



С.В. БАЛАЛИН, В.П. ФОКИН, Е.М. МАКОВКИН

УДК 617.71-07

Волгоградский филиал МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ

К вопросу о ригидности корнеосклеральной оболочки у лиц без глазной патологии в зависимости от биометрических показателей глаза

Балалин Сергей Викторович

кандидат медицинских наук, заведующий научным отделом

400138, г. Волгоград, ул. Имени Землячки, д. 80, тел. (8442) 91-72-84, e-mail: mntk@isee.ru

Исследование ригидности корнеосклеральной оболочки глаза методом динамической дифференциальной тонометрии проведено у 640 лиц без глазной патологии (640 глаз). Показатель ригидности корнеосклеральной оболочки глаза выступает как интегральный показатель, учитывающий влияние многих факторов: возраст, толщину роговицы, переднезадний размер глазного яблока, клиническую рефракцию. Измерение офтальмотонуса методом динамической дифференциальной тонометрии является информативным, точным и не зависит от центральной толщины роговицы и сагиттального переднезаднего размера глазного яблока.

Ключевые слова: ригидность, ВГД, дифференциальная тонометрия.

S.V. BALALIN, V.P. FOKIN, E.M. MAKOVKIN

Volgograd branch IRTC «Eye Microsurgery» named after acad. S.N. Fedorov» MH of RF

On rigidity of corneoscleral layers in persons without ocular pathology depending on eye biometry

Examination of corneoscleral rigidity by means of dynamic differentiated tonometry was performed in 640 healthy persons (640 eyes). Rigidity factor is an integral index, comprising various characteristics, such as age, corneal thickness, anterior-posterior ocular globe size, clinical refraction. Evaluation of ocular pressure by method of dynamic differentiated tonometry appears to be informative, accurate and is not affected by central corneal thickness and sagittal anterior-posterior ocular globe size.

Keywords: rigidity, intraocular pressure, differentiated tonometry.

Величина внутриглазного давления (ВГД) зависит от объема содержимого глаза и ригидности его оболочек [1]. Исследование ригидности оболочек глаза необходимо для получения достоверной информации о величине внутриглазного давления. По данным литературы ригидность корнеосклеральной оболочки глаза зависит от индивидуальных линейных размеров глазного яблока, его клинической рефракции, а также толщины роговицы [1-5, 6-14].

Цель исследования

Повышение точности измерения офтальмотонуса с учетом биометрических показателей глаза: толщины роговицы и переднезаднего размера глазного яблока.

Материал и методы

Комплексное офтальмологическое обследование и исследование ригидности корнеосклеральной оболочки глаза методом динамической дифференциальной тонометрии проведено у лиц без глазной патологии (640 глаз). Средний возраст пациентов 59±2,5 года.

На метод динамической дифференциальной тонометрии получен патент на изобретение РФ № 2314015 от 21.04.2006 г. Данный метод является модификацией дифференциальной тонометрии по Фриденвальду. Динамическая дифференциальная тонометрия проводилась датчиком тонографа ОТГ-Э [15] с весом плунжера 5,5 г и 10 г в течение 30 секунд. Преимущества метода заключаются в следующем: во-первых, по записи

тонометрических кривых, которые видны на экране монитора, можно оценить качество проведенного исследования, выявить и исключить из анализа артефактные участки. Нормальная запись тонометрической кривой выглядит в виде ровной или слегка наклонной линии. При мигательных движениях век на тонометрической кривой регистрируются артефактные осцилляции, а при напряжении глазодвигательных мышц или век глаза тонометрическая кривая в этот момент приобретает восходящий характер из-за артефактного повышения внутриглазного давления. Во-вторых, вычисляются 6 значений ВГД и ригидности корнеосклеральной оболочки через каждые 5 секунд исследования. Колебания между величинами ВГД и ригидности склеры при хорошей записи были минимальными. ЭВМ рассчитывает итоговое среднее значение коэффициента ригидности и среднее значение внутриглазного давления с учетом индивидуальной величины ригидности корнеосклеральной оболочки глаза, что значительно повышает точность измерения ВГД.

В таблице 1 представлены средние значения показателя ригидности корнеосклеральной оболочки и биометрических показателей глаз у обследованных лиц. Из таблицы видно, что средние значения показателя ригидности (E_0), центральной толщины роговицы и переднезаднего размера глазного яблока у лиц без глазной патологии находятся в пределах средних значений нормы. У обследованных лиц отмечался широкий диапазон значений биометрических показателей и ригидности корнеосклеральной оболочки глазного яблока (табл. 1). Это было обусловлено тем, что в состав группы входили пациенты с эметропией (336 глаз), миопией (104 глаза) и гиперметропией (200 глаз).

Таблица 1.

Средние значения центральной толщины роговицы (ЦТР), ригидности корнеосклеральной оболочки (E_0) и переднезаднего размера (СПЗР) глазного яблока у лиц без глазной патологии

Показатель (ед.изм.)	M	m	σ	max (M+2 σ)	min (M-2 σ)
E_0 , (1/мм ³)	0,0195	0,0002	0,0058	0,0311	0,0078
ЦТР (мкм)	544,1	1,37	34,8	613,7	474,5
СПЗР (мм)	23,5	0,07	1,85	27,2	19,8

E_0 , (1/мм³) — показатель ригидности корнеосклеральной оболочки глаза; ЦТР (мкм) — центральная толщина роговицы; СПЗР (мм) — сагиттальный переднезадний размер глаза

В таблице 2 представлены средние значения толщины роговицы, переднезаднего размера и ригидности глазного яблока в зависимости от вида аметропии. У пациентов с эметропией

среднее значение показателя ригидности оболочек глаза было равно $0,021 \pm 0,003$, что соответствует общепринятым нормативным данным. Данное значение показателя ригидности соответствовало переднезаднему размеру глазного яблока, который был равен $23,0 \pm 0,4$ мм и толщине роговицы $545 \pm 26,8$ мкм. Указанной величине ригидности и данным анатомическим параметрам соответствовала величина истинного внутриглазного давления, которая была равна $14,2 \pm 0,27$ мм рт. ст.

Наиболее низкое среднее значение показателя ригидности оболочек глаза отмечалось у пациентов с миопией $0,016 \pm 0,003$, а наиболее высокое его значение у лиц с гиперметропией $0,025 \pm 0,003$. Различие между средними значениями статистически достоверно ($P < 0,05$; $t = 2,1$).

У пациентов с миопией средняя толщина роговицы была равна $540,8 \pm 27,2$ мкм, а у лиц с гиперметропией — $551,0 \pm 28,5$ мкм. Различие между средними значениями толщины роговицы у обследуемых групп было статистически недостоверным ($P > 0,05$; $t < 2,0$). Таким образом, зависимости между ЦТР и клиническими видами рефракции глаза не выявлено. Полученные данные согласуются с данными других исследователей [3].

Увеличение ЦТР у обследованных лиц сопровождалось достоверным повышением уровня офтальмотонуса, измеренного на электронном тонографе без учета показателя ригидности. Коэффициент корреляции равен 0,24. Зависимость между этими показателями определялась формулой: $\text{ЦТР} = 507,8 + 2,7 \cdot \text{ВГД}$ (P_0), где ЦТР — центральная толщина роговицы ($P < 0,01$).

Увеличение СПЗР сопровождалось достоверным снижением офтальмотонуса. Зависимость между этими показателями выражалась формулой:

$\text{ВГД} (P_0) = 25,4 - 0,13 \cdot \text{СПЗР}$, где СПЗР — сагиттальный переднезадний размер глазного яблока. Коэффициент корреляции равен — 0,24 ($P < 0,01$).

При измерении показателя ригидности глаза была выявлена его зависимость от возраста пациентов. Коэффициент корреляции: 0,36 ($P < 0,01$). Зависимость между этими показателями выражалась формулой: $E_0 = 0,011 + 0,0002 \cdot B$, где B — возраст.

На основании полученных данных был также проведен корреляционный анализ между показателем ригидности и рефракцией глаза. Коэффициент корреляции между ригидностью глаза и рефракцией глаза был равен 0,62, а их зависимость определялась формулой: $E_0 = 0,0211 + 0,001 \cdot X$, где E_0 — показатель ригидности, X — значение клинической рефракции глаза.

Наиболее наглядно зависимость между ригидностью корнеосклеральной оболочки,

ЦТР и сагиттальным размером глазного яблока видно на рис. 1. Зависимость между ригидностью (E_0) и данными показателями выражалась формулой:

$E_0 = 0,029 + 0,0000315 \cdot \text{ЦТР} - 0,011 \cdot \text{СПЗР}$, где ЦТР — центральная толщина роговицы, СПЗР — сагиттальный переднезадний размер глазного яблока.

Таблица 2.

Средние значения переднезаднего размера, толщины роговицы и ригидности глаза у обследованных лиц

Показатель	Эметропия (M $\pm$ m)	Гиперметропия (M $\pm$ m)	Миопия (M $\pm$ m)	P
	336 глаз	200 глаз	104 глаза	
СПЗР (мм)	$23,0 \pm 0,4$	$22,3 \pm 0,9^{**}$	$25,5 \pm 1,3^*$	$< 0,05$
ЦТР (мкм)	$545 \pm 26,8$	$551 \pm 28,5$	$540,8 \pm 27,2$	$> 0,05$
E_0 (1/мм ³)	$0,021 \pm 0,003$	$0,025 \pm 0,003^{**}$	$0,016 \pm 0,003^*$	$< 0,05$

Различие между средними значениями, обозначенными ** и * статистически достоверны ($P < 0,05$)



На основании полученных данных видно, что показатель ригидности корнеосклеральной оболочки глаза возрастает с увеличением толщины роговицы и возраста пациентов. С увеличением переднезаднего размера глазного яблока показатель ригидности глаза снижается.

Рисунок 1.

Зависимость ригидности корнеосклеральной оболочки (E_0) от центральной толщины роговицы и сагиттального переднезаднего размера глазного яблока у обследованных лиц

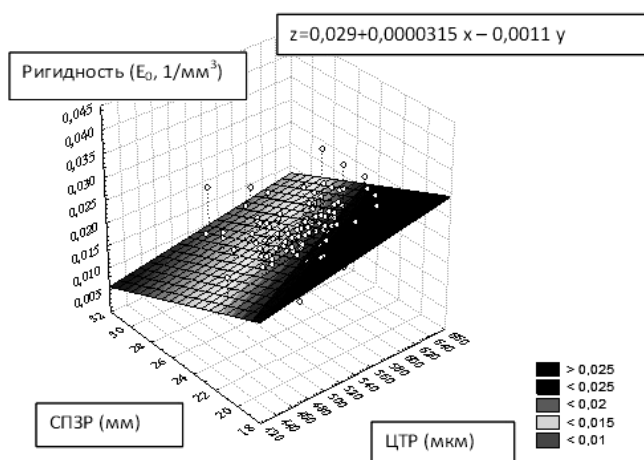
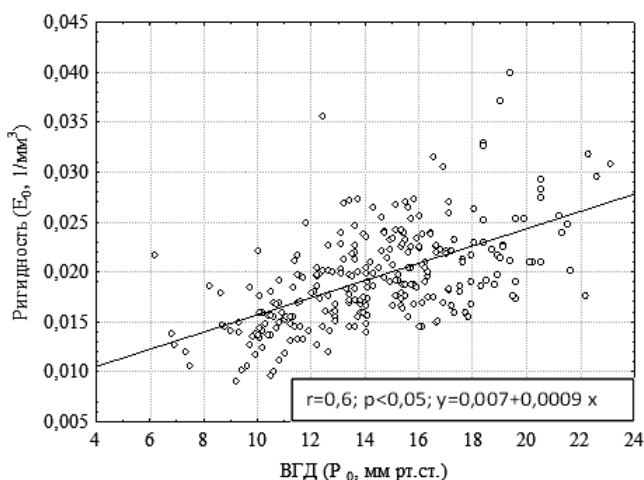


Рисунок 2.

Зависимость внутриглазного давления от ригидности корнеосклеральной оболочки глазного яблока



Наиболее сильная корреляция отмечалась между внутриглазным давлением и величиной ригидности (рис. 2). Коэффициент корреляции был равен 0,6 ($P < 0,01$). Зависимость между этими показателями выражалась формулой:

$E_0 = 0,007 + 0,0009 \cdot P_0$, где E_0 — ригидность корнеосклеральной оболочки глаза.

При измерении офтальмотонуса с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки (P_{0E}) по данным динамической дифференциальной тонометрии необходимо отметить отсутствие влияния на ВГД центральной толщины роговицы

(рис. 3). Корреляционная зависимость между этими показателями статистически недостоверна ($P > 0,05$).

Таким образом, динамическая дифференциальная тонометрия позволяет более точно измерить внутриглазное давление с учетом ригидности корнеосклеральной оболочки глаза, устранив влияние центральной толщины роговицы на величину офтальмотонуса.

Рисунок 3.

Зависимость между скорректированным ВГД (P_{0E}) и центральной толщиной роговицы (ЦТР)

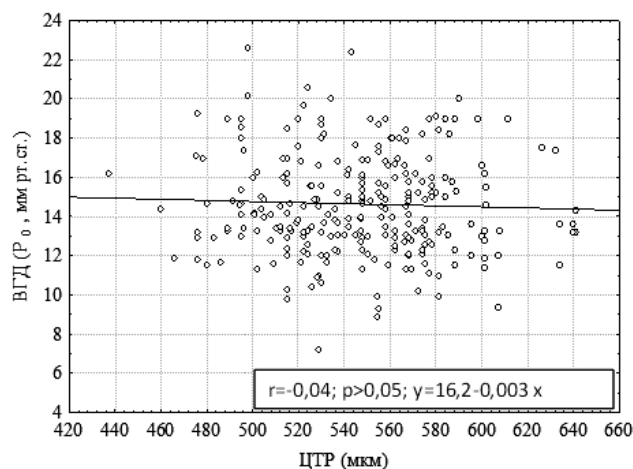
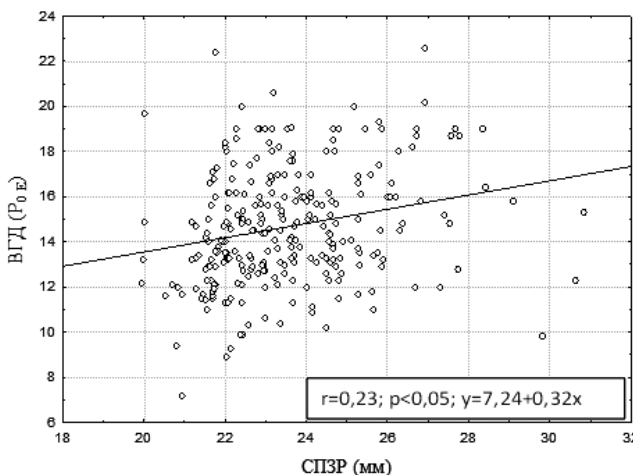


Рисунок 4.

Зависимость между скорректированным ВГД (P_{0E}) и сагиттальным переднезадним размером глазного яблока



Зависимость между величинами скорректированного ВГД (P_{0E}) и сагиттального размера глазного яблока у лиц контрольной группы представлена на рис.4. Из рисунка видно, что отмечается достоверная обратная зависимость между величинами скорректированного ВГД (P_{0E}) и сагиттального переднезаднего размера глазного яблока ($r = 0,23$; $p < 0,05$).

Учитывая, что при расчете скорректированного ВГД (P_{0E}) не учитывается сагиттальный переднезадний размер глазного яблока, для повышения точности дифференциальной тонометрии нами был введен поправочный коэффициент (К), который равен отношению среднего значения СПЗР глаза эметропа

(23,0 мм) к сагитальному переднезаднему размеру глазного яблока пациента: $K=23,0/СПЗР$ пациента. Тогда, скорректированное ВГД с учетом переднезаднего размера глазного яблока ($P_{0\text{Е}, СПЗР}$) будет рассчитываться по формуле: $P_{0\text{Е}, СПЗР} = K \cdot P_{0\text{Е}}$. При исследовании корреляции между

$P_{0\text{Е}, СПЗР}$ и центральной толщиной роговицы, а также между $P_{0\text{Е}, СПЗР}$ и сагитальным размером глаза у обследованных лиц (рис. 5, 6) зависимость была статистически недостоверной ($P > 0,05$).

Рисунок 5.

Зависимость между скорректированным ВГД ($P_{0\text{Е}, СПЗР}$) и сагитальным переднезадним размером глазного яблока у лиц контрольной группы

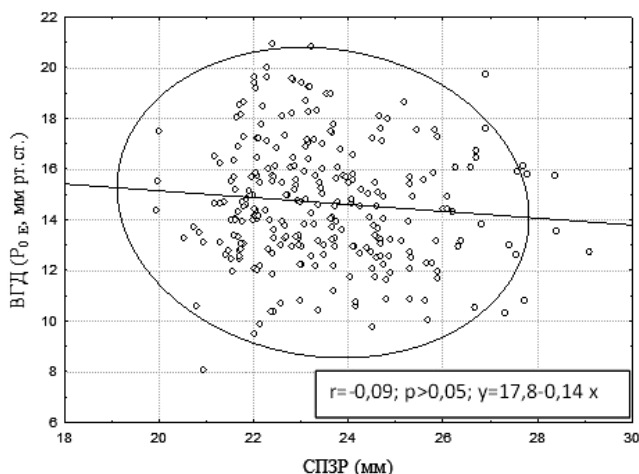
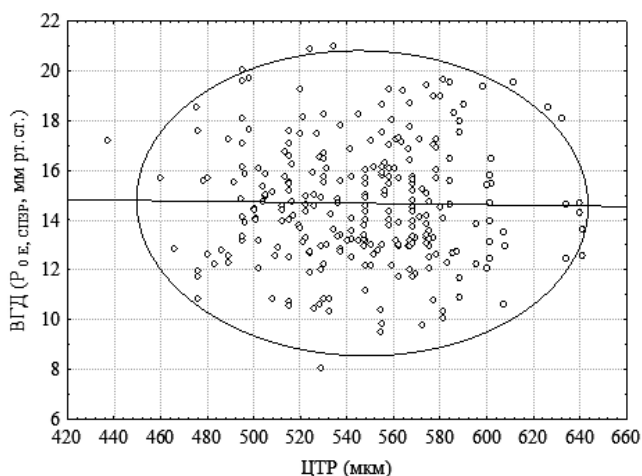


Рисунок 6.

Зависимость между скорректированным ВГД ($P_{0\text{Е}, СПЗР}$) и центральной толщиной роговицы у лиц контрольной группы



Таким образом, показатель ригидности корneosклеральной оболочки глаза выступает как интегральный показатель, учитывающий влияние многих факторов (возраст, толщина роговицы, переднезадний размер глазного яблока, клиническая рефракция). Данные факторы, влияющие на ригидность

корneosклеральной оболочки глаза необходимо учитывать при измерении офтальмотонуса.

Вывод

Измерение офтальмотонуса методом динамической дифференциальной тонометрии является информативным, точным и не зависит от центральной толщины роговицы и сагитального переднезаднего размера глазного яблока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нестеров А.П., Бунин А.Я., Кацнельсон Л.А. Внутриглазное давление. Физиология и патология. — М., 1974. — 384 с.
2. Аветисов С.Э., Петров С.Ю., Бубнова И.А. и др. Влияние центральной толщины роговицы на результаты тонометрии // Вестник офтальмологии. — 2008. — Т. 124, № 5. — С. 3-7.
3. Балашевич Л.И., Качанов А.Б., Никулин С.А. и др. Влияние толщины роговицы на пневмотонометрические показатели внутриглазного давления // Офтальмохирургия. — 2005. — № 1. — С. 31-33.
4. Егоров Е.А., Васина М.В. Влияние толщины роговицы на уровень внутриглазного давления среди различных групп пациентов // Клиническая офтальмология. — 2006. — Т. 7, № 1. — С. 16-19.
5. Еремина М.В., Еричев В.П., Якубова Л.В. Влияние центральной толщины роговицы на уровень внутриглазного давления в норме и при глаукоме // Глаукома. — 2006. — № 4. — С. 78-83.
6. Куроедов А.В., Гордничий В.В. Центральная толщина роговицы как фактор риска прогрессирования первичной открытоугольной глаукомы // Глаукома. — 2008. — № 4. — С. 20-28.
7. Нероев В.В., Ханджян А.Т., Зайцева О.В. Новые возможности в оценке биомеханических свойств роговицы и измерении внутриглазного давления // Глаукома. — 2006. — № 1. — С. 51-56.
8. Brandt J.D., Beiser J.A., Gordon M.O. et al. Central corneal thickness and measured IOP response to topical ocular hypotensive medication in the ocular hypertension treatment study // Am. J. Ophthalmol. — 2004. — Vol. 138, №5. — P. 717-722.
9. Broman A.T., Congdon N.G., Bandeen-Roche K. et al. Influence of corneal structure, corneal responsiveness, and other ocular parameters on tonometric measurement of intraocular pressure // Glaucoma. — 2007. — Vol. 16, № 1. — P. 581-588.
10. Ehlers N., Bramsen T., Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness // Acta Ophthalmol. (Copenh). — 1975. — Vol 53, №1. — P. 34-43.
11. Doughty M.J., Zaman M.X. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach // Surv. Ophthalmol. — 2000. — Vol. 44, № 5. — P. 367-408.
12. Feltgen N., Leifert D., Funk J. Correlation between central corneal thickness, applanation tonometry, and direct intracameral IOP readings // Br. J. Ophthalmol. — 2001. — Vol. 85, № 1. — P. 85-87.
13. Harada Y., Hirose N., Kubota T. et al. The influence of central corneal thickness and corneal curvature radius on the intraocular pressure as measured by different tonometers: noncontact and goldmann applanation tonometers // Glaucoma. — 2008. — Vol. 17., № 8. — P. 619-625.
14. Kohlhaas M., Boehm A.G., Spoerl E. et al. Effect of central corneal thickness, corneal curvature, and axial length on applanation tonometry // Arch. Ophthalmol. — 2006. — Vol. 124, № 4. — P. 471-476.
15. Коломейцева Е.М. Возможности применения компьютеризированного тонографа ОТГ-Э при исследовании больных глаукомой // Глаукома: сб. науч. тр. МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца. — М., 1994. — С. 18-21.



6. Катаев М.Г., Еолчиан С.А., Тишкова А.П. Диагностика и тактика лечения при переломах орбиты // Вестник офтальмологии. — 2006. — № 1. — С. 26-32.
7. Коротких С. А., Кузнецова Н. Л., Колесникова Е. И. и др. Свердловский областной офтальмотравматологический центр: результаты 30 лет работы: XVI научно-практическая конференция Екатеринбургского центра МНТК «Микрохирургия глаза»: Матер. конф. — Екатеринбург, 2008. — С. 57-61.
8. Чернышева Е.З. Спортивный травматизм глаз по материалам глазной клиники Пермского медицинского института за 10 лет (2000-2010) // Вопросы офтальмологии. — 2011. — № 2. — С. 48-52.
9. Панина О.Л. Сочетанная тяжелая травма глазницы: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Л., 1986.
10. Горбунова Е.Д. Клиника, диагностика и лечение переломов стенки орбиты у детей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2007.
11. Nagase D.Y., Courtemanche D.J., Peters D.A. Facial fractures — association with ocular injuries: 13-year review of one practice in a tertiary care centre // Can. J. Plast. Surgery. — 2006. — Vol. 14, № 3. — P. 167-171.
12. Даниличев В.Ф., Киселев А. С., Горбачев Д. С. И др. Сочетанные повреждения глазницы и ЛОР-органов // Актуальные проблемы современной офтальмологии: материалы Поволжской науч.-практ. конф. — Саратов, 1996. — С. 39-41.
13. Josef J. M., Glavas I. P. Orbital fractures: a review // Clinical Ophthalmology. — 2011. — Vol. 5. — P. 95-100.
14. Brown M.S., Ky W., Lisman R.D. Concomitant ocular injuries with orbital fractures // The Journal of Cranio-maxillofacial Trauma. — 1999. — Vol. 5, № 3. — P. 41-46.
15. Хитрина М.М. Оптимизация диагностики и лечения больных с переломами скуло-орбитальной области: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 2003.
16. Bunstitle M.A. Clinical recommendation for repair of isolated orbital floor fractures // Ophthalmology. — 2002. — Vol. 109, № 7. — P. 1207-1210.
17. Kang B.D., Jang M.H. A case of blowout fracture of the orbital wall with eyeball entrapped within the ethmoid sinus // Korean J. Ophthalmol. — 2003. — Vol. 17. — P. 149-153.
18. Baek S.H., Lee E.Y. Clinical analysis of internal orbital fractures in children // Korean J. Ophthalmol. — 2003. — Vol. 17. — P. 44-49.
19. Karsterer P. A., Yunker C. Recognition and management of an orbital blowout fracture in an amateur boxer // J. of orthopaedic and sport physical therapy. — 2006. — Vol. 36, №8. — P. 610-616.
20. Wang L., Wang J. On the positive correlation between the percentage of acute fracture of medial orbital wall and the degree of injury of affected medial rectus muscle by CT image // European Journal of Radiology. — 2011. — Vol. 17, № 6. — P. 154-158.
21. Song W. K., Lew H., Yoon J. S. et al. Role of medial orbital wall morphologic properties in orbital blow-out fractures // Investigative Ophthalmology and Visual Science. — 2009. — Vol. 50, № 2. — P. 495-499.
22. Филатова И.А., Тишкова А.П., Берая М.З. и др. Компьютерная томография в диагностике и определении тактики лечения у пациентов с посттравматической патологией глаза и орбиты // Вестник офтальмологии. — 2005. — №6. — С. 9-14.
23. Сангаева Л.М., Выключ М. В. Лучевая диагностика травм глаза и структур орбиты // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2007. — № 2. — С. 60-63.
24. Горбачев Д. С., Лугина В. Д., Мазур М. В. Рентгенлокализация основных анатомических образований глазницы в различных рентгенологических укладках // Новые технологии в пластической хирургии придаточного аппарата глаза и орбиты в условиях чрезвычайных ситуаций и катастроф: материалы науч.-практ. конф. — М., 2007. — С. 27-29.
25. Jarrahy R., Vo V., Goenjian H.A., Tabit C.J. et al. Diagnostic accuracy of maxillofacial trauma two — dimensional and three — dimensional computed tomographic scans: comparison of oral surgeons, year and neck surgeons, plastic surgeons, and neuroradiologists // Plast. Reconstr. Surg. — 2011. — Vol. 127, № 6. — P. 2432-2440.
26. Kreipke D.L., Moss J.J., Franco J.M. et al. Computed tomography and thin — section tomography in facial trauma // American Journal Radiology. — 2004. — Vol. 4, № 17. — P. 43-46.
27. Trivellato P. F. A retrospective study of zygomatico-orbital complex and / or zygomatic arch fractures over a 71-month period // Dental traumatology. — 2011. — Vol. 27. — P. 135-142.
28. Shimia M., Sayyahmelli S. Traumatic displacement of the globe into the brane // The Journal of Pakistan Medical Association. — 2009. — Vol. 34, № 2. — P. 234-235.
29. Анциферова Н.Г., Пузыревский К.Г., Плисов И.Л. Диагностическая значимость многосрезовой спиральной компьютерной томографии орбит при посттравматических гетеротропиях // Федоровские чтения: тез. VIII Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. — М., 2009. — С.178-180.
30. Амосов В.И., Сперанская А.А., Лукина О.В. Использование мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) в офтальмологии // Офтальмологические ведомости. — 2008. — Т. I, № 3. — С. 54-56.
31. Дацко А.А., Пивень И.А., Ободов В.А. Магнитно-резонансная томография в диагностике и лечении посттравматических дислокаций глазного яблока при переломах средней зоны лица // Достижения, нерешенные проблемы и перспективы развития стоматологии на Урале: материалы науч.-практ. конф. — Екатеринбург, 1999. — С. 20-21.
32. Данилов С.С., Чупова Н.А. Функциональная мультиспиральная компьютерная томография в диагностике повреждений придаточного аппарата глаза // Актуальные проблемы офтальмологии: сб. науч. трудов Всерос. конф. молодых ученых / под ред. Х.П. Тахчиди. — М., 2011. — С. 97-99.
33. Лежнев Д.А., Сангаева Л.М. Лучевые технологии в диагностике комбинированных повреждений костей лицевого черепа и структур орбиты // Сибирский медицинский журнал. — 2010. — Т. 25. — № 3. — С. 91-92.
34. Shabrabi S.E., Kosy J. G., Thornton J. F. et al. Facial fractures // Plastic and reconstructive surgery. — 2011. — Vol. 9. — P. 25-34.
35. Медведев Ю.А., Коняхин А.Ф. Положительное решение о выдаче патента на изобретение «Способ ультразвуковой диагностики переломов нижнего края и передних отделов дна орбиты» от 14.01.2007, № 2007125405/14.