



Новые анатомические ориентиры для морфометрических исследований в офтальмологии при использовании метода спиральной компьютерной томографии

Афанасьева Д.С., Гущина М.Б., Борзенко С.А.

ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва, Россия

A new Anatomical Landmark for Morphometric Studies in Ophthalmology by using Spiral Computed Tomography

Afanasyeva D.S., Gushchina M.B., Borzenok S.A.

S. Feodorov Eye Microsurgery State Institution, Moscow, Russia

Цель исследования: разработать простой в исполнении, точный и достоверный метод измерения выступа глазных яблок у пациентов с асимметрией лицевого черепа различной этиологии при помощи компьютерной томографии (метод компьютерной экзофтальмометрии) и сравнить его возможности с классической экзофтальмометрией по Гертелю.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ компьютерных томограмм и медицинских карт (учетная форма 025/у) 30 пациентов (43 томографических серии 60 глазниц) с различными поражениями орбитальной области. Просмотр и обработку компьютерных томограмм осуществляли на персональном компьютере с использованием программы RadiAnt DICOM Viewer. Для определения выступа передней границ глазных яблок на томографических срезах черепа в аксиальной проекции сначала строили прямую линию через вершины шиловидных отростков пирамиды височной кости и автоматически дублировали ее на всех срезах. Далее строили прямой угол и на срезах с четкой визуализацией передней границы каждого глазного яблока отдельно проводили перпендикуляр от максимально выступающей точки передней границы к ранее проведенной прямой. Разница между полученными значениями длин двух перпендикуляров соответствовала разнице выступа передней границ глазных яблок (энофтальм или экзофтальм). Результаты, полученные с помощью разработанного метода компьютерной экзофтальмометрии, сравнивали с соответствующими данными измерений с помощью экзофтальмометра Гертеля, зафиксированными в медицинских картах.

Результаты. Компьютерная экзофтальмометрия была проведена на всех 43 сериях томограмм, включен-

ных в исследование. В ходе анализа медицинской документации обнаружено, что результаты экзофтальмометрии по Гертелю были зафиксированы в медицинских картах 7 пациентов. Значения разницы в выступании глазных яблок, измеренной согласно разработанному способу компьютерной экзофтальмометрии, сопоставимы с аналогичными данными, полученными с помощью экзофтальмометра Гертеля.

Выводы. Благодаря использованию шиловидных отростков височных костей в качестве референсных точек для измерений, а также метода спиральной компьютерной томографии и современного программного обеспечения разработанный метод компьютерной экзофтальмометрии прост в исполнении, позволяет получать достоверные данные и может быть использован в предоперационной диагностике, планировании и оценке результатов лечения пациентов с асимметрией орбитальной области различной этиологии.

Ключевые слова: экзофтальм, энофтальм, травма глазницы, экзофтальмометрия, экзофтальмометр Гертеля, *processus styloideus*, шиловидный отросток височной кости, RadiAnt DICOM Viewer.

Aim: to develop an easy-to-use, accurate and reliable method for measurement of eyeballs' protrusion in patients with facial skull asymmetry by using computerized tomography (computerized exophthalmometry) and compare its potential with Hertel's exophthalmometry.

Materials and methods. The retrospective study of computerized axial tomography scans and ambulatory medical records of 30 patients (43 computer axial tomography scans of 60 orbits) with various deformations of orbital area. The scans were evaluated with personal computer and



RadiAnt DICOM Viewer software. With tools of the software we drew a straight line through the apices of styloid processes of temporal bone. This line served as a reference line for all further measurements. On the image, where the cornea of the first eyeball was the most prominent, we constructed a perpendicular to the most prominent point of the cornea. In the same way, the distance from the most prominent point of cornea to the reference line was measured for the second eye. The difference between the lengths of two perpendiculars corresponded to the difference of protrusion between two eyes (exophthalmos or enophthalmos). The data of computer exophthalmometry were compared with the results obtained with Hertel's exophthalmometer specified in the ambulatory medical records.

Results. All 43 computer axial tomography scans were evaluated in this way of computer exophthalmometry. In patients with intact lateral walls of the orbits the differences of protrusion between two eyes measured with two methods were similar. In contrary to the Hertel's exophthalmometer, the computer exophthalmometry showed reliable results in patients with trauma of lateral orbital walls.

Conclusions. The developed method of computerized tomography is easy-to-use and allow getting accurate and reliable data. It can be applied to preoperative diagnostics, planning and evaluation of treatment outcome in patients with different abnormalities of orbital area, in contrary to the Hertel's exophthalmometer.

Key words: exophthalmos, enophthalmos, orbital trauma, exophthalmometry, Hertel's exophthalmometer, styloid process of temporal bone, processus styloideus, RadiAnt DICOM Viewer.

Введение

Костные стенки и содержимое глазниц вовлекаются в патологический процесс при широком спектре врожденных и приобретенных заболеваний. Одним из наиболее часто наблюдаемых симптомов при этом является изменение положения глазного яблока, а именно, смещение его передней границы (роговицы) кпереди (экзофтальм) или кзади вглубь глазницы (энофтальм). Различные инструменты, используемые для регистрации положения глазных яблок, называются экзофтальмометрами. Наиболее широкое применение в отечественной и мировой офтальмологической практике нашел экзофтальмометр Гертеля, предложен-

ный еще в 1905 г. [1, 2]. Данный прибор состоит из градуированной в миллиметрах горизонтальной пластинки, с каждой стороны которой имеется по два перекрещивающихся под углом 45° зеркала. Несмотря на свои достоинства (портативность, экономическая доступность, простота использования), экзофтальмометр Гертеля имеет существенные недостатки. К ним относятся неточность и субъективность получаемых с его помощью данных, а также невозможность применения у пациентов с асимметрией костей лицевого черепа в связи с тем, что в качестве референсных точек используются латеральные края глазницы.

Проанализировав причины ошибок, возникающих при измерении с помощью экзофтальмометра Гертеля, В. Tengroth из Швеции предложил искать референсную точку для измерений в мозговом отделе черепа, менее подверженном индивидуальным различиям [2]. Он разработал уникальный метод экзофтальмометрии, основанный на сочетании радио- и фотографии. Получая комбинированное изображение мягких тканей лица и костей черепа в сагиттальной плоскости, В. Tengroth измерял расстояние от вершины роговицы до передних наклоненных отростков (*processus clinoides anterior*) турецкого седла клиновидной кости. Выбор данной анатомической структуры в качестве референсной точки автор объяснял ее расположением в сагиттальной плоскости, стабильностью положения и достаточно хорошей визуализацией на получаемых снимках [2]. Несколько позднее при подобных измерениях D. Silva было предложено использовать рентгеноконтрастную контактную линзу для регистрации положения роговицы на рентгеновских снимках [3]. Однако данные методы экзофтальмометрии не получили широкого распространения в клинической практике.

Анализ данных отечественной и зарубежной литературы последних лет показал, что, несмотря на совершенствование методов лучевой диагностики и программного обеспечения, в качестве ориентира для измерения положения глазных

Для корреспонденции: Афанасьева Дарья Сергеевна – 127486 Москва, Бескудниковский бульвар, 59а, МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова. Тел.: +7-985-273-17-85. E-mail: ada-tomsk@yandex.ru

Афанасьева Дарья Сергеевна – аспирант ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ, Москва; **Гущина Марина Борисовна** – канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела реконструктивно-восстановительной и пластической хирургии ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ, Москва; **Борзенко Сергей Анатольевич** – доктор мед. наук, заведующий Центром фундаментальной офтальмологии ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова» МЗ РФ, Москва.

Contact: Afanasyeva Daria Sergeevna – 127486, Moscow, Beskudnikovsky blvd., 59a. S. Feodorov Eye Microsurgery State Institution. Phone: +7-985-273-17-85. E-mail: ada-tomsk@yandex.ru

Afanasyeva Daria Sergeevna – postgraduate student, S. Feodorov Eye Microsurgery State Institution, Moscow; **Gushchina Marina Borisovna** – cand. of med. sci., senior researcher of The Department of Reconstructive and Plastic Surgery, S. Feodorov Eye Microsurgery State Institution, Moscow; **Borzenok Sergey Anatolevich** – doct. of med. sci., chief of the Centre of Fundamental Ophthalmology, S. Feodorov Eye Microsurgery State Institution, Moscow.



яблоко по-прежнему используют структуры лицевого черепа, в частности латеральный край глазницы [4–6]. При этом недостатки, присущие классической экзофтальмометрии по Гертелю, а именно, недостоверность получаемых результатов при аномалиях развития и деформациях глазницы вследствие предшествующих операций и травм с вовлечением ее латеральной стенки, сохраняются. Кроме того, при наличии смещения глазных яблок одновременно в аксиальной и фронтальной плоскостях (при деформациях глазницы или при неправильной укладке во время исследования) полученная разность выстояния их передних границ окажется неверной, так как измерение выстояния двух глаз зачастую производится на одном и том же томографическом срезе.

Таким образом, необходимость разработки простого в исполнении, точного и достоверного метода измерения выстояния глазных яблок с учетом его востребованности для предоперационной диагностики, планирования и оценки результатов лечения пациентов с повреждениями и деформациями орбитальной области обусловило актуальность настоящего исследования.

Цель исследования

Разработать простой в исполнении, точный и достоверный метод измерения выстояния глазных яблок у пациентов с асимметрией лицевого черепа различной этиологии при помощи компьютерной томографии (метод компьютерной экзофтальмометрии) и сравнить его возможности с классической экзофтальмометрией по Гертелю.

Материал и методы

Для реализации поставленной задачи был проведен ретроспективный анализ компьютерных томограмм и медицинских карт (учетная форма 025/у) пациентов ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени акад. С.Н. Федорова». В исследование включено 30 пациентов (43 томографических серии 60 глазниц) с различными поражениями орбитальной области: с травматическими повреждениями стенок орбиты (бытовая травма, огнестрельное ранение, дорожно-транспортное происшествие) – 27 пациентов; с экзофтальмом вследствие лучевой терапии по поводу монокулярной ретинобластомы – 1; с врожденным односторонним экзофтальмом – 1; с орбитотемпоральной формой нейрофиброматоза – 1.

Просмотр и обработку компьютерных томограмм осуществляли на персональном компьютере с использованием программы RadiAnt DICOM Viewer. Измерения проводили с помощью инструментов данного программного обеспечения с це-

лью определения выстояния передних границ глазных яблок.

На томографических срезах черепа в аксиальной проекции сначала строили прямую линию через вершины шиловидных отростков (*processus styloideus*) пирамиды височной кости и автоматически дублировали ее на всех срезах. Далее строили прямой угол и на срезах с четкой визуализацией передней границы каждого глазного яблока отдельно проводили перпендикуляр от максимально выступающей точки передней границы к ранее проведенной прямой. Программа автоматически рассчитывала полученные длины перпендикуляров в миллиметрах. Разница между полученными значениями длин двух перпендикуляров соответствовала разнице выстояния передних границ глазных яблок (эзофтальм или экзофтальм).

Результаты, полученные с помощью разработанного метода компьютерной экзофтальмометрии, сравнивали с соответствующими данными измерений с помощью экзофтальмометра Гертеля, зафиксированными в медицинских картах.

Результаты

Компьютерная экзофтальмометрия указанным способом была проведена на всех 43 сериях томограмм, включенных в исследование.

В ходе анализа медицинской документации обнаружено, что результаты экзофтальмометрии по Гертелю были зафиксированы в медицинских картах 7 пациентов, 4 из которых исследование проводилось несколько раз на разных этапах реконструктивно-восстановительного лечения. Результаты измерений двумя способами представлены в таблице.

Из таблицы видно, что значения разницы в выстоянии глазных яблок, измеренной согласно разработанному способу компьютерной экзофтальмометрии, сопоставимы с аналогичными данными, полученными с помощью экзофтальмометра Гертеля. Остальным пациентам классическую экзофтальмометрию не проводили по различным причинам, в том числе в связи с повреждением латерального края глазницы.

В качестве иллюстрации представляем клиническое наблюдение пациента Б., 58 лет, который в 2014 г. получил бытовую травму челюстно-лицевой области с переломом костей правой глазницы. Пациент предъявлял жалобы на выраженную бинокулярную диплопию и асимметрию орбитальной области. Классическую экзофтальмометрию не проводили (данных в медицинской карте не обнаружено) из-за смещения латерального края правой глазницы вследствие травмы, поскольку результаты измерения при помощи экзофтальмометра



Результаты компьютерной и традиционной экзофтальмометрии по Гертелю

| Пациент | Характер поражения орбитальной области | Результаты компьютерной экзофтальмометрии | | | Результаты экзофтальмометрии по Гертелю | | |
|---------|--|---|------|-----------------------|---|-----|-----------------------|
| | | OD | OS | разница по модулю, мм | OD | OS | разница по модулю, мм |
| 1 | Бытовая травма | 86,4 | 81,6 | 4,8 исход | 21 | 17 | 4 |
| 2 | Травма вследствие дорожно-транспортного происшествия | 81,3 | 84,2 | 2,9 | 13 | 16 | 3 |
| | | 88,8 | 91,3 | 2,5 | 12 | 14 | 2 |
| 3 | Травма | 94,1 | 92,2 | 1,9 | 19 | 17 | 2* |
| | | | | 21 | 18 | 3* | |
| 4 | Травма | 91 | 90,2 | 0,8 | 17 | 16 | 1 |
| 5 | Врожденный энтофтальм | 90,6 | 83,8 | 6,8 | 19 | 13 | 6 |
| 6 | Последствие лучевого лечения ретинобластомы | 83,1 | 72,9 | 10,2 | 16 | 8 | 8 |
| | | | | 16 | 10 | 6** | |
| | | | | 12 | 7 | 5** | |
| | | | | 12 | 10 | 2** | |
| | | | | 15 | 12 | 3 | |
| 7 | Нейрофиброматоз, орбитотемпоральная форма | 80 | 80 | 0 | 11 | 11 | 0 |

* – повторные измерения одним специалистом в один день.

** – измерения выполнены разными специалистами в течение 6 мес после первого этапа контурной пластики орбиты.

Гертеля в данном случае недостоверны. Для определения степени смещения правого глаза была проведена компьютерная экзофтальмометрия (рис. 1–3). Выстояние правого глазного яблока относительно референсной прямой, проведенной через вершины шиловидных отростков, составило 66,7 мм (см. рис. 2), выстояние левого глаза – 74,7 мм (см. рис. 3). Таким образом, разница выстояния передних границ глазных яблок по модулю равна 8 мм.

Обсуждение

Анализ медицинских карт и данных литературы показал, что при проведении измерений с помощью экзофтальмометра Гертеля у пациентов с энтофтальмом при неизменной анатомии латерального края глазницы отмечается значительная вариабельность данных, полученных при проведении измерений разными специалистами (пациент 6), и при повторных измерениях одним специалистом (пациент 3), что подтверждается данными литературы [7]. Результаты обследования с использованием экзофтальмометра Гертеля при асимметрии средней зоны лица с вовлечением латеральных краев глазницы неинформативны вследствие смещения одной из опорных точек для установки экзофтальмометра [1], что подтверждается приведенным клиническим примером. Это и предопределило необходимость поиска альтернативных анатомических ориентиров и разработки точного и объективного метода измерения.

Компьютерная томография, которая успешно зарекомендовала себя в различных областях медицины, является основным методом диагностики состояния костных структур глазницы и ее содержимого. Визуальный анализ компьютерных томограмм, вошедших в исследование, показал, что мягкие и костные ткани лица не могут служить ориентирами для измерений положения глазных яблок в связи с высокой частотой индивидуальной асимметрии и подверженности воспалительным, травматическим и другим изменениям. В свою очередь спиральная компьютерная томография с толщиной среза и интервалом между срезами 1–3 мм позволяет получить четкую визуализацию анатомических структур задних отделов черепа и минимизировать погрешность измерений. Современное программное обеспечение для просмотра и анализа томографических изображений позволяет оперативно работать с серией снимков, проецировать сделанные специалистом измерения и отметки на различные срезы, получать точные данные, а также устраняет субъективный компонент исследования, практически исключая вариабельность полученных результатов при повторных измерениях по одной и той же серии томографических срезов. Все это позволило разработать метод компьютерной экзофтальмометрии.

В разработанном методе компьютерной экзофтальмометрии в качестве референсной используется прямая линия, построенная через четко



Рис. 1. КТ-изображение, построение референсной прямой через шиловидные отростки височных костей.

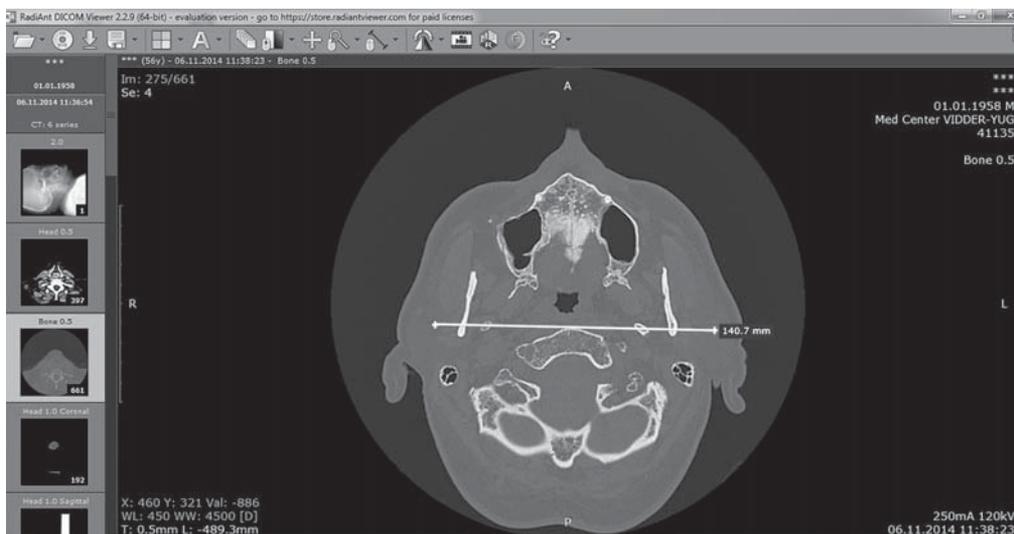


Рис. 2. КТ-изображение, построение перпендикуляра от наиболее выступающей точки роговицы правого глаза к референсной прямой. Длина перпендикуляра равна 66,7 мм.

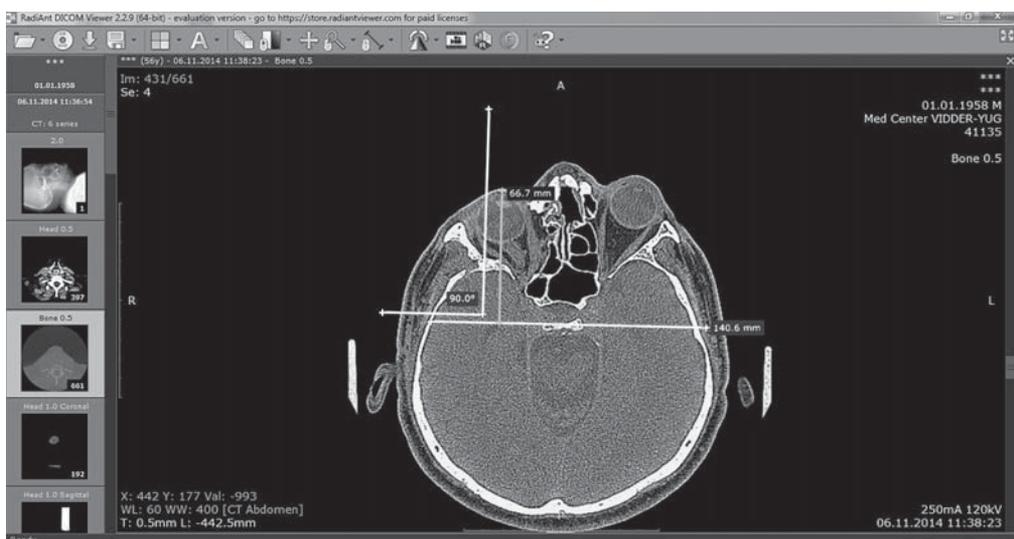
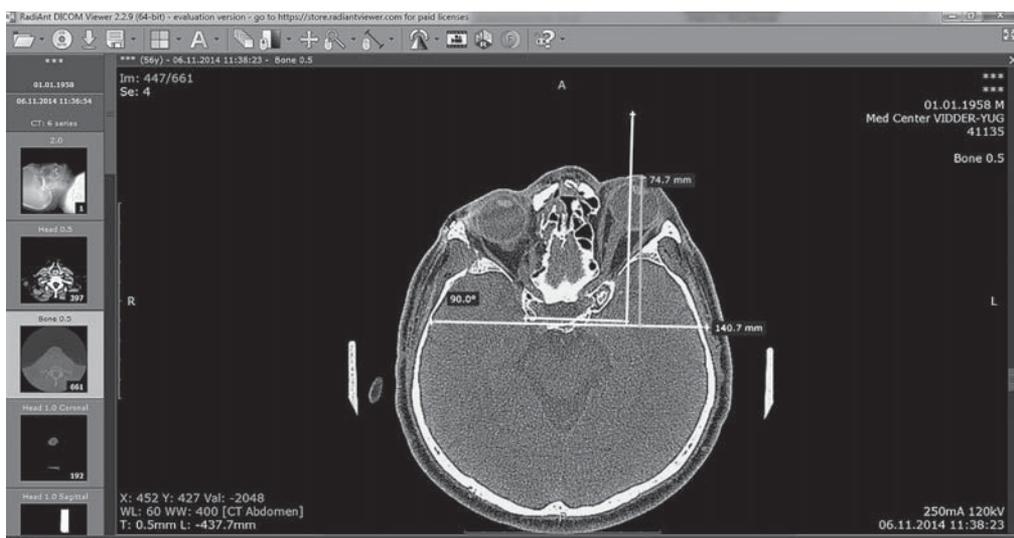


Рис. 3. КТ-изображение, построение перпендикуляра от наиболее выступающей точки роговицы левого глаза к референсной прямой. Длина перпендикуляра равна 74,7 мм.





визуализируемые симметричные анатомические образования мозгового отдела черепа, шиловидные отростки (*processus styloideus*). Это во всех случаях определяет достоверность результатов экзофтальмометрии, в том числе при врожденных или приобретенных деформациях костей лицевого черепа, а также в случае кривой укладки пациента во время исследования.

Значительным преимуществом разработанного метода компьютерной экзофтальмометрии является то, что смещение глазного яблока по вертикальной оси не влияет на результаты благодаря изолированному измерению выстояния каждого глазного яблока на аксиальном срезе с максимальным выстоянием роговицы.

Выводы

1. Четкая визуализация как костных структур основания черепа, так и передней поверхности глазного яблока (роговицы) при компьютерной томографии, а также использование инструментов программного обеспечения для анализа получаемых изображений обуславливают объективность и точность результатов измерений.

2. Использование в качестве референсной точки стабильных структур основания черепа позволяет достоверно определять разницу выстояния глазных яблок относительно них, даже в случае грубых нарушений симметрии костей лицевого черепа, которые не позволяют использовать для измерений экзофтальмометр Гертеля.

3. Проведение референсной прямой через вершины шиловидных отростков височной кости и ее дублирование на всю томографическую серию позволяют проводить измерения отдельно для каждого глаза. Это исключает погрешность в случае кривой укладки головы пациента во время выполнения компьютерной томографии, а также при смещении глазного яблока по вертикальной оси.

Таким образом, разработанный метод компьютерной экзофтальмометрии прост в исполнении, позволяет получать достоверные данные и может быть использован в предоперационной диагностике, планировании и оценке результатов лечения пациентов с различными деформациями и заболеваниями с вовлечением в патологический процесс глазницы и ее содержимого.

Список литературы / References

1. Athanasinov P.A., Prabhakaran V.C., Selva D. Non-traumatic exophthalmos: a review. *Acta Ophthalmologica*. 2008; 86: 356–364.
2. Tengroth B. A comparison between the measurements from Hertel's exophthalmometer and a new radiophotographic method, on an exophthalmic population. *Acta Ophthalmologica*. 1964; 42: 855–858.
3. Silva D. Orbital tumors. *Am. J. Ophthalmol.* 1968; 65: 318–339.
4. Whitehouse R.W., Batterbury M., Jackson A., Noble J.L. Prediction of exophthalmos by computed tomography after 'blow out' orbital fracture. *Br. J. Ophthalmol.* 1994; 78: 618–620.
5. Омарова С.М. Возрастные особенности строения и семиотики первичных опухолей орбиты у детей и подростков по данным компьютерной томографии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2009. 26 с. Omarova S.M. Age peculiarities of structure and semiotics of primary orbital tumors in children and adolescents according to the data of computerized tomography. *Avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Moscow*, 2009. 26 p. (In Russian)
6. Чепурина А.А., Свириденко Н.Ю., Ремизов О.В. и др. Клинико-томографические взаимоотношения при диплопии у пациентов с эндокринной офтальмопатией и болезнью Грейвса. *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*. 2012; 8 (1): 40–45. Chepurina A.A., Sviridenko N.Y., Remizov O.V. et al. The clinical tomographic interconnection in diplopia of patients with Graves' orbitopathy. *Clinical and experimental thyroidology*. 2012; 8 (1): 40–45. (In Russian)
7. Tengroth B., Bogren H., Zackrisson U. Human exophthalmometry. *Acta Ophthalmologica*. 1964; 42: 864–874.