

УДК 617.761–072.7:617.751→617.761–009.11/.12

## Оценка подвижности глазодвигательных мышц у больных содружественным и несодружественным косоглазием с вертикальным компонентом методом автоматизированного анализа двухмерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взора

Д. В. Романенко, аспирант; Н. Н. Бушуева, д-р мед. наук; Ш. Духаер, врач; Е. В. Пелипенко, программист

ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова НАМН Украины»; Одесса (Украина)  
E-mail: romanenkodina@mail.ru

**Актуальність.** Існуючі методи оцінки функції косих м'язів є суб'єктивними та складними у виконанні, що знижує точність діагностики та призводить до помилок при плануванні оперативних втручань.

**Ціль.** Оцінити рухливість окорухових м'язів у хворих на співдружню та несівдружню косоокість (СК и НСК) з вертикальним компонентом шляхом автоматизованого аналізу двомірних зображень очних яблук в діагностичних положеннях погляду.

**Матеріал і методи.** Обстежено 60 хворих з косоокістю з вертикальним компонентом. Функція косих м'язів оцінювалась у стані аддукції розробленим методом, а також стандартними методиками: 1) за Wright K. E., при якій оцінюють кут відхилення зорової вісі ока, що косить, від горизонтальної лінії в градусах; 2) за Алазме А., при якій оцінюють ступінь вертикального відхилення ока в градусах за Hirschberg.

**Результати.** Розроблена методика дозволила точно оцінити стан косих м'язів при СК та НСК з вертикальним компонентом. Застосування кластерного аналізу дозволило виділити три ступеня порушення функції косих м'язів, які в 66,6–80 % випадків співвідносились з даними стандартних методик обстеження.

**Висновок.** Розроблений метод автоматизованого аналізу двомірних зображень очних яблук дозволив спростити та об'єктивізувати методику оцінки порушень функції косих м'язів у хворих на косоокість.

**Ключевые слова:** глазодвигательные мышцы, косоглазие, автоматизированный анализ

**Ключові слова:** окорухові м'язи, косоокість, автоматизований аналіз

## Assessment of extraocular muscle motility in patients with concomitant and non-concomitant strabismus with vertical component using automated analysis of two-dimensional eye globe pictures in diagnostic gaze positions

Romanenko D. V., Bushuyeva N. M., Dukhayer S., Pelypenko O. V.

State Institution The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine, Odessa, (Ukraine)

**Background.** Existing assessment methods of the extraocular oblique muscle (EOOM) function are subjective ones and difficult to perform. It leads to inaccurate diagnosis and errors during surgery planning.

**Purpose.** To examine extraocular muscle motility in patients with concomitant and non-concomitant strabismus with a vertical component using developed method of automated analysis of two-dimensional eye globe pictures in the diagnostic gaze positions.

**Material and methods.** 60 patients with strabismus and vertical component were examined. EOOM function was assessed in the adduction position using the developed method and conventional ones: 1) Wright K. E. method where squinting eye angle of the optic axis deviation from horizontal line is assessed; 2) Alazme A. method where squinting eye vertical deviation is assessed in degrees by Hirschberg test.

**Results.** The developed method accurately assessed EOOM function in patients with concomitant and non-concomitant strabismus with a vertical component. Cluster analysis sorted out 3 degrees of EOOM dysfunction, which correlated with conventional diagnostic methods data in 66.6–80 % of cases.

© Д. В. Романенко, Н. Н. Бушуева, Ш. Духаер, Е. В. Пелипенко, 2014

**Key words:** oculomotor muscles, strabismus, automated analysis

**Conclusion.** *The developed method of automated analysis of the extraocular muscle function simplified and objectified examination of the oblique muscle dysfunction in strabismus patients.*

**Введение.** Косоглазие является достаточно распространенной офтальмопатологией и характеризуется отклонением зрительной линии одного из глаз от совместной точки фиксации [5, 8]. В практической работе офтальмолога необходимо использование классификации для диагностики характера и причины возникновения разных форм косоглазия. Одним из главных вопросов в страбологии является стандартизация клинических признаков, в первую очередь сложных форм косоглазия, которая бы указывала на причину патологического процесса, определяла тактику аппаратного или хирургического лечения больных [1]. У 30–72 % больных с косоглазием нарушены функции мышц вертикального действия [9]. Актуальность этой патологии очевидна, так как вертикальное отклонение глаз требует хирургической коррекции [2].

На сегодняшний день для оценки гипер- или гипофункции косых мышц предложены шкалы от А до D [10], или градация от первой до четвертой степени [3]. Основным их недостатком является сложность выполнения, субъективность со стороны исследователя и неточность, поэтому на практике эти методы почти не используются.

Нами разработан метод оценки состояния глазодвигательных мышц путем автоматизированного анализа двумерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взора [4], который позволяет определить точную амплитуду движений глазных яблок в миллиметрах и призматических диоптриях.

**Целью** настоящей работы явилась оценка подвижности глазодвигательных мышц у больных содружественным и несодружественным косоглазием с вертикальным компонентом с помощью разработанного нами метода.

### Материал и методы

После получения разрешения биоэтического комитета Института им. В. П. Филатова и информированного согласия добровольцев было обследовано 60 больных с косоглазием и признаками патологии косых мышц в возрасте от 3 лет до 21 года.

Методика обследования была детально описана ранее [4, 7]. Вкратце, лицо исследуемого фиксировали в лицевом установе. На расстоянии 450 мм от исследуемого устанавливали прозрачный экран из пластика 330x330 мм, в его центре на одном уровне с глазами находилась видеокамера, подключенная к компьютеру, с ее помощью осуществлялась съемка. Оператор поочередно включает светодиоды, расположенные на экране и предназначенные для фиксации взора в необходимых диагностических положениях. Изображения передних отделов глаз сохраняются в компьютере

и анализируются с помощью разработанного программного обеспечения. Для каждого исследования формировался протокол с изображениями переднего отрезка обоих глаз в диагностических положениях взора и рядом измеренных показателей. Функция косых мышц оценивалась по вертикальному и горизонтальному отклонению каждого глаза в положении аддукции.

В качестве контроля у этих больных степень гипер- или гипофункции косых мышц была также определена стандартными методиками по Wright K. E., et al. [10] и по Алазме А. [3]. При способе Wright K. E. оценивают угол отклонения зрительной оси косящего глаза от горизонтальной линии в состоянии аддукции и выделяют четыре степени гиперфункции: А  $\approx$  15–20°, В  $\approx$  45°, С  $\approx$  75° и D  $\approx$  90°. При способе Алазме А. оценивают величину вертикального отклонения глаза в градусах по Гиршбергу в положении аддукции. При этом способе также выделяют четыре степени нарушения функции косых мышц: I степень — 10°, II степень — 15–20°, III степень — 25–30° и IV степень — 35–40°.

**Статистический анализ:** определяли среднее (М), стандартное отклонение (SD) и 95 % доверительный интервал (ДИ) по выборкам. Нормальность распределения данных определяли тестом Shapiro-Wilk. Для разделения пациентов по степени нарушения функции косых мышц был применен кластерный анализ, метод k-средних. Так как данные не соответствовали закону нормального распределения, значимость различий между выделенными группами определяли тестом Kruskal-Wallis, для множественных сравнений применяли поправку Bonferroni. Различия между группами считались значимыми при  $p < 0,05$ . Обработка данных производилась программой «Statistica, version 10» (StatSoft, Inc., США).

### Результаты

Разработанная методика позволила точно оценить состояние косых мышц у больных косоглазием с вертикальным компонентом. Данные 30 больных из 60 обследованных представлены в табл. 1.

Применение кластерного анализа позволило выделить три степени нарушения функции косых мышц, определенные разработанным методом. Для проведения анализа учитывалось как вертикальное, так и горизонтальное смещение глазных яблок в состоянии аддукции. Значения для каждого кластера представлены в табл. 2.

Степень нарушения функции косых мышц, определенная путем автоматизированного анализа, в 48 из 60 случаев (80,0 %) совпала с методом Wright K. E. и в 40 из 60 случаев (66,6 %) — с методом Алазме А.

*Клинический пример № 1.* Пациент Г., 12 лет. Диагноз: сходящееся содружественное неаккомодационное альтернирующее косоглазие с гиперфункцией нижней косой мышцы правого глаза. Гиперметропия слабой степени обоих глаз.

**Таблица 1.** Оценка состояния функции косых мышц у обследованных больных стандартными методиками и разработанным методом.

	Пациент, возраст	Мышца	ГС (мм)	ВС (мм)	Градусы – степень нарушения функции по Wright	Градусы – степень нарушения функции по Алазме	Степень нарушения функции по разработанному методу
1	А., 3	НК	4,5	1,75	15-А	5-I	1
2	Б., 6	НК	4,25	2,5	45-В	20-II	2
3	Б., 3	НК	1,25	3,25	75-С	45-IV	3
4	Г., 12	НК	6,25	3	45-В	35-IV	2
5	Д., 21	ВК	3	-3	45-В	20-II	3
6	Д., 21	НК	4	2,25	45-В	20-II	2
7	Д., 20	НК	2,5	3,5	75-С	35-IV	3
8	З., 9	ВК	3	-1,25	45-В	5-10-I	1
9	К., 3	ВК	5,5	-1,5	15-А	5-10-I	1
10	К., 3	НК	7,5	1,5	15-А	5-10-I	1
11	М., 7	НК	6,5	2	20-А	10-I	1
12	О., 9	НК	0	3,25	90-Д	45-IV	3
13	О., 4	НК	6,75	3	45-В	20-II	2
14	П., 6	НК	7,75	2,5	45-В	20-II	2
15	П., 5	НК	7,5	2,25	45-В	20-II	2
16	С., 6	НК	8	1,75	45-В	20-II	1
17	С., 11	НК	9	1,5	45-В	20-II	1
18	С., 9	НК	5	2,75	45-В	20-II	2
19	С., 7	НК	4,75	1,25	15-А	10-I	1
20	С., 11	НК	2,75	1,75	45-В	20-II	1
21	С., 3	НК	5,25	2,75	45-В	25-III	2
22	Т., 3	НК	9	2,25	45-В	25-III	2
23	Т., 5	НК	5,5	1,75	45-В	20-II	1
24	Т., 7	НК	7,75	1,25	10-А	5-I	1
25	Ц., 5	ВК	3,75	-3,25	45-В	25-III	3
26	Ш., 10	НК	3,75	1,25	15-А	10-I	1
27	В., 6	НК	7	1,5	20-А	10-I	1
28	Б., 10	ВК	1,75	3,25	75-С	35-IV	3
29	Б., 12	НК	5,25	2,25	45-В	10-15	2
30	Д., 11	ВК	1	2,25	45-В	10-15	3

Примечание. НК — нижняя косая мышца, ВК — верхняя косая мышца, ГС — горизонтальное смещение, ВС — вертикальное смещение.

**Таблица 2.** Средние значения горизонтального и вертикального смещения глазных яблок в положении аддукции, определенные разработанным методом, для каждого кластера (степени нарушения функции косых мышц).

Степень нарушения функции косых мышц	Вертикальное смещение		Горизонтальное смещение	
	M±SD (мм)	95 % ДИ (мм)	M±SD (мм)	95 % ДИ (мм)
I	1,54±0,25	1,25–2,0	5,81±2,0	2,75–9,0
II	2,55±0,31	2,25–3,0	6,1±1,63	4,0–9,0
III	3,14±0,4	2,25–3,5	1,89±1,28	0,0–3,75
$P_{I-II}$	0,006		>0,05	
$P_{I-III}$	0,000		0,000	
$P_{II-III}$	>0,05		0,006	

Из анамнеза: со слов родителей, косоглазие появилось в трехлетнем возрасте на фоне полного благополучия. Ортоптическое лечение раньше не проводилось. Данные офтальмологического обследования: острота зрения обоих глаз 0,85, с коррек-

цией sph. +1,0D = 1,0. Глаза спокойны, оптические среды прозрачные, глазное дно без офтальмологической патологии. В первичной позиции зрения угол горизонтальной девиации по Hirschberg 15°, угол вертикальной девиации (гипертропия OD) — 10–15°. В состоянии аддукции отклонение правого глаза, определенное разработанным методом, по горизонтали составляло 6,25 мм, по вертикали — 3 мм (II степень по разработанной классификации), по Wright K. E. — 45° (степень В), по Алазме А. — 35° (IV степень) — рис. 1.

*Клинический пример № 2.* Пациентка З., 9 лет. Диагноз: посттравматический левосторонний синдром Брауна. Гиперметропия слабой степени обоих глаз.

Из анамнеза: в возрасте 7 лет получила травму левой надбровной дуги, с длительно существующей гематомой, после чего появилось ограниченное подвижности левого глаза при взгляде вправо вверх и вправо. Ортоптическое лечение не проводилось. Данные офтальмологического обследования:

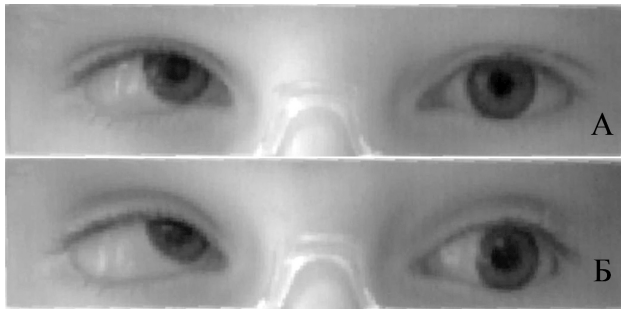


Рис. 1



Рис. 2

ния: острота зрения обоих глаз 1,0. Глаза спокойны, оптические среды прозрачные, глазное дно без офтальмологической патологии. В первичной позиции взгляда ортотропия. В состоянии аддукции отклонение левого глаза, определенное разработанным методом, по горизонтали составило 3 мм, по вертикали — 1,25 мм (гипотропия) — I степень гиперфункции разработанным методом, по Wright К. Е. — 30° (степень В), по Алазме А. — 5–10° (I степень) — рис. 2.

### Обсуждение результатов

В данной работе впервые удалось получить точные цифровые данные, характеризующие функцию косых мышц у больных косоглазием, что позволило более четко определить степень их патологии. Подобная методика также может быть применена для оценки степени гипер- или гипofункции горизонтальных и вертикальных глазодвигательных мышц, что может позволить более точно спланировать объем и точку приложения оперативных вмешательств для лечения данной категории больных.

На сегодняшний день для оценки гипер- или гипofункции косых мышц предложены шкалы от А

до D и от I до IV [3, 10]. Основным их недостатком является трудность расчета, субъективность со стороны исследователя и, как следствие, неточность, в результате чего на практике эти методы почти не используются.

На наш взгляд, преимуществом разработанной методики является одномоментная оценка не только вертикальной, но и горизонтальной девиации глазных яблок в диагностическом положении взгляда (аддукция). Это важно в связи с тем, что механизм работы косых мышц сложен: они обеспечивают вертикальные, горизонтальные (абдукцию) и торсионные (инторзия, эксторзия) движения глазных яблок [6]. Кроме того, на степень нарушения функции косых мышц также влияет функция внутренних прямых мышц, с чем мы связываем некоторое несоответствие предложенной нами градации со способом Алазме А., который в основном учитывает вертикальную девиацию глазного яблока (66,6 % совпадений). Игнорирование горизонтальной девиации может сказаться на точности диагностики для последующего хирургического лечения.

Корреляция наших результатов со способом Wright К. Е. была выше — 80 %, так как принцип определения степени нарушения функции косых мышц этими методами схож. Кроме того, ранее у обследованных нами 120 здоровых лиц — 60 детей и 60 взрослых — было выявлено, что в положении аддукции глаз может смещаться по вертикали с амплитудой 2 мм (от -1 до 1 мм) [4]. Таким образом, выделенная по Wright К. Е. степень А гипер- и гипofункции косых мышц, на наш взгляд, может быть отнесена к варианту физиологической нормы, а выделение трех степеней для оценки состояния косых мышц является оптимальным.

**Заключение.** Благодаря разработанному методу автоматизированной оценки состояния глазодвигательных мышц удалось усовершенствовать способ определения нарушения функции косых мышц у больных содружественным и несодружественным косоглазием с вертикальным компонентом. Данная методика может помочь врачу-офтальмологу более точно установить необходимость и объем хирургического лечения. Применение кластерного анализа позволило выделить три степени нарушения функции косых мышц, которые в 66,6–80 % случаев соотносились с данными стандартных методик обследования.

*Литература*

1. Хирургическое лечение косоглазия с недостаточностью верхней косой мышцы : методическое пособие для врачей / [Э. С. Аветисов, Т. П. Кашченко, И. Л. Смольянинова, А. Алазме и др.]. — М. : Моск. НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, 1996. — 9 с.
2. Методические рекомендации по применению призматических элементов очковой коррекции : методическое пособие для врачей / [Э. С. Аветисов, Ю. З. Розенблюм, Т. П. Кашченко и др.]. — М. : Моск. НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, 1987. — 22 с.
3. **Алазме А.** Клинические особенности и лечение косоглазия с недостаточностью верхней косой мышцы : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.00.08 «Глазные болезни» / А. Алазме. — Москва, 1992. — 20 с.
4. **Бушуева Н. Н.** Оценка состояния глазодвигательного аппарата здоровых лиц путём автоматизированного анализа двухмерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взора / Н. Н. Бушуева, Д. В. Романенко, Е. В. Пелипенко // Офтальмол. журн. — 2014. — № 2. — С. 4–9.
5. **Кашченко Т. П.** Проблемы глазодвигательной и бинокулярной патологии / Т. П. Кашченко, В. И. Поспелов, С. Л. Шаповалов // VIII Съезд офтальмологов России, 1–4 июня 2005 г. : материалы. — М., 2005. — С. 740–741.
6. **Копаева В. Г.** Глазные болезни / В. Г. Копаева. — М. : Медицина, 2002. — С. 387–389.
7. Патент 62260 Україна, МПК (01.2011) А 61 В 3/00. Спосіб визначення кута косоокості / Бушуєва Н. М., Романенко Д. В., Пелипенко О. В.; заявник та патентовласник ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». — № 201015549 ; заявл. 23.12.2010 ; опубл. 25.08.2011, Бюл. № 16.
8. **Coats D. K.** Reasons for delay of surgical intervention in adult strabismus / D. K. Coats // Arch. Ophthalmol. — 2005. — V.123 (№ 4). — P. 497–499.
9. **Lee D. A.** Clinical Guide to Comprehensive Ophthalmology / D. A. Lee, E. J. Higginbotham. — New York : Thieme, 1999. — 727 p.
10. **Wright K. W.** Pediatric Ophthalmology and Strabismus, 2<sup>nd</sup> edition / K. W. Wright, P. H. Spiegel. — New York : Springer-Verlag, 2003. — 782 p.

*Поступила 18.08.2014*

*References*

1. **Avetisov ES, Kashchenko TP, Smolyaniniva IL, Alazme A et al.** Surgical treatment of strabismus with the failure of the superior oblique: a manual for physicians. M.: Mosk. NII glaznykh boleznei im. Gelmgoltsa; 1996. 9 p.
2. **Avetisov ES, Rozenblum YuZ, Kashchenko TP et al.** Guidelines for the use of prismatic elements of spectacle correction: a manual for physicians. M.: Mosk. NII glaznykh boleznei im. Gelmgoltsa; 1987. 22 p.
3. **Alazme A.** Clinical features and treatment of strabismus with the failure of the superior oblique: author's thesis for Candidate of Med. Science: 14.00.08 «Eye Diseases». Moscow; 1992. 20 p.
4. **Bushueva NN, Romanenko DV, Pelipenko EV.** Assessment of the state of oculomotor apparatus of healthy persons by automatized analysis of two-dimensional images of the eyeballs in diagnostic gaze positions. Oftalmol Zh. 2014;2:4–9.
5. **Kashchenko TP, Pospelov VI, Shapovalov SL.** Problems of oculomotor and binocular pathology. Proceedings of VIII Congress of Ophthalmologists of Russia. 1–4 June 2005. M.; 2005. 740–1.
6. **Kopaieva VG.** Eye Diseases. M.: Meditsina; 2002. 387–9.
7. **Bushueva NM, Romanenko DV, Pelipenko OV.** Patent 62260 Ukraine, MPK (01.2011) A 61 B 3/00. Method for determining the angle of strabismus. SI «The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine» № 201015549; appl. 23.12.2010 ; publ. 25.08.2011, Bul. № 16.
8. **Coats DK.** Reasons for delay of surgical intervention in adult strabismus. Arch. Ophthalmol. 2005;123 (4): 497–9.
9. **Lee DA, Higginbotham EJ.** Clinical Guide to Comprehensive Ophthalmology. New York : Thieme; 1999. 727 p.
10. **Wright KW, Spiegel PH.** Pediatric Ophthalmology and Strabismus, 2<sup>nd</sup> edition. York: Springer-Verlag; 2003. 782 p.

*Received 18.08.2014*