участие дети и подростки без патологии, поэтому можно считать, что наличие асимметрии может быть связано с особенностями строения и функционирования зрительной системы.

**Ключевые слова:** асимметрия; контрастная чувствительность; визоконтрастометрия; школьники; зрительная система.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Работа выполнена в рамках приоритетных тем МОЗ Украины «Особенности интегративных и вегетативных функций в процессе адаптации к физическим, интеллектуальным и эмоциональным нагрузкам», № государственной регистрации 0115U000239.

**Введение.** Высшие интегративные функции (сознание, мышление, память) невозможны без постоянной афферентации коры больших полушарий, осуществляемой сенсорными системами, которая создает 90% информации об окружающей среде. Этим объясняется актуальность данного исследования.

Для нормального зрительного восприятия окружающего мира, необходима не только высокая острота зрения, но и полноценные пространственно-частотные каналы контрастной чувствительности. Эти каналы обеспечивают фильтрацию высоких частот, информирующих о мелких деталях объекта, низких, без которых невозможно воспри-

ятие целостного образа даже при различимости мелких деталей, и средних, особенно чувствительных к контрастам и создающих предпосылки для качественного высокочастотного анализа контуров предметов. Таким образом, только исследования контрастной чувствительности зрительной системы во всех трех диапазонах позволит получить полную и качественную информацию [2].

Чувствительность в области высоких пространственных частот ограничена оптикой глаза человека [9,10], в области низких – функциональными особенностями передачи сигнала в ретиногенуло-стриарном пути [11]. В норме контрастная чувствительность зависит от многих факторов. К ним относятся: рефракция, дифракция и абберрации глаза, яркость, ориентация и размер тестовых стимулов, а также положение стимулов в поле зрения, а их эксцентриситет – от точки фиксации взора, от состояния функции сетчатки, функции парво- и магноцеллюлярных зрительных путей, подкорковых (таламус) и корковых центров зрения [1, 2].

Пространственно-контрастная чувствительность (ПКЧ) зрительного анализатора является функцией, которая определяет минимальный контраст, необходимый для обнаружения изображений различных размеров. Она отражает зависимость порогового контраста от пространственной частоты стимула.

Результаты фундаментальных исследований по физиологии позволили рассматривать зрительную систему глаза по аналогии с оптическими системами как фильтр пространственных частот, который состоит из двух компонентов – оптического, пропускающего низкие частоты, и нервного, химического и т.п., пропускающего высокие частоты.

В условиях обычного дневного освещения контрастная чувствительность в норме особенно высока при опознании стимулов средней пространственной частоты (4–5 цикл/град.). При увеличении яркости объекта сдвиг максимальной чувствительности происходит в направлении высоких, а с увеличением размеров объекта – низких пространственных частот.

При некоррегированной аметропии чувствительность зрительной системы снижается в облас-

ти средних и особенно высоких пространственных частот, аналогичные изменения наблюдаются и при спазме аккомодации.

Чувствительность к низким и средним частотам практически не зависит от состояния рефракции глаза, она определяется функциональными свойствами нервной части зрительного анализатора [3].

Частотно-контрастная характеристика существенным образом зависит от возраста испытуемых. В раннем детском возрасте полоса пропускания захватывает только низкочастотную область. В результате низкой чувствительности в области высоких частот маленькие дети видят мир лишенным многих деталей, что имеет большое значение для обучения. Ребенок вначале пользуется обобщенным, не детализированным представлением об объектах внешнего мира. Эта упрощенность воспринимаемых изображений значительно облегчает запоминание. Обучение вариантам требует повышения чувствительности зрительной системы в области высоких частот. С возрастом происходит рост этой чувствительности – расширяется полоса пропускания в области высоких пространственных частот. Окончательное развитие этой функции зрительной системы заканчивается к 15–16 годам, поскольку в этот возрастной период чувствительность зрительной системы максимальна, а пространственно-частотная полоса пропускания наиболее широкая, а после 25 лет начинается медленная инволюция [4, 5,6].

**Целью работы** была оценка контрастной чувствительности в трех диапазонах зрительной системы детей разных возрастных групп.

**Материал и методы исследования.** Метод визоконтрастометрии позволяет исследовать контрастную чувствительность зрительной системы к различным пространственным частотам (низким, средним и высоким). Метод визоконтрастометрии основан на измерении модуляционных передаточных функций, характеризующих состояние всей зрительной системы – центральных отделов, передающих путей и периферии, включая аккомодационный и глазодвигательный аппараты.

Исследование контрастной чувствительности зрительной системы осуществляется с помощью пространственных решеток (мир), образованных чередующимися черными и белыми полосами, имеющими плавные переходы с синусоидальным профилем плотностей. Решетки различаются между собой по пространственной частоте, изменяющейся от 0,65 до 20 цикл/град. В пределах же одной и той же решетки определенной частоты плавно, по логарифмическому закону меняется контраст от 0 до 0,4. На участке равномерно освещенного поля, где контраст равен нулю, не видно ника-

кой периодичности. С противоположного края, т.е. на участке с контрастом 0,4, периодичность обычно видна отчетливо. Изображение испытуемому предъявляют не целиком, а путем перемещения маски, открывающей лишь часть его. Каждую решетку показывают от минимального к максимальному контрасту путем перемещения маски, имеющей окно. В момент обнаружения испытуемым периодичности в изображении маску останавливают. Направление движения маски совпадает с направлением шкалы сохранности зрительных функций параллельно шкале изменения физического контраста.

Процент сохранности зрительных функций соответствует отношению величины контраста изображений, при котором данный испытуемый видит периодичность, к усредненному «нормальному» значению контраста, при котором изображение с данной пространственной частотой должно быть видимым наблюдателем.

Тестовые миры предъявляются испытуемому с расстояния 1,5 м. Пространственная частота решеток в этом случае соответствует значениям частот, указанном на стандартном бланке видеограммы. По форме видеограммы судят о возможностях зрительной системы воспринимать пространственные частоты во всем диапазоне [5, 8].

Способность улавливать минимальные различия в освещенности двух соседних областей, а также дифференцировать их по яркости, определяется контрастной чувствительностью. Пространственно-контрастная чувствительность (ПКЧ) определяется как величина, обратная минимальному контрасту решетки, при котором последняя различима при данной пространственной частоте.

Нами проведено исследование ПКЧ у школьников трех возрастных групп (всего 107 человек: 51 – мужского пола и 56 – женского). Были использованы черно-белые решетки с плавным синусоидальным профилем изменения яркости. Толщина полос, определяющая их пространственную частоту, выражаемую количеством черно-белых циклов на градус, варьирует. Решетки различались также по контрасту, который плавно менялся сверху вниз от 0 до 1 (100%).

Исследование проведено с соблюдением основных биоэтических положений Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине (от 04.04.1997г.), Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения научных медицинских исследований с участием человека (1964–2008 гг.), а также приказа МЗ Украины № 690 от 23.09.2009 г.

Для обработки результатов исследований были использованы методы вариационной статисти-

ки анализа альтернативных признаков и параметрические критерии различия средних [7].

**Результаты исследования и их обсуждения.**

Результаты исследования контрастной чувствительности глаз зрительной системы учащихся разных возрастных групп представлены в **таблице**.

Прежде чем поместить результаты исследований в **таблицу**, нами были рассчитаны средние значения контрастной чувствительности правого и левого глаз зрительной системы. Чтобы сохранить данные об асимметрии этого показателя, были рассчитаны разности в контрастной чувствительности ( $\Delta$ ) между правым и левым глазом.

Анализ приведенных цифр позволяет сделать некоторые выводы о характере изменения контрастной чувствительности по полу и возрасту. Так, в группе мальчиков контрастная чувствительность увеличивается с возрастом во всем диапазоне частот, причем самые высокие ее значения наблюдаются на низких (0,65 цикл/град) и средних (7,7 цикл/град) частотах.

В средней и старшей группах мальчиков на низкой частоте (0,65 цикл/град), также, наблюдаются высокие значения контрастной чувствительности. Наибольшая разница между показателями контрастной чувствительности правого и левого глаз во всех возрастных группах мальчиков наблюдается на частотах 5,5 цикл/град и 20 цикл/град. А в средней и старшей группах – еще и на частоте 0,65 цикл/град.

В группе девочек сохраняются те же закономерности изменения контрастной чувствительности с возрастом. Она достоверно увеличивается во всех диапазонах частот. В младшей группе наибольшие значения наблюдаются на средних (5,5 и 7,7 цикл/град) и высоких частотах. На этих же частотах наблюдаются максимальные разности в значениях контрастной чувствительности правого и левого глаз. В средней и старшей группах девочек наибольшие значения контрастной чувствительности наблюдаются на низких (0,65 цикл/град), средних (7,7 цикл/град) и высоких (20 цикл/град) частотах. Максимальные разности в контрастной чувствительности наблюдаются на средних и высоких частотах.

Если сравнивать между собой значения контрастной чувствительности мальчиков и девочек разных возрастов, то можно отметить, что существенной разницы в значениях показателей нет, а характер их изменения практически одинаков.

**Выводы.** Исследование контрастной чувствительности, проведенное нами на достаточно большом контингенте лиц, показало, что: контрастная чувствительность увеличивается во всем диапазоне частот, выявлено наличие асимметрии между правым и левым глазом, которая достигает максимальных значений при частотах 5,5 и 20 цикл/град. Эти изменения указывают на повышение напряженности переработки информации зрительной системы в зоне ближнего видения. Исходная асимметрия характеризует способ адаптации к

Средние значения контрастной чувствительности зрительной системы школьников

Мальчики								
Возраст (года)	Частота (цикл/град)							
	0,65	1,3	2,6	5,5	7,7	10,4	14	20
6–8	86,6±4,1	85,8±3,2	85,3±2,1	89,5±1,7	89,3±5,2	86,4±1,7	86,7±1,4	89,2±2,1
$\Delta$	0,4±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1	7,6±0,2	1,4±0,1	0,2±0,1	0	7,1±0,2
11–14	91,5±2,1	85,5±1,6	84,3±2,5	89,5±1,8	91,8±2,1	84,6±2,3	84,6±1,7	87,2±2,0
$\Delta$	3,8±0,1	1,3±0,4	1,4±0,2	9,1±0,3	5,7±0,08	1,7±0,2	1,5±0,1	6,6±1,1
15–16	96,2±3,5*	93,1±2,1*	90±4,2	95,0±2,7*	96,2±1,8	93,6±3,7*	91,1±1,4*	92,1±2,3
$\Delta$	4,4±1,0	1,5±0,6	0,8±0,1	8,8±1,1	1,6±0,07	0,4±0,1	1,8±0,4	6,6±0,02
Девочки								
Возраст (года)	Частота (цикл/град)							
	0,65	1,3	2,6	5,5	7,7	10,4	14	20
6–8	85,5±5,2	85,2±4,1	85,5±3,1	88,4±2,7	88,7±1,7	86,7±1,4	84,5±3,7	86,9±4,4
$\Delta$	4,6±0,1	5,1±0,1	0,3±0,1	5,5±0,5	4,3±0,1	1,6±1,0	1,5±0,7	3,2±1,1
11–14	91,5±2,2	83,8±1,3	85,0±1,6	88,7±1,3	92,6±2,0	84,4±1,6	84,5±2,1	87,3±1,9
$\Delta$	2,2±0,2	0,3±0,1	1,2±0,3	7,9±1,4	5,5±1,1	2,4±0,4	0,9±0,15	7,0±1,2
15–16	97,7±0,7*	89,1±2,0	89,8±1,2*	93,8±2,5	97,8±1,0*	88,0±2,4	89,4±1,9	91,3±1,3
$\Delta$	3,8±0,7	1,5±0,2	6,0±1,0	9,1±2,1	3,5±0,8	0,1±0,02	6,1±1,0	11,0±2,1

**Примечания:**  $\Delta$  – разность между контрастной чувствительности правым и левым глазом; \* – Разница между группами 6–8 лет и 15–16 лет достоверно ( $p < 0,05$ ).

собственной структурной организации. Хотя, как уже было отмечено ранее, в литературе, такая асимметрия связывается с наличием патологии, как в периферическом, так и центральных отделах зрительной системы. В нашем исследовании принимали участие дети и подростки без патологии, поэтому, можно считать, что наличие асимметрии

может быть связано с особенностями строения и функционирования зрительной системы.

**Перспективами дальнейших исследований** является оценка динамики контрастной чувствительности у детей и подростков в процессе зрительной нагрузки и разработка способов профилактики зрительных расстройств.

### Литература

1. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. – М. : Медицина, 1975. – 447 с.
2. Муравьева С. В. Контрастная чувствительность зрительной системы человека / С. В. Муравьева, С. В. Пронин, Ю. Е. Шелепин // Экспериментальная психология. – 2010. – № 3, Т. 3. – С. 5–20.
3. Кочина М. Л. Офтальмологические аспекты визуального окружения современного человека / М. Л. Кочина, Л. В. Подригало, А. В. Яворский, Н. М. Маслова // Офтальмологический журнал. – 2001. – № 6. – С. 54–57.
4. Кочина М. Л., Яворский А. В., Маслова Н. М. Визуально-агрессивное окружение ребенка и «школьная миопия» / М. Л. Кочина, А. В. Яворский, Н. М. Маслова // Гигиена населенных мест. – Киев, 2001. – Вып. 38, Т. II. – С. 355–357.
5. Леушина Л. И. Асимметрия полушарий головного мозга с точки зрения опознания зрительных образов / Л. И. Леушина, А.А. Невская, М. Б. Павловская // В кн. Сенсорные системы : Зрение. – Л., 1982. – С. 76–92.
6. Маслова Н. М. Динамика функционального состояния зрительной системы школьников в процессе обучения / Н. М. Маслова // Медицина третьего тысячелетия: Тези доповідей науково-практичної конференції. – Харків, 2001. – С. 79–80.
7. Минцер О. П. Методы обработки медицинской информации / О. П. Минцер, Б. Н. Угаров, В. В. Власов. – Киев : Высшая школа, 1982. – 160 с.
8. Шамшинова А. М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А. М. Шамшинова, В. В. Волков. – М. : Медицина, 1998. – 416 с.
9. Campbell F. W. Monocular versus Binocular Visual Acuity / F. W. Campbell, D. G. Green // Nature. – 1965. – Vol. 208. – P. 191–192.
10. Campbell F. W. Optical quality of the human eye / F. W. Campbell, R. W. Gubisch // J. Physiol. – 1966. – Vol. 186. – P. 558–578.
11. Campbell F. W. The Human Eye as an Optical Filter / F. W. Campbell // Proc. of IEEE. – 1968. – Vol. 56, № 6. – P. 1009–1014.

### References

1. Anokhin PK. Ocherki po fiziologii funktsional'nykh sistem. M.: Meditsina; 1975. 447 s.
2. Murav'yeva SV, Pronin SV, Shelepin YuYe. Kontrastnaya chuvstvitel'nost' zritel'noy sistemy cheloveka. Eksperimental'naya psikhologiya. 2010;3(3):5–20.
3. Kochina ML, Podrigalo LV, Yavorskiy AV, Maslova NM. Oftal'mologicheskiye aspekty vizual'nogo okruzheniya sovremennogo cheloveka. Oftal'mologicheskiy zhurnal. 2001;6:54–7.
4. Kochina ML, Yavorskiy AV, Maslova NM. Vizual'no-agressivnoye okruzheniye rebenka i «shkol'naya miopiya». Gigiyena naselennykh mest. Kiyev, 2001;38(II):355–7.
5. Leushina LI, Nevskaya AA, Pavlovskaya MB. Asimetriya polushariy golovnogo mozga s tochki zreniya opoznaniya zritel'nykh obrazov. V kn. Sensornyye sistemy: Zreniye. L.; 1982. s. 76–92.
6. Maslova NM. Dinamika funktsional'nogo sostoyaniya zritel'noy sistemy shkol'nikov v protsesse obucheniya. Meditsina tret'ogo tisyacholittiya: Tezi dopovidey nauково-praktichnoy konferentsii. Kharkiv;2001:79–80.
7. Mintser OP, Ugarov BN, Vlasov VV. Metody obrabotki meditsinskoy informatsii. Kiyev: Vysshaya shkola; 1982. 160 s.
8. Shamshinova AM, Volkov VV. Funktsional'nyye metody issledovaniya v oftal'mologii. M.: Meditsina; 1998. 416 s.
9. Campbell FW, Green DG. Monocular versus Binocular Visual Acuity. Nature. 1965;208:191–2.
10. Campbell FW, Gubisch RW. Optical quality of the human eye. J Physiol. 1966;186:558–78.
11. Campbell FW. The Human Eye as an Optical Filter. Proc. of IEEE. 1968;56(6):1009–14.

УДК 617.75-02.613.955

### КОНТРАСТНО-ЧУТЛИВА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОРОВОЇ СИСТЕМИ ДІТЕЙ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП

**Маслова Н. М.**

**Резюме.** Представлені результати дослідження контрастної чутливості у 107 школярів трьох вікових груп. Контрастна чутливість забезпечує якісне сприйняття об'єктів зовнішнього світу, і кожен з діапазонів

частот відповідає за сприйняття своєї частки зорової інформації. Вперше було показано, що по всіх діапазонах частот у всіх вікових групах є асиметрія між правим і лівим оком, як у хлопчиків, так і у дівчаток. Асиметрія показників правого і лівого ока є важливою характеристикою функціонального стану зорової системи. У літературі така асиметрія зв'язується з наявністю патології, як в периферійному, так і центральних відділах зорової системи. У нашому дослідженні брали участь діти і підлітки без патології, тому можливо вважати, що наявність асиметрії може бути пов'язана з особливостями будови і функціонування зорової системи.

**Ключові слова:** асиметрія; контрастна чутливість; візоконтрастометрія; школярі; зорова система.

UDC 617.75-02.613.955

## CONTRAST AND SENSORY CHARACTERISTIC OF VISUAL SYSTEM IN CHILDREN OF DIFFERENT AGE

*Maslova Natalia Mikhailovna*

**Abstract.** For a normal visual perception of the world, it requires not only a high visual acuity, but also full-valued spatial-frequent channels of contrast sensitivity. These channels provide filtering of high frequencies, informing about the high frequencies of the object, and low frequencies, without which is impossible whole perception of the image even with distinction of small parts, and medium parts, especially sensitive to contrast and creating preconditions for high-quality analysis of the contours of objects. Thus, only the study of the contrast sensitivity of the visual system in all three ranges will provide complete and qualitative information. It was conducted a research of spatial contrast sensitivity among schoolchildren of three age groups (total number contained 107 people: there were 51 men and 56 women). Black-white grates with a smooth sinusoidal brightness change profile were used. The thickness of the strips is determined by their spatial frequency which is expressed by the number of black-and-white cycles per degree varies. Grates are also differed in contrast, which gradually changed from top to bottom from 0 to 1 (100%). Variation statistics methods of analysis of alternative characters parametric criteria for distinguishing medium were used for processing the results of research. An analysis of these figures allows concluding the nature of changes in contrast sensitivity by gender and age. Thus, in the group of boys a contrast sensitivity increases with age across the entire frequency range, the highest values are observed at low (0.65 cycles / degree) and medium (7.7 cycles / degree) frequencies. In middle and high groups of boys at a low frequency (0.65 cycles / degree) also have high values of contrast sensitivity. The biggest difference between the indicators of the contrast sensitivity of the right and left eyes in all age groups of boys was observed at frequencies of 5.5 cycles / degree and 20 cycles / degree, and in the middle and high groups – even at a frequency of 0.65 cycle / degree.

In the group of girls retained the same patterns of contrast sensitivity change with age. It reliably increases in all frequency ranges. In the younger group, the highest values are observed at medium (5.5 and 7.7 cycles / degree) and high frequencies. At these frequencies, maximum differences in contrast sensitivity meanings of the right and left eyes are observed. In middle and high groups of girls the highest values of contrast sensitivity are observed at low (0.65 cycles / degree), medium (7.7 cycles / degree) and high (20 cycles / degree) frequencies. The maximum differences in contrast sensitivity are observed in the medium and high frequencies.

A study of contrast sensitivity, that it was conducted, demonstrated that the contrast sensitivity increases at all frequencies, revealed the presence of asymmetry between the right and left eye, which reaches a maximum at frequencies of 5.5 and 20 cycles / degree. These changes indicate an increase in intensity of the information processing visual system in the area of near vision. The initial asymmetry characterizes the way of adaptation to its own structural organization. It was noted earlier in the literature that asymmetry is associated with the presence of disease, both in the peripheral and central parts of the visual system. In our research participated children and teenagers without pathology, therefore, one can consider that the presence of asymmetry may be related to the structure and functioning features of the visual system.

**Keywords:** asymmetry; contrast sensitivity; vizocontrastometry; students; visual system.

Стаття надійшла 10.03.2017 р.  
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування