

УДК 617.758.1/.13-072.7-089.85.168

## Эффективность хирургического лечения больных косоглазием на основе стандартного и усовершенствованного алгоритма диагностики с использованием метода автоматизированного анализа изображений глаз

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

**Ключевые слова:** косоглазие, хирургическое лечение, трехмерная биомеханическая модель глаза, автоматизированная диагностика

**Ключові слова:** косоокість, хірургічне лікування, тривимірна біомеханічна модель ока, автоматизована діагностика

**Мета.** Проаналізувати результати хірургічного лікування хворих на косоокість, передопераційна діагностика яких проведена з використанням автоматизованого аналізу зображень діагностичних положень погляду, а об'єм наступних операцій моделювався у тривимірній біомеханічній моделі очей.

**Матеріал і методи.** В основній групі передопераційна діагностика проведена з використанням автоматизованого аналізу зображень діагностичних положень погляду та тривимірній біомеханічній моделі очей. В контрольній групі № 1 об'єм операції планувався на основі стандартного алгоритму діагностики. В контрольній групі № 2 на основі стандартного алгоритму діагностики проведено моделювання об'єма операції у тривимірній біомеханічній моделі очей «SEE-KID». Терміни спостереження склали 6–12 місяців після операції.

**Результати.** У хворих на співдружно косоокість ортотропія після операції досягнута у 40/48 хворих в основній групі (83,3%), 80/120 хворих в контрольній групі № 1 (66,7%) і 63/106 хворих в контрольній групі № 2 (59,4%) —  $P_{ог-кг1} = 0,09$ ;  $P_{ог-кг2} = 0,01$ . Через 6–12 міс. ортотропія зберігалась у 43/48 хворих основної групи (89,6%), 62/91 хворих в контрольній групі № 1 (68,1%) та 53/88 хворих контрольної групи № 2 (60,2%) —  $P_{ог-кг1} = 0,03$ ;  $P_{ог-кг2} = 0,001$ . У хворих на косоокість з вертикальним компонентом ортотропія після операції досягнута у 6/8 хворих в основній групі (75%) та 19/30 хворих в контрольній групі № 1 (63,3%) —  $P_{ог-кг1} = 0,54$ . Через 6–12 міс. ортотропія зберігалась у 7/8 хворих основної групи (87,5%), 13/19 хворих контрольної групи № 1 (68,4%) —  $P_{ог-кг1} = 0,3$ .

**Висновок.** Розроблений метод автоматизованої оцінки стану очорухового апарату в комбінації з моделюванням операцій в тривимірній біомеханічній моделі очей дозволив спростити та об'єктивізувати оцінку порушень рухливості очних яблук та кута девіації у хворих на косоокість, що призвело до покращення результатів хірургічного лікування цих хворих.

## The effectiveness of surgical treatment of strabismus on the basis of standard and advanced diagnostic algorithm with the use of computer-aided image analysis eyes

D. Romanenko, N. Bushuyeva, Sh. Duhayer, O. Pelypenko

SI «Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the National Academy of Medical Science of Ukraine»; Odessa (Ukraine)

**Purpose.** To analyze results of strabismus patient surgical treatment, which preoperatively were examined using method of automated analysis of diagnostic gaze position pictures (AADGP) and volume of subsequent surgeries was planned in three-dimensional biomechanical eye model (TBEM).

**Materials and methods.** Preoperative diagnostic algorithm for surgery planning included automated analysis of diagnostic gaze position pictures + three-dimen-

sional biomechanical eye model in main group. Surgery volume was planned based on conventional diagnostic tests in the 1<sup>st</sup> group of controls. Surgery volume was planned based on conventional diagnostic tests + three-dimensional biomechanical eye model in the 2<sup>nd</sup> group of controls. Patient follow-up was 6–12 months after surgery.

**Results.** In concomitant strabismus patients orthotropy after surgery was present in 40/48 patients in main group (83,3 %), 80/120 patients in 1<sup>st</sup> group of controls (66,7 %) and 63/106 patients in 2<sup>nd</sup> group of controls (59,4 %) —  $P_{MG-CG1} = 0,09$ ;  $P_{MG-CG2} = 0,01$ . At 6–12 month follow-up orthotropy preserved in 43/48 patients in main group (89,6 %), 62/91 patients in 1<sup>st</sup> group of controls (68,1 %) and 53/88 patients in 2<sup>nd</sup> group of controls (60,2 %) —  $P_{MG-CG1} = 0,03$ ;  $P_{MG-CG2} = 0,001$ . In strabismus with vertical deviation patients orthotropy after surgery was present in 6/8 patients in main group (75 %) and 19/30 patients in 1<sup>st</sup> group of controls (63,3 %) —  $P_{MG-CG1} = 0,54$ . At 6–12 month follow-up orthotropy preserved in 7/8 patients in main group (87,5 %) and 13/19 patients in 1<sup>st</sup> group of controls (68,4 %) —  $P_{MG-CG1} = 0,3$ .

**Conclusion.** Developed method of automated analysis of extraocular muscle function in combination with surgery modeling in three-dimensional biomechanical eye model simplified and objectified examination of deviation angle and ocular motility in strabismus patients. It led to improvement of surgery results in these patients.

**Key words:** strabismus, surgical treatment, automated diagnostics, three-dimensional biomechanical eye model

**Актуальность.** Косоглазие занимает второе место после аномалий рефракции среди детской глазной патологии и встречается приблизительно у 4 % взрослого населения [5, 8]. В связи с неточностью и трудоемкостью диагностических тестов и, несмотря на применение новых методов и различных тактик хирургического лечения, частота неудовлетворительного косметического исхода и повторных хирургических вмешательств по поводу содружественного косоглазия остается высокой и составляет от 5 до 57 % [4, 11].

Нами был разработан метод диагностики на основе автоматизированного анализа двухмерных изображений диагностических положений взгляда, позволивший точно оценить угол девиации и подвижность глазных яблок у больных косоглазием [3, 6, 7]. Кроме того, разработанная методика позволила существенно ускорить и упростить диагностический процесс.

С целью оптимизации тактики и объема оперативного вмешательства были предложены биомеханические модели движений глазных яблок: SEE-KID [10], Orbit™ [9], Qi Wei [12]. Однако на сегодняшний день имеется недостаточно сведений об эффективности подобных систем в диагностике и лечении содружественного косоглазия. Мы проанализировали результаты хирургического лечения больных содружественным косоглазием, объем операций у которых моделировался в трехмерной биомеханической модели глаза (ТБМГ) SEE-KID на основании диагностики стандартными методами: ортотропия в отдаленном периоде была достигнута только у 60 % больных [2], что свидетельствует о недостаточной эффективности применения только ТБМГ при планировании хирургических вмешательств.

**Целью работы** было проанализировать результаты хирургического лечения больных косоглазием, предоперационная диагностика у которых проведена с использованием автоматизированного анализа изображений диагностических положений взгляда, а объем последующих операций моделировался в ТБМГ.

### Материал и методы

**Основная группа.** Для оценки результатов хирургического лечения, проведенного на основе диагностики разработанным методом автоматизированного анализа двухмерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взгляда и предварительного моделирования объема оперативного вмешательства в ТБМГ, после получения разрешения биоэтического комитета Института им. В. П. Филатова и информированного согласия пациентов, было прооперировано 48 больных содружественным косоглазием и 8 больных косоглазием с вертикальным компонентом. Все больные были отслежены в течение 6–12 месяцев после операции.

**Контрольные группы:** I. Для оценки результатов хирургического лечения на основе стандартного алгоритма диагностики был проведен анализ историй болезни 120 больных содружественным косоглазием и 30 больных косоглазием с вертикальным компонентом. В отдаленные сроки (6–12 месяцев после операции) проанализированы 91 из 120 больных содружественным косоглазием и 22 из 30 больных косоглазием с вертикальным компонентом. II. При оценке результатов хирургического лечения на основе стандартного алгоритма диагностики и предварительного моделирования объема оперативного вмешательства в ТБМГ «SEE-KID» (RISC Software GmbH, Австрия) проанализированы истории болезни и амбулаторные карты 106 больных содружественным косоглазием. В отдаленном периоде (6–12 месяцев после операции) было обследовано 88 больных.

Пациенты основной и контрольных групп почти не отличались между собой по возрасту, виду, длительности

Таблица 1. Характеристика больных основной и контрольных групп

Показатели	Группы больных			p <sup>2</sup> <sub>1</sub>	p <sup>2</sup> <sub>2</sub>	p <sup>2</sup> <sub>3</sub>
	основная	контрольная 1	контрольная 2			
<i>Возраст, годы</i>						
3–7	17	43	33	0,812	0,919	0,671
7–17	32	85	59	0,951	0,856	0,873
17 и старше	7	22	14	0,691	0,898	0,741
<i>Вид косоглазия</i>						
Сходящееся	35	93	75	0,947	0,284	0,470
Расходящееся	13	27	31	0,400	0,411	0,343
Вертикальный компонент	8	30	–	0,347	0,000*	0,000*
Альтернирующее	49	125	101	0,463	0,216*	0,009*
Монолатеральное	7	25	5	0,463	0,216*	0,009*
<i>Угол косоглазия</i>						
10–15°	10	39	11	0,222	0,178	0,006*
16–30°	37	90	85	0,425	0,141*	0,003*
31–45°	9	21	10	0,708	0,212	0,270
<i>Характер зрения</i>						
Монокулярный	56	150	106	1,0	1,0	1,0
Одновременный	–	–	–			
<i>Ортоптическое лечение до операции</i>						
да/нет	30/26	73/77	55/51	0,531	0,838	0,612
<b>Всего больных</b>	<b>56</b>	<b>150</b>	<b>106</b>			

Примечания. p<sup>2</sup><sub>1</sub> – значимость различий между основной и контрольной группой 1; p<sup>2</sup><sub>2</sub> – значимость различий между основной и контрольной группой 2; p<sup>2</sup><sub>3</sub> – значимость различий между контрольной группой 1 и контрольной группой 2; \* – с поправкой Bonferroni.

существования и величине углов косоглазия (таблица 1). Больные с амблиопией средней и высокой степенью, частично-аккомодационным косоглазием и ранее оперированные пациенты не включались в исследование.

*Методы обследования.* Разработанная методика автоматизированной оценки угла девиации и подвижности глазных яблок детально описана ранее [3, 6, 7]. Вкратце, лицо исследуемого фиксировали в лицевом установе. На расстоянии 450 мм от исследуемого устанавливали прозрачный экран из пластика 330х330 мм, в центре которого 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. Угол девиации определяли по вертикальному и горизонтальному отклонению каждого глаза в положении «прямо вдаль». Функция косых мышц оценивалась по вертикальному и горизонтальному отклонению каждого глаза в положении аддукции.

Кроме того, у всех больных основной группы до и после операции угол девиации также был определен призмами Френеля и по Hirschberg, подвижность глазных яблок определялась методом координатрии по Lancaster, а у больных косоглазием с вертикальным компонентом степень гипер- или гипопункции косых мышц была также определена стандартными методиками по Wright K. E., et al. [13] и по Алазме А. [1]. Характер зрения определяли на цветотесте.

Моделирование положений глаз в виртуальной ТБМГ проводилось путём занесения в программное обеспечение «SEE-KID» выявленных углов девиации и подвижности глазных яблок, определенных разработанным методом (основная группа) либо стандартными методиками (контрольная группа II). Затем на полученной трехмерной биомеханической модели глаз планировался объем хирургического вмешательства [10].

Хирургическое лечение осуществляли стандартными методиками резекции и рецессии горизонтальных мышц и миотомии косых мышц. Большинству больных для устранения или уменьшения девиации потребовались операции на двух, трех или четырех мышцах.

Критериями эффективности лечения были положение глаз в первичной позиции взора и характер зрения пациентов. Положение глаз в ближайшем послеоперационном периоде оценивалось через 7 дней после вмешательства. Положение глаз считалось правильным в случае отсутствия девиации при определении по Гиршбергу и наличия остаточной положительной девиации до 12 призматических диоптрий (ПД) разработанным методом и призмами Френеля. Гипоэффект определялся как наличие видимой остаточной девиации по Гиршбергу и ≥13 ПД разработанным методом и призмами Френеля. Гиперэффект определялся как наличие объективной отрицательной девиации ≥10 ПД разработанным методом и призмами Френеля.

*Статистический анализ.* Для сравнения результатов лечения в основной и контрольных группах использовали критерий  $\chi^2$  или тест Fisher. Применяли поправку Bonferroni для множественных сравнений. Различия между группами считались значимыми при p<0,05. Обработка данных производилась программой «Statistica, version 10» (StatSoft, Inc., США).

**Результаты и их обсуждение**

**Основная группа.** Применение разработанной автоматизированной методики диагностики и предоперационного моделирования объема хирургических вмешательств в виртуальной ТБМГ позволило достичь ортотропии в раннем послеоперационном периоде у 83,3 % больных содружественным косоглазием (40/48 больных) и у 75 % больных косоглазием с вертикальным компонентом (6/8 больных). В отдаленном периоде правильное положение глазных яблок в первичной позиции зрения сохранялось у 43/48 больных содружественным косоглазием (89,6 %) и у 7/8 больных косоглазием с вертикальным компонентом (87,5 %). У трех из 5 больных содружественным косоглазием с отсутствием ортотропии в отдаленном послеоперационном периоде наблюдался гипозэффект 13–20 ПД и у двух — гиперэффект 10 ПД, им был проведен второй этап хирургического лечения (11,6 %). У больного косоглазием с вертикальным компонентом с отсутствием ортотропии в отдаленном послеоперационном периоде наблюдался гипозэффект 15 ПД, продолжено ортооптическое лечение. Бинокулярное зрение восстановилось у 13/43 больных содружественным косоглазием с ортотропией после операции (30,2 %) и у 2/7 больных косоглазием с вертикальным компонентом и ортотропией после операции (28,6 %). Одновременное зрение после операции появилось у 20/43 больных содружественным косоглазием (46,5 %) и у 3/7 больных косоглазием с вертикальным компонентом (42,9 %).

**Контрольная группа I.** Применение стандартных диагностических методов для планирования объема хирургических вмешательств позволило достичь ортотропии в раннем послеоперационном периоде у 66,7 % больных содружественным косоглазием (80/120 больных) и у 63,3 % больных косоглазием с вертикальным компонентом (19/30 больных). В отдаленном периоде правильное положение глазных яблок в первичной позиции зрения сохранялось у 62/91 больных содружественным косоглазием (68,1 %) и у 13/19 больных косоглазием с вертикальным компонентом с ортотропией после операции (68,4 %).

Из 29 больных содружественным косоглазием с отсутствием ортотропии в отдаленном послеоперационном периоде у 19 наблюдался гипозэффект 15–25 ПД и у 10 — гиперэффект 10–20 ПД. У 16 из этих больных был проведен второй этап хирургического лечения (17,6 %). У всех 6 больных косоглазием и вертикальным компонентом с отсутствием ортотропии в отдаленном послеоперационном периоде наблюдался гипозэффект 15–20 ПД. Бинокулярное зрение восстановилось у 12/61 больных содружественным косоглазием с ортотропией после операции (19,7 %) и у 3/13 больных косоглазием с вертикальным компонентом и ортотропией после операции (23 %). Одновременное зрение после операции появилось у 17/61 больных содружественным косоглазием (27,9 %) и у 6/13 больных косоглазием с вертикальным компонентом (46,1 %).

**Контрольная группа II.** В результате операций, планирование объема которых проведено на основе применения стандартных диагностических методов и последующего моделирования с помощью виртуальной ТБМГ, в раннем послеоперационном периоде ортотропия была достигнута у 63/106 больных содружественным косоглазием (59,4 %). В отдаленном периоде ортотропия сохранялась у 53/88 больных (60,2 %). У 35/88 (39,8 %) — отмечался остаточный угол (10–20 ПД) — гипокоррекция (31 больной), гиперкоррекция (4 больных). Второй этап операции потребовался 20/88 больных (22,7 %). Бинокулярное зрение восстановилось у 12/53 больных содружественным косоглазием с ортотропией после операции (22,6 %). Одновременное зрение после операции появилось у 18/53 больных (33,9 %).

**Сравнение результатов лечения в основной и контрольных группах.** Детальные данные сравнения представлены в таблицах 2 и 3. Использование разработанного комплексного метода диагностики с применением компьютерных технологий позволило улучшить результаты хирургического лечения больных косоглазием: ортотропия в отдаленном периоде сохранялась более чем у 89 % больных содружественным косоглазием и у 87,5 % больных косоглазием с вертикальным компонентом.

**Таблица 2.** Результаты лечения больных содружественным косоглазием в основной и контрольных группах

Показатели	Группы больных			p <sup>2</sup> <sub>1</sub>	p <sup>2</sup> <sub>2</sub>	p <sup>2</sup> <sub>3</sub>
	основная	контрольная 1	контрольная 2			
Ортотропия после операции	40/48	80/120	63/106	0,093*	0,01*	0,260
Ортотропия в отдаленном периоде	43/48	62/91	53/88	0,027*	0,001*	0,251
Гипозэффект	3/5	19/29	31/35	0,553	0,154	0,058
Гиперэффект	2/5	10/29	4/35	0,553	0,154	0,058
Повторная операция	5/48	16/91	20/88	0,321	0,076	0,362
Бинокулярное зрение	13/43	12/61	12/53	0,278	0,399	0,784
Одновременное зрение	20/43	17/61	18/53	0,15*	0,211	0,558

Примечания. p<sup>2</sup><sub>1</sub> – значимость различий между основной и контрольной группой 1; p<sup>2</sup><sub>2</sub> – значимость различий между основной и контрольной группой 2; p<sup>2</sup><sub>3</sub> – значимость различий между контрольной группой 1 и контрольной группой 2; \* — с поправкой Bonferroni.

**Таблица 3.** Результаты лечения больных косоглазием с вертикальным компонентом в основной и контрольной группах

Показатели	Группы больных		p <sup>2</sup>
	Основная	Контрольная 1	
Ортотропия после операции	6/8	19/30	0,537
Ортотропия в отдаленном периоде	7/8	13/19	0,301
Бинокулярное зрение	2/7	3/13	0,594
Одновременное зрение	3/7	6/13	0,630
Повторная операция	0/8	0/13	1
Гипозэффект	1/1	6/6	1
Гиперэффект	–	–	

глазием с вертикальным компонентом, в то время как в контрольной группе с применением стандартных алгоритмов диагностики ортотропия достигнута у 68 % больных содружественным косоглазием и косоглазием с вертикальным компонентом. Применение предоперационного моделирования в ТБМГ на основе стандартных методов диагностики не улучшало результатов лечения: ортотропия в отдаленном периоде сохранялась только у 60,2 % больных содружественным косоглазием. Соответственно, в основной группе были выше показатели восстановления бинокулярного и одновременного зрения, и ниже частота повторных операций.

В связи с неточностью, трудоемкостью и субъективностью диагностических тестов даже несмотря на применение новых методов и различных тактик хирургического лечения, частота повторных хирургических вмешательств по поводу содружественного косоглазия остается высокой и составляет от 5 до 57 % [4, 11].

В данной работе мы попытались оценить влияние разработанного автоматизированного метода оценки угла девиации и подвижности глазных яблок и виртуальной ТБМГ на результаты хирургического лечения больных косоглазием. В предыду-

щих наших работах показано, что разработанный метод диагностики хорошо соотносится со стандартными методиками (определение угла девиации призмами Френеля и по Гиршбергу, определение подвижности глазных яблок координатрией по Ланкастеру) и позволяет существенно упростить и ускорить диагностический процесс [3, 6, 7]. В то же время, использование виртуальной ТБМГ для предоперационного моделирования объема хирургических вмешательств на основании данных стандартных диагностических тестов не приводило к существенному улучшению результатов операций (частота ортотропий не превышала 60 %) [2]. Комбинация же этих методов позволила повысить частоту ортотропий в послеоперационном периоде на 20 % по сравнению с контролем. Улучшение результатов, на наш взгляд, связано с тем, что в программное обеспечение ТБМГ кроме данных угла девиации в первичной позиции взгляда также вводились точные цифровые показатели подвижности глазных яблок, а не приблизительные градации оценки функции тех или иных глазодвигательных мышц, что позволяло более точно спланировать объем вмешательства и количество оперируемых мышц и глазных яблок.

Недочетом данного исследования можно назвать ретроспективный характер контрольных групп и малочисленность больных косоглазием с вертикальным компонентом. Более точные результаты можно будет получить при проспективном клиническом исследовании.

Таким образом, разработанный метод диагностики состояния глазодвигательного аппарата на основе автоматизированного анализа двухмерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взгляда позволил быстро и объективно оценивать угол девиации и уточнять степень нарушения функции мышц у больных косоглазием, что привело к улучшению результатов хирургического лечения этих больных.

### Литература

1. Алазме А. Клинические особенности и лечение косоглазия с недостаточностью верхней косой мышцы : автореф. дисс. ... канд. мед. наук : спец. 14.00.08 «Глазные болезни» / А. Алазме. — Москва, 1992. — 20 с.
2. Бушуева Н. Н. Результаты хирургического лечения содружественного косоглазия с предварительным моделированием операций с использованием трехмерной биомеханической модели глаза / Н. Н. Бушуева, Д. В. Романенко, И. Н. Тарнопольская // Офтальмол. журн. — 2014. — № 1. — С. 18–23.
3. Бушуева Н. Н. Оценка состояния глазодвигательного аппарата здоровых лиц путём автоматизированного анализа двухмерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взгляда / Н. Н. Бушуева, Д. В. Романенко, Е. В. Пелипенко // Офтальмол. журн. — 2014. — № 2. — С. 4–9.
4. Жукова О. В. К вопросу о дозировании эффекта операции при хирургическом лечении сходящегося косоглазия у детей / О. В. Жукова, Т. А. Маркова, А. В. Золотарев // Всерос. конф., посвященная 105-летию со дня рождения Т. И. Ерошевского «Ерошевские чтения», 25–26 июня 2007 : труды. — Самара, 2007. — С. 644–647.
5. Кащенко Т. П. Проблемы глазодвигательной и бинокулярной патологии / Т. П. Кащенко, В. И. Поспелов, С. Л. Шаповалов // VIII Съезд офтальмологов России, 1–4 июня 2005 г. : материалы. — М., 2005. — С. 740–741.

6. **Романенко Д. В.** Оценка подвижности глазодвигательных мышц у больных содружественным и несодружественным косоглазием с вертикальным компонентом методом автоматизированного анализа двухмерных изображений глазных яблок в диагностических положениях взгляда / Д. В. Романенко, Н. Н. Бушуева, Ш. Духаер, Е. В. Пелипенко // Офтальмол. журн. — 2014. — № 5. — С. 15–19.
7. **Романенко Д. В.** Оценка подвижности глазных яблок и угла девиации у больных косоглазием методом автоматизированного анализа двухмерных изображений в диагностических положениях взгляда / Д. В. Романенко, Н. Н. Бушуева, Ш. Духаер // Офтальмол. Восточная Европа. — 2015 (в печати).
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. **Miller J. M.** Orbit™ 1.8 gaze mechanics simulation / Miller J. M. Pavlovski D. S., Shamaeva I. — San Francisco: Eidactics, 1999. — 43 p.
10. **Priglinger S.** Augenmotilitätsstörungen. Computerunterstützte: Diagnose und Therapie / S. Priglinger, M. Buchberger. — Wien : Springer, 2005. — 75 p.
11. **Trigler L.** Factors associated with horizontal reoperation in infantile esotropia / L. Trigler, R. M. Siatkowski // J. AAPOS. — 2002. — V.6 (№ 1). — P.15–20.
12. **Wei Q.** Biomechanical Simulation of Human Eye Movement / Q. Wei, S. Sueda, D. K. Pai // Intern. Symp. Biomed. Simulation (ISBMS10), 23–24 January, 2010 : Proceedings. — Phoenix, USA, 2010. — P.1–11.
13. **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 22.01.2015

### References

1. **Alazme A.** Clinical features and treatment of strabismus with the failure of the superior oblique: author's thesis for Cand.of Med. Science. 14.00.08 Eye Diseases. Moscow; 1992. 20 p.
2. **N. Bushueva, D. Romanenko, I. Tarnopolska.** Results of the surgical treatment of associated squint with preliminary modeling of operations by using three-dimensional biomechanical model of the eye. Ophthalmol Zh.2014;1:18–23. In Russian.
3. **Bushueva N. N., Romanenko D. V., Pelipenko E. V.** Assessment of the state of oculomotor apparatus of healthy persons by automatized analysis of two-dimensional images of the eyeballs in diagnostic gaze positions. Ophthalmol Zh.2014;3:4–9. In Russian.
4. **Zhukova OV, Markova TA, Zolotarev AV.** On dosing of the operation effect in the surgical treatment for convergent strabismus in children. All Russian Conference «Eroshev Readings», 25–26 June 2007. Samara; 2007. 644–647. In Russian.
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. 740–741. In Russian.
6. **Romanenko D. V., Bushuyeva N. N., Dukhayer S., Pelypenko E. V.** Assessment of extraocular muscle motility in patients with concomitant and non- concomitant strabismus with a vertical component using automated analysis of two-dimensional eye globe pictures in the diagnostic gaze positions. Ophthalmol Zh.2014;5:15–19. In Russian.
7. **Romanenko D. V., Bushuyeva N. N., Dukhayer S.** Assessment of the mobility of the eyeballs and the angle of deviation in patients with strabismus using automated analysis of two-dimensional eye globe pictures in the diagnostic gaze positions. Ophthalmologia. Vostochnaia Evropa. 2015 (In Printing). In Russian.
8. **Coats DK.** Reasons for delay of surgical intervention in adult strabismus. Arch. Ophthalmol. 2005;123(4):497–9.
9. **Miller JM, Pavlovski DS, Shamaeva I.** Orbit™ 1.8 gaze mechanics simulation. San Francisco: Eidactics; 1999. 43 p.
10. **Priglinger S, Buchberger M.** Augenmotilitätsstörungen. Computerunterstützte: Diagnose und Therapie. Wien: Springer; 2005. 75 p.
11. **Trigler L, Siatkowski RM.** Factors associated with horizontal reoperation in infantile esotropia. J. AAPOS. 2002;6(1):15–20.
12. **Wei Q, Sueda S, Pai DK.** Biomechanical Simulation of Human Eye Movement. Intern. Symp. Biomed. Simulation (ISBMS10), 23–24 January, 2010: Proceedings. Phoenix, USA, 2010. 1–11.
13. **Wright KW, Spiegel PH.** Pediatric Ophthalmology and Strabismus, 2<sup>nd</sup> edition. New York: Springer-Verlag; 2003. 782 p.

Received 22.01.2015