УДК: 616-071+612.815.1+617.753.2

НЕЙРОФІЗІОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ КОМПЕНСАЦІЇ ПРИ МІОПІЇ

Дзюбак А.Ф.

Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна

Ключові слова: міопія, контрастна чутливість, Humphrey-периметрія

Вступ. За даними ВООЗ, міопія є однією з найпоширеніших причин зниження гостроти зору у людей молодого віку. Актуальність широкого вивчення цієї проблеми в науковій літературі обумовлена її значним розповсюдженням і негативними наслідками ускладнень, які спричиняють досить часту інвалідизацію по зору. В Україні протягом 2001-2006 року у структурі очних захворювань частка короткозорості збільшилась з 4,7% до 12,8; за спостереженнями Пасєчнікової Н.В., станом на 2007 рік, міопія вже посідала третє місце серед офтальмологічних захворювань. По всьому світі зареєстровано близько 700 млн. людей з міопічною рефракцією яка і є найбільш частим типом рефракції [2]. Lin (2001) зауважив що домінуючі позиції за частотою короткозорості займають країни Азії, де вона зустрічається у 80% населення [7].

У близько 70% пацієнтів міопія вперше реєструється в дитячому і шкільному віці, а до 20-30 років ступінь її прогресує до індивідуального максимуму [1]. В цей час виникають перші труднощі у навчанні і виконанні професійних обов'язків, що знижує конкурентну здатність міопів.

Широко вивчаються питання пов'язані із короткозорістю і в зарубіжній літературі. Основну увагу звертають на розуміння процесів адаптації сітківки і мозкових структур. Створені моделі на тваринах, які дозволяють вивчати стан функціональної активності сітківки в умовах неправильного фокусування зображення спричиненого розладами рефракції. Вважається, що ретинальний дефокус може служить стимулюючим фактором для розвитку компенсаторних механізмів в аксонах гангліонарних клітин сітківки [6].

Щодо способів і доцільності корекції міопії в науковій літературі спільної думки немає. Pesudovs і Brennan, 1993, фізіологічнішим вважали відсутність корекції, ніж тривалий час застосування неправильно підібраної корекції [9]. За таких умов зберігається високою не тільки гострота зору, але і контрастна чутливість. Mon-Williams, Tresilian, Strang Kochhar і Wann пояснили цей феномен можливим розвитком толерантності до нечіткості зображення, або формуванням компенсаторних механізмів в зоровій, нервовій чи оптичній системах [8]. Подібне підтверджують інші вчені [10] і відмічають підвищення порогу відчуття до зорового дискомфорту у міопів. В механізмі пристосування до ретинального дефокуса має значення також акомодуюча система.

Rosenfield M. з співавторами висувають теорію орієнтації в просторі в умовах тривалого затуманеного зображення за допомогою перцептивної системи. Калібрація зображення відбувається внаслідок функціональних змін окремих відділів зорової кори викликаних дією зорового стимулу в умовах дефокусу [10].

Тому, незважаючи на все різноманіття високотехнічних методів корекції аномалій рефракції, залишається відкритим питання, який же спосіб є найбільш оптимальним і безпечним? Незрозумілими залишаються механізми нейроофтальмологічної компенсації та фізіологічні (нормальні) параметри функціонування зорового аналізатора у еметропів та за умов різних способів корекції міопії.

Мета роботи: з'ясувати вплив нейрофізіологічних механізмів компенсації при міопії з метою розробки корекції функціональних порушень зору в обхід оптики ока.

Матеріали і методи: Обстежено 29 людей (58 очей) віком 20-28 років, з них було 9 еметропів, 20 міопів слабкого ступеня (до -3,0Д). Еметропи розглядалися як контрольна група, а міопів поділено на 4 експетиментальних групи:

1. Без корекції – 50% (10 чол.)
2. З окулярною корекцією – 15% (3 чол.)
3. З корекцією контактними лінзами – 30% (6 чол.)
4. Після рефракційних операцій – 5% (1 чол.)

Комплексне обстеження включало наступні методи: візіометрію, рефрактометрію, ехобіометрію, орієнтовний метод оцінки контрастної чутливості, Humphrey-периметрію.

Орієнтовочна оцінка частотно-контрастної чутливості здійснювалась за допомогою синусоїдальної тестової решітки, яка складається з 7 фрагментів різної просторової частоти (0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32 цикл/град). При цьому високим частотам відповідали фрагменти з частотою 16 і 32 цикл/град, середнім – 2-8, низьким – 0,5 і 1. Зверху контраст решітки був мінімальний і дорівнював нулю, знизу – максимальний і дорівнював 50% [4]. Фрагменти демонструвалися в апараті Рота на відстані 1 м почергово з вертикальною орієнтацією, відкриваючи малюнок зверху вниз. Реєстрували той пороговий рівень контрасту, при якому пацієнт помічав наявність смужок. Результати фіксували на спеціальних бланках у формі графіка (відеограми). Порогове значення контрасту відповідає певному відсотку збереження чутливості до даного діапазону просторових частот [5].

Humphrey-периметрія – техномісткий метод діагностики порушень центрального поля зору. В основі методу лежить визначення чутливості до мерехтіння з подвійним значенням контрасту (FDT-чутливість). Це частотно-кон-

трастна візоперіметрія в умовах поєднання варіації просторової і часової частоти стимулу (з аналізом топографії контрастної чутливості). Фіксувались паспортні дані пацієнта, які включають вік і стать. Хворому пояснювались умови обстеження, і впродовж 1 с проводили пробну стимуляцію. Далі виконували повний тест, тривалість якого становила 4-5 хв на одне око.

Обстеження проводилося за пороговою і надпороговою методиками. Стимули демонстрували почергово, змінюючись у 17 точках центрального поля зору в межах 20° від точки фіксації, де продукувався інший постійний стимул. Демонстрація одного стимулутривала 720 мс. Впродовж перших 160 мс контрастність стимулу збільшувалась від нуля до порогового значення, коли пацієнт його помічав і реагував натисканням на клавішу "мишки" комп'ютера. Якщо пацієнт стимули не бачив, контраст утримувався на максимальному рівні впродовж наступних 400 мс і поступово зменшувався до нуля впродовж останніх 160 мс. Інтервал між стимулами – 500 мс.

Спочатку аналізувалася чутливість парацентральної ділянки сітківки в окремих точках для стимулу, рівень контрастності якого був пороговим для 99% людей цієї вікової і статевої групи. Якщо пацієнт його бачив, то чутливість сітківки у цій точці вважалась нормальною (збереженою на 99%). Якщо пацієнт не бачив, то стимул демонструвався вдруге у тій же точці. Чутливість сітківки вважалась зниженою (збереженою на 1%). Якщо стимул знову не сприймався, рівень контрастності збільшувався. Чутливість сітківки вважалась практично втраченою (збереженою лише на 0,5%). Якщо стимул пропускався при максимальному рівні контрастності, чутливість сітківки вважалась втраченою. Різні рівні чутливості на бланку позначались різними відтінками сірого (рис. 1).

У підсумку комп'ютер виводив ряд показників:

Середнє відхилення порогу чутливості (Mean Deviation (MD)), dB – характеризує середню для всіх 17 точок порогову чутливість сітківки у порівнянні з середньою віковою і статевою нормою. Якщо MD дорівнювало нулю або було додатним, то чутливість сітківки пацієнта вважалась нормальною або кращою за середню вікову і статеву норму, якщо було від'ємним – зниженою.

Часткове відхилення (Pattern Standard Deviation (PSD)), dB – характеризує криву нерівномірності чутливості різних ділянок сітківки у порівнянні з середньою віковою і статевою нормою Високий показник свідчив про нерівномірну гористість зору [3].

Результати та обговорення.

За даними досліджень **у еметропів** встановлено найвищий рівень контрастної чутливості в зоні середніх (1,83±0,21% для правого ока і 1,74±0,42% для лівого ока) і низьких (5,50±1,21% і 5,14±0,81% відповідно) просторових частот (рис. 2), що свідчить про найбільш активну участь вторинного центру. Найнижчим рівень чутливості був діапазоні високих частот і становив 17,23±1,20% і 11,07±1,21% для OD і OS. Отже роль первинного центру зору в створенні зорового образу менш значна, ніж вторинного.

У міопів першої групи встановлено не достатній рівень корекції за станом контрастної чутливості у всіх діапазонах просторових частот (рис. 3). Проте форма відеограми відповідала відеограмі у еметропів, що забезпечує достатньо активну участь мозкових структур і високу комфортність для користувачів. Максимальна різниця за рівнем контрастної чутливості зафіксована у діапазоні високих просторових частот, яка становила 2,67±0,92% і 9,95±2,2% для правого і лівого очей відповідно в порівнянні з контрольною групою $p<0,05$. А в діапазонах низьких і середніх частот достовірної різниці не було, і тільки для решітки в 0,5 цикл/град відмічалось зниження чутливості вдвічі. Знайдене пояснює низьку гостроту зору і недостатню участь первинного центру зору за таких умов.

У міопів з окулярною корекцією за результатами дослідження контрастної чутливості (рис. 4) встановлено, що форма відеограми не відповідала контрольній групі. Максимальне значення чутливості також припадало на решітки в 8-15 цикл/град де значення чутливості співпадали з еметропами. На праве око також відмічалась достатня корекція в діапазоні середніх частот, проте на лівому оці відмічалось зниження чутливості до 3,43±0,1% ($p<0,05$). В діапазоні низьких частоти корекція була недостатньою, а максимальна різниця з контрольною групою становила 3,73±0,1% ($p<0,05$). В діапазоні високих частот відмічалась гіперкорекція на 6,06±1,0% правому оці і 2,74±0,1% на лівому (з контрольною групою $p<0,05$). Знайдена особливість служить поясненням хороших показників гостроти зору викликаних окулярною корекцією, проте посилене напруження первинного центру зору викликаного його гіперкорекцією може причиною її непереносимості у пацієнтів.

У міопів які користуються для корекції контактними **лінзами** недостатньо відкореговані низькі частоти на праве око на 2,38±1,60% на праве око і на 4,46±1,31% на ліве око (рис. 5). Гіперкорекція в діапазоні високих просторових частот становила аж 12,39±2,31% на правому оці.

При хірургічній корекції міопії було встановлено достатню корекцію в діапазоні високих частот і для частоти 8 цикл/град, і недостатню в діапазоні низьких частот на 7,86% для лівого ока (рис. 6).

За даними Humphrey-периметрії у еметропів ділянки з дещо зниженою чутливістю ($P<5\%$) сітківки складають менше 2% (рис. 7 А). У міопів, які не користувалися жодним з видом корекції кількість цих ділянок зростає до 7,9% на праве око і до 16,9% на ліве око; з'являються ділянки помірно зниженої ($P<2\%$) і зниженої ($P<1\%$) чутливості, які займають центральне положення (рис. 7 Б). У користувачів ж лінз чутливість центральних відділів сітківки залишається невідкорегованою, так як виявляються зони із зниженою

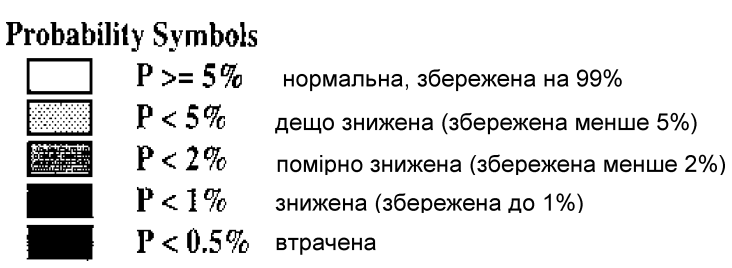

Рис. 1. Шкала позначень рівнів чутливості на бланку Humphrey-периметрії

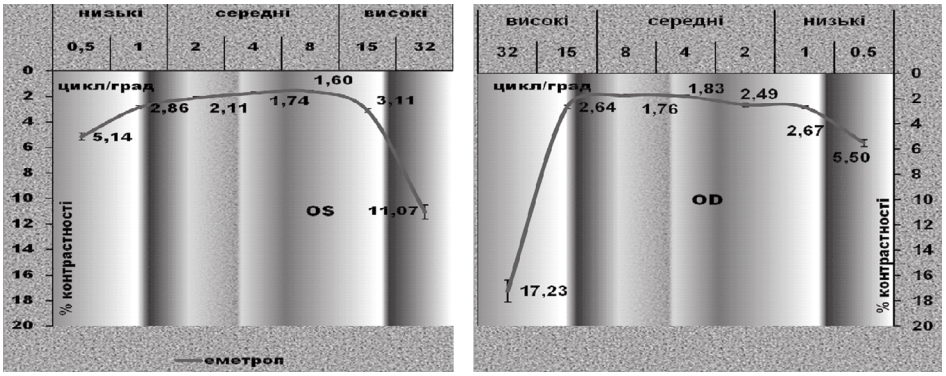

Рис. 2. Контрастна чутливість у еметропів

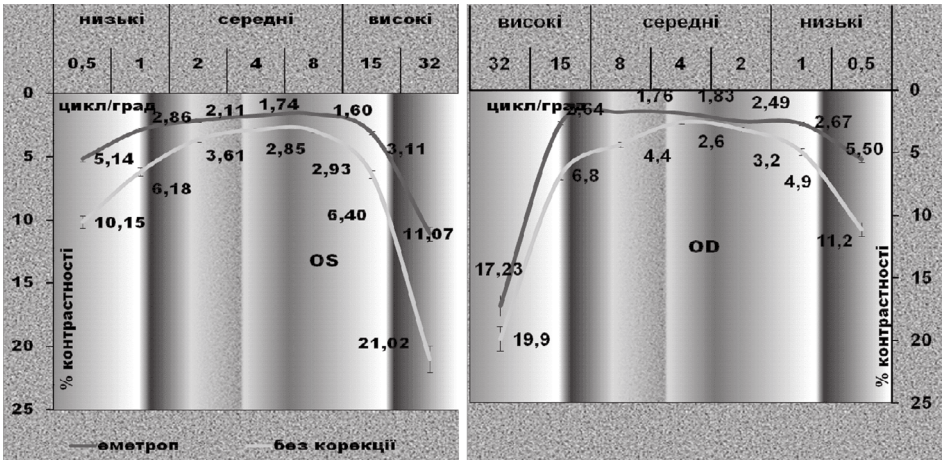

Рис. 3. Порівняння контрастної чутливості у еметропів і у міопів без корекції.

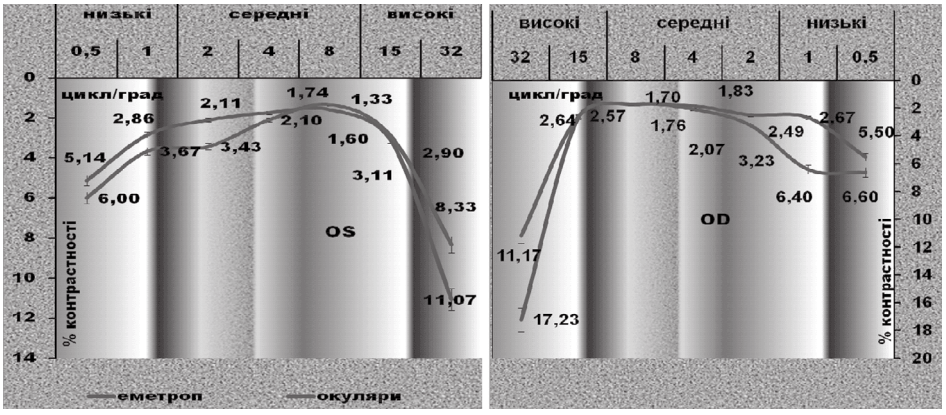

Рис. 4. Порівняння контрастної чутливості у еметропів і у міопів із окулярною корекцією

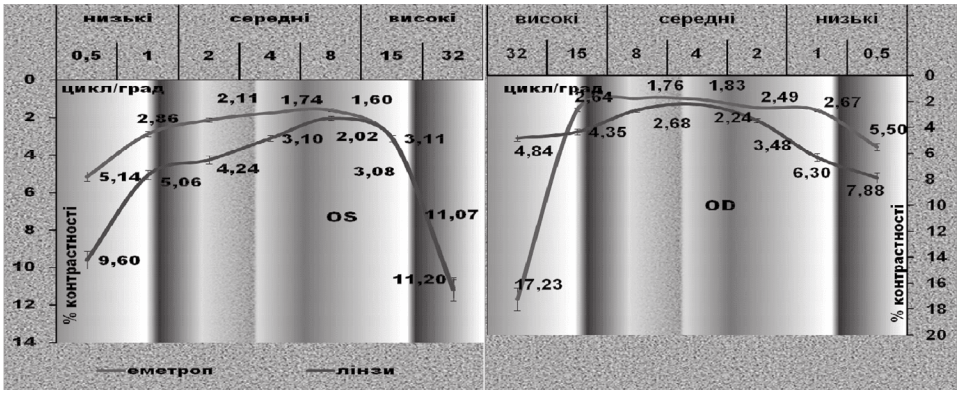

Рис. 5. Порівняння контрастної чутливості у еметропів і у міопів із лінзовою корекцією

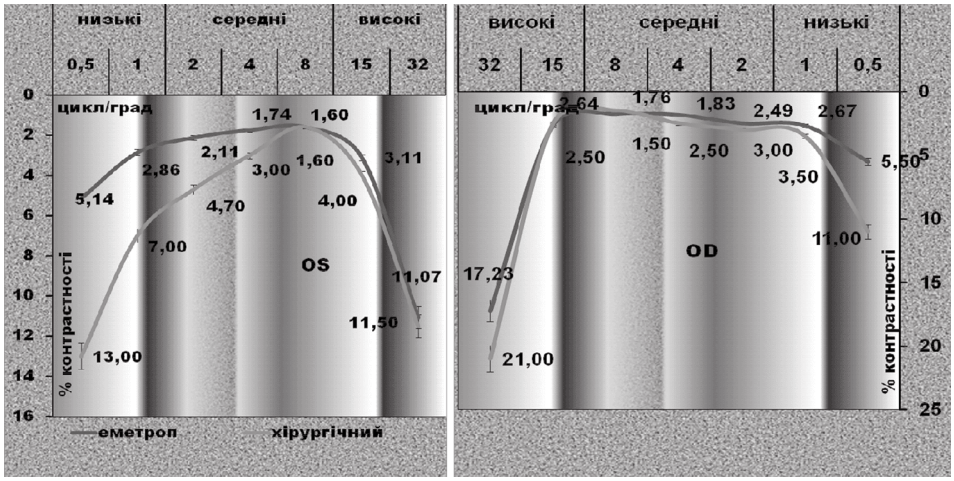

Рис. 6. Порівняння контрастної чутливості у еметропів і у міопів після перенесених рефракційних операцій.

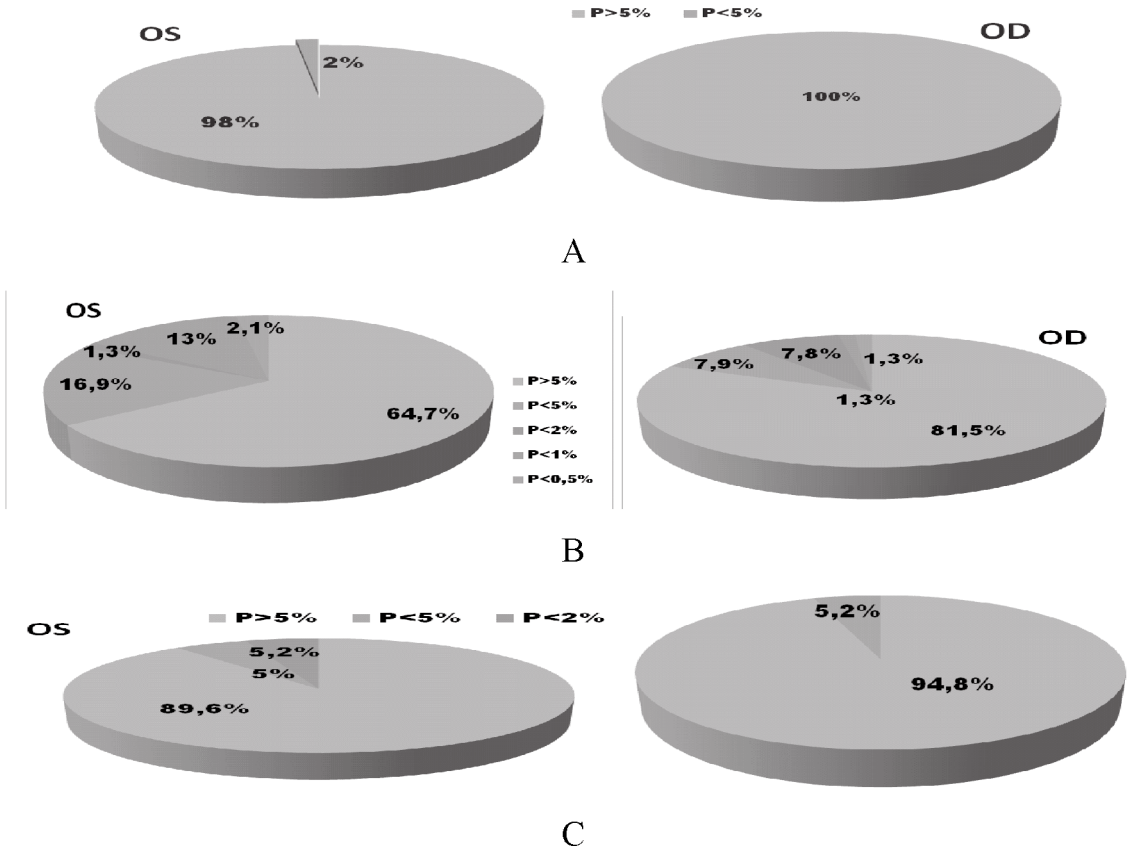

Рис. 7. Порівняння інтенсивності в розповсюдження скотом в центральній зоні поля зору за данними Humphrey у еметропів (А), міопів без корекції (В) і з контактними лінзами (С).

чутливістю (P<2%), які займають центральне положення в поля зору в межах 20° від точки фіксації і становлять 10,2% цієї площі.

Таким чином, за даними проведеного дослідження впливу нейрофізіологічних механізмів компенсації при міопії встановлено, що у еметропів зоровий аналізатор працює на забезпечення таких параметрів зорового зображення, щоб найвищий рівень контрастності був в зоні середніх і низьких просторових частот, а високі частоти мають найменше значення.

Найбільш вдалою групою, яка наближається до цих вимог є без корекції, так як її відеограма по формі найближче відповідала еметропам, що відображає найбільш ідентичну участь усіх структур мозку. При розробці фізіологічного способу корекції міопії, в обхід оптичної системи, стимулюючий фактор слід спрямовувати в зону

чутливості периферичних відділів сітківки і вторинного центру зору або світловий сигнал повинен подаватися в діапазоні середніх просторових частот.

Висновки:

Таким чином врахування нейрофізіологічних механізмів адаптації зорового аналізатора до умов спотвореного зображення при міопії сприятиме розробці нових способів корекції функцій зору і тим самим покращить якість життя людей з найбільш поширеною аномалією рефракції.

Рецензент: чл.-кор. НАМН України, д.мед.н., професор Жабоєдов Г.Д.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Аветисов Э.С. Близорукость. – М.: Медицина 1999. – 240 с.

2. Жабоедов Г.Д., Киреев В.В. Миопия //Лікування та діагностика – 2002. – №3. – С. 35-43.

3. Мойсеєнко Н.М. Оптимізація діагностики пошкоджень елементів зорового шляху при струсі і забої головного мозку: автореф. дис… канд. мед. наук: 14.01.18 / ДУ "Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. ФІЛАТОВА АМН України" – О., 2010. – 23.

4. Рожкова Г.И. Таблицы и тесты для оценки зрительных способностей. / [Г.И. Рожкова, В.С. Токарева] – М.; Гуманит. изд..центр ВЛАДОС, – 2001. – 104 с.

5. Шамшинова А.М. Функциональные методи исследования в офтальмологии / [А.М. Шамшинова, В.В. Волков] – М.: Медицина, 1999.- 416 с.

6. Flitcroft D.I. A model of the contribution of oculomotor and optical factors to emmetropization and myopia. / [D.I. Flitcroft] // Vision Research. – 1998. – Vol. 38. – № 19. – P. 2869-2879.

7. Lin L.L. Epidemiologic study of theprevalence and severity of myopia among schoolchildren / [Lin L.L., Shih, Y.F., Hsiao C.K., Chen C.J., Lee L.A.] // Vision Research. – 2001. – Vol. 118. – № 9. – P. 896-897.

8. Mon-Williams M. Improving vision: Neuralcompensation for optical defocus. / [Mon-Williams M., Tresilian, J.R., Strang, N.C., Kochhar P., Wann, J.P.] // Proceedings of the Royal Society of London B. – 1998. – № 265. – P. 71-77.

9. Pesudovs K. Decreased uncorrected vision after a period of distance fixation with spectacle wears. / [K. Pesudovs, N.A. Brennan] // Optometry and Vision Science. – 1993, – Vol. 70(7). – P. 528-531.

10. Rosenfield M. Blur sensitivityin myopes. / [M. Rosenfield , J. A. Abraham-Cohen] // Journal of the Formosan Medical Association. – 2000. – Vol. 100(10). – P. 684-691.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ КОМПЕНСАЦИИ ПРИ МИОПИИ

Дзюбак А.Ф.

Ивано-Франковский национальный медицинский университет, г. Ивано-Франковск, Украина

Резюме. Наиболее физиологичной по данным контрастной чувствительности оказалась группа миопов без коррекции, так как ее видеограмма по форме ближе всего соответствовала еметропам, но с пониженными показателями чувствительности. При разработке физиологического способа коррекции миопии в обход оптической системы стимулирующий фактор следует направлять в зону чувствительности периферических отделов сетчатки и вторичного центра зрения или световой сигнал должен подаваться в диапазоне средних пространственных частот. Таким образом учет нейрофизиологических механизмов адаптации зрительного анализатора в условиях искаженного изображения при миопии будет способствовать разработке новых способов коррекции функций зрения и тем самым улучшит качество жизни людей с наиболее распространенной аномалией рефракции.

Ключевые слова: миопия, контрастная чувствительность, Humphrey-периметрия.

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF COMPENSATION OF MYOPIA

Dzyubak A.F.

Ivano-Frankovsk National Medical University, Ivano-Frankovsk, Ukraine

Summary: According to our research it was found that physiological (normal) neurooftalmological indices are: high level of contrast sensitivity in the zone of medium and low spatial frequencies, low – in the high spatial frequencies. According to the contrast sensitivity the most physiologic was a group of myopic people without correction, because its videogram was more closed to emetropic people, but with reduced data of sensitivity. When developing the physiological method of correction of myopia with bypass the optical system stimulating factor should be sent to the zone of sensitivity of the peripheral retina and secondary visual center or light signal should be at the range of medium spatial frequencies. Thus, consideration of the neurophysiological mechanisms of adaptation of the visual analyzer in a distorted image of myopia will facilitate the development of new methods of correction of visual functions and improve the quality of life of people with the most common refractive errors.

Keywords: myopia, contrast sensitivity, Humphrey-perimetry.