

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV630330>

Сравнительное исследование объёмов орбит по данным мультиспиральной компьютерной томографии

Д.В. Давыдов¹, Н.С. Серова², О.А. Какорина², О.Ю. Павлова²¹ Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена — филиал Национального медицинского исследовательского центра радиологии, Москва, Россия;² Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Считается, что точная реконструкция правильной анатомии костных стенок орбиты, восстановление симметрии и объёма необходимы для благоприятного функционального прогноза и устранения эстетического дефекта. Основная проблема при оценке объёма орбиты заключается в её сложной анатомии. Для определения объёмов орбит учёные используют различные методы, а в обзорах, сравнивающих различные методы расчёта объёмов орбит, нет данных о том, какой метод волюмометрии орбиты является наиболее точным, так как каждый из них имеет как преимущества, так и недостатки.

Цель — анализ и сравнение объёмов орбит по данным мультиспиральной компьютерной томографии у здоровых пациентов без костно-травматических повреждений стенок орбит.

Материалы и методы. Для измерения объёмов орбит произвольно были выбраны 50 пациентов, которые прошли обследование в отделении лучевой диагностики № 2 Университетской клинической больницы № 1 Сеченовского Университета с 2023 по 2024 г., и которым выполняли мультиспиральную компьютерную томографию лицевого скелета по показаниям, не связанным с патологией орбиты. Были проанализированы данные компьютерной томографии 25 женщин и 25 мужчин разных возрастов (от 18 до 85 лет), из них было сформировано 8 групп в зависимости от пола и возраста: 1-я группа — женщины 18–25 лет, 2-я группа — мужчины 18–25 лет, 3-я группа — женщины 26–35 лет, 4-я группа — мужчины 26–35 лет, 5-я группа — женщины 36–50 лет, 6-я группа — мужчины 36–50 лет, 7-я группа — женщины 51 года и старше, 8-я группа — мужчины 51 года и старше. Мультиспиральную компьютерную томографию лицевого скелета проводили на аппарате Aquilion One 640 (Япония), с толщиной среза 0,5 мм, в костном и мягкотканном режимах, для расчёта объёма на рабочей станции на каждом аксиальном срезе проводили маркировку всех костных границ орбит, начиная с верхней стенки до уровня дна орбиты с представлением объёмов в миллилитрах.

Результаты. Разница объёмов правой и левой орбиты 0,5 мл и более встретилась у 5 женщин из 25, среди мужчин разница была выявлена в 12 случаях из 25; разница объёмов более 1 мл была отмечена у 1 женщины и у 2 мужчин; более 1,5 мл не наблюдалась ни в одной из исследуемых групп. Коэффициент асимметрии орбит у женщин варьировал от 0 до 1,21 мл, у мужчин — от 0,08 до 1,19 мл, у женщин объём обеих орбит в среднем меньше, чем у мужчин. Выявлено, что объёмы орбит увеличиваются с возрастом как у мужчин, так и у женщин.

Заключение. Учитывая, что большинство пациентов имели различия в разнице орбит до 1,0 мл, мы согласны с исследованиями, которые указывают на возможность использования здоровой контралатеральной орбиты в качестве ориентира при планировании реконструктивной операции. Однако для планирования хирургического лечения рекомендуется пользоваться ручной маркировкой, так как это позволяет добиться наиболее точной воспроизводимости костных границ орбиты, хотя и требует большего количества времени, чем полу- и автоматическая сегментация. К преимуществам разработанной методики расчёта объёмов орбит в данном исследовании следует отнести воспроизводимость на любой рабочей станции различных производителей, так как метод проводится с использованием стандартных инструментов и не требует дополнительного программного обеспечения.

Ключевые слова: орбита; объём орбиты; мультиспиральная компьютерная томография; МСКТ; лучевая диагностика; костные стенки орбиты.

Как цитировать

Давыдов Д.В., Серова Н.С., Какорина О.А., Павлова О.Ю. Сравнительное исследование объёмов орбит по данным мультиспиральной компьютерной томографии // Офтальмологические ведомости. 2024. Т. 17. № 2. С. 41–51. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV630330>

Рукопись получена: 14.04.2024

Рукопись одобрена: 14.05.2024

Опубликована online: 28.06.2024



DOI: <https://doi.org/10.17816/OV630330>

Comparative study of orbital volumes according to multispiral computed tomography data

Dmitry V. Davydov¹, Natalia S. Serova², Olga A. Kakorina², Olga Yu. Pavlova²

¹ National Medical Research Radiological Center, Moscow, Russia;

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: It is believed that accurate reconstruction of the correct anatomy of the orbital bony walls, restoration of symmetry and volume are necessary for a favorable functional prognosis and elimination of an aesthetic defect. The main problem when estimating orbital volume is its complex anatomy. Scientists use various methods to determine orbital volume, and in reviews comparing various methods for calculating orbital volumes, there is no data on which orbital volumetric method is the most accurate, since each of them has both advantages and disadvantages.

AIM: The aim of this study is the analysis and the comparison of orbital volumes according to multispiral computed tomography data of healthy patients without bone-traumatic changes of orbital walls.

MATERIALS AND METHODS: To measure the volume of orbits, 50 random patients were selected who were examined in the radiology department No. 2 of the University Clinical Hospital No. 1 of the Sechenov University from 2023 to 2024 and who underwent multispiral computed tomography of the facial skeleton for indications unrelated to orbital conditions. Computed tomography data from 25 women and 25 men of different ages (from 18 to 85 years old) were analyzed. A total of 8 groups were formed depending on gender and age: group 1 — women 18–25 years old, group 2 — men 18–25 years old, group 3 — women 26–35 years old, group 4 — men 26–35 years old, group 5 — women 36–50 years old, group 6 — men 36–50 years old, group 7 — women 51 and older, group 8 — men 51 and older. Multispiral computed tomography of the facial skeleton was performed using the Aquilion One 640 CT scanner (Japan) with 0.5 slice thickness in bone and soft tissue windows, to be able to calculate orbital volumes at the workstation, all bone contours of the orbits were marked on each axial slice, starting from the upper wall to the bottom of the orbit with a representation of the orbital volumes in ml.

RESULTS: The difference in the volumes of the right and left orbits of 0.5 ml or more was detected in 5 women out of 25 cases, among men the difference was present in 12 cases out of 25; a difference in volumes of more than 1 ml was noted in 1 woman and 2 men; a difference of more than 1.5 ml was not observed in any study group. The orbital asymmetry coefficient in women ranged from 0 ml to 1.21 ml, in men — from 0.08 ml to 1.19 ml, in women, the average volume of both orbits is less than in men. It was also detected that the volume of orbits increases with age, both in men and women.

CONCLUSIONS: Considering that the majority of patients had differences in orbital volumes of up to 1.0 ml, we agree with studies that indicate the possibility of using a healthy contralateral orbit as a guideline when planning reconstructive surgery. However, for planning surgical treatment, it is recommended to use manual contouring, as this allows the most accurate reproducibility of the bone boundaries of the orbit, although it requires more time than semi- and automatic segmentation. Also, the advantages of the used method for calculating the volumes of orbits in this study include reproducibility on any workstation from different manufacturers, since the method is carried out on a standard tomograph workstation and does not require any additional software.

Keywords: orbit; orbital volume; multispiral computed tomography; MSCT; radiology diagnostics; orbital bone walls.

To cite this article

Davydov DV, Serova NS, Kakorina OA, Pavlova OYu. Comparative study of orbital volumes according to multispiral computed tomography data. *Ophthalmology Reports*. 2024;17(2):41–51. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV630330>

Received: 14.04.2024

Accepted: 14.05.2024

Published online: 28.06.2024

АКТУАЛЬНОСТЬ

Костная орбита — это сложнейшая анатомическая структура лицевого скелета с серьёзным функциональным значением. Форма и объём орбиты физиологически меняются с возрастом и могут увеличиваться или уменьшаться при различных патологических состояниях [1, 2]. Травматические повреждения орбиты приводят к значимому изменению конфигурации её стенок, а частота повреждений зависит от локализации травмы. Костно-травматические повреждения в области лицевого скелета, составляющие по данным многопрофильных больниц треть всей сочетанной травмы, в 36 % случаев сопровождаются травмой стенок орбиты, а переломы средней зоны лица (орбитальная, щёчно-скуловая и носовая области) сочетаются с переломами орбиты в 80 % [3].

Считается, что точная реконструкция правильной анатомии костных стенок орбиты, восстановление симметрии и объёма необходимы для благоприятного функционального прогноза и устранения эстетического дефекта [2, 4, 5]. По данным многих авторов, недооценка или завышение объёма орбиты при планировании реконструктивных вмешательств могут привести к энтофтальму или экзофтальму и, как следствие, к диплопии, возможной потере чувствительности в щёчной и носовой областях [6–8]. По результатам различных ретроспективных исследований процент вторичного послеоперационного энтофтальма у пациентов, оперированных по поводу изолированной травмы нижней стенки орбиты, достигает 26,6 % [9, 10].

К. Yab и соавт. [11], а также ряд других авторов на основании анализа КТ-изображений пациентов с переломами орбиты установили, что пока прирост орбитального объёма не превысит 2 мл, энтофтальм сохранится на уровне 1 мм. Затем степень западения глазного яблока будет расти пропорционально увеличению объёма орбиты, но при изолированном переломе нижней стенки никогда не превысит 4 мм [1, 12]. Таким образом, достоверный трёхмерный (3D) анализ повреждений стенок орбиты и знания объёма необходимы для точной диагностики и планирования хирургического вмешательства при различных повреждениях [13].

Наиболее часто при планировании реконструктивного лечения травмированной орбиты для сравнения используется здоровая контралатеральная сторона и её индивидуальная костная конфигурация, при этом хирургу необходимо знать, насколько симметричны костные стенки орбиты и как они меняются с возрастом или полом [14]. Ряд исследователей пришли к выводу, что костная орбита и, следовательно, её объём меняются с возрастом [15–18].

Основная проблема при оценке объёма орбиты заключается в её сложной анатомии. Костная орбита имеет пирамидальную форму, с многочисленными отверстиями и локальными изогнутостями. Передняя граница орбиты характеризуется многочисленными костными выступами,

такими как надглазничная выемка и передний слёзный гребень [19]. Данная особенность также может являться источником различий в оценке объёма орбиты у пациентов, поскольку передняя апертура орбиты не лежит в пределах одной плоскости [5, 20, 21].

Для определения объёмов орбит учёные используют различные методы, в том числе экспериментальные модели на кадаверах и анализ изображений живых лиц:

- применение стеклянных шариков 1 мм на кадаверах с последующим их погружением в градуированный цилиндр [22];
- создание силиконовых слепков на кадаверах (объём слепков измеряют методом вытеснения воды) [22];
- анализ и оценка данных при использовании конусно-лучевой КТ [23];
- выполнение ручной сегментации на КТ-изображениях с последующим 3D-моделированием [1, 7, 17, 18, 24–26];
- использование искусственного интеллекта и автоматическая/полуавтоматическая сегментация на КТ-изображениях с последующим использованием 3D-программного обеспечения для объёмной орбитометрии [2, 5, 20, 22, 23, 27, 28].

В обзорах, сравнивающих различные методы расчёта объёмов орбит, нет данных о том, какой метод волюмометрии орбиты является наиболее точным, так как каждый из них имеет как преимущества, так и недостатки [22, 29].

Цель — анализ и сравнение объёмов орбит по данным МСКТ у здоровых пациентов без костно-травматических или костно-деструктивных изменений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для измерения объёмов орбит произвольно были выбраны 50 пациентов, которые проходили обследование в отделении лучевой диагностики № 2 Университетской клинической больницы № 1 Сеченовского Университета с января 2023 г. по февраль 2024 г., и которым выполняли МСКТ лицевого скелета по показаниям, не связанным с патологией орбиты. Были проанализированы КТ-данные 25 женщин и 25 мужчин разных возрастов (от 18 до 85 лет), европеоидной расы.

Критерии включения: возраст пациентов от 18 до 85 лет; интактные костные стенки орбит без костно-травматических или костно-деструктивных изменений.

Критерии исключения: пациенты с наличием в анамнезе травм, оперативных вмешательств, онкологических заболеваний в области орбиты и околоносовых синусов; возраст пациентов до 18 лет; заболевания щитовидной железы и наличие КТ-признаков эндокринной офтальмопатии; осевые аномалии рефракции.

В работе было сформировано 8 групп в зависимости от пола и возраста: 1-я группа — женщины 18–25 лет, 2-я группа — мужчины 18–25 лет, 3-я группа — женщины

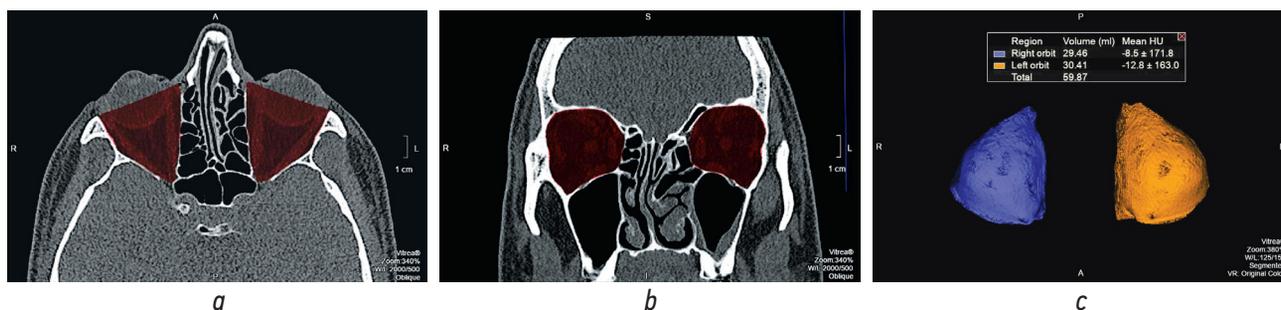


Рис. 1. Мультиспиральная компьютерная томография. Обработка изображений для измерения объёмов орбиты: *a* — аксиальный срез, режим костного окна, маркировка костных границ обеих орбит; *b* — корональная реконструкция, режим костного окна, маркировка костных границ обеих орбит; *c* — 3D-реконструкция, объёмы правой и левой орбиты в математических единицах (мл)

Fig. 1. MSCT. Image processing for orbital volume measurement: *a* — axial section, bone window mode, marking of the orbital bone contours; *b* — coronal reconstruction, bone window mode, marking of the orbital bone contours; *c* — 3D-reconstruction, volumes of the right and left orbits in mathematical units (ml)

26–35 лет, 4-я группа — мужчины 26–35 лет, 5-я группа — женщины 36–50 лет, 6-я группа — мужчины 36–50 лет, 7-я группа — женщины 51 года и старше, 8-я группа — мужчины 51 года и старше.

КТ-исследование лицевого скелета проводили на аппарате Aquilion One 640 по стандартной методике. Голову пациента укладывали на головную подставку, фиксировали центрально, использовали лазерные метки для определения уровней томографирования, получали изображения с толщиной среза не более 0,5 мм, с реконструкциями в костном и мягкотканном режимах. После КТ на полученных изображениях определяли костные границы орбит, по которым проходила маркировка стенок орбит. Необходимым условием правильного выполнения исследования являлась симметричность костных границ для обеих орбит. Для этого необходимо было провести линию через всю длину орбиты и перпендикуляр к её длине для определения наружной границы маркировки.

На каждом аксиальном срезе проводили маркировку всех костных границ орбит, начиная с верхней стенки до уровня дна орбиты с представлением объёмов орбит в миллилитрах. Для точности измерения чётко соблюдали костные границы и учитывали анатомические вариации строения обеих орбит (по методике расчёта объёмов орбит

ранее был получен патент РФ «Способ оценки эффективности реконструктивной операции на орбите» RU2638623 C1, 14.12.2017. Бюл. № 35) (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В данном исследовании использовалась ручная сегментация КТ-изображений с маркировкой костных стенок орбит и сравнением с контралатеральной стороной. Несмотря на то что данный способ считается самым затратным по времени — автоматическая или полуавтоматическая сегментация проводятся в разы быстрее, точность маркировки костных границ вручную является наиболее достоверной [23].

В результате проведённых исследований было установлено, что разница объёмов правой и левой орбиты 0,5 мл и более встретилась у 5 женщин из 25 случаев, среди мужчин разница была выявлена в 12 случаях из 25; разница объёмов более 1 мл была отмечена у 1 женщины и у 2 мужчин; разница более 1,5 мл не наблюдалась ни в одной исследуемой группе (рис. 2, 3).

Результаты расчётов объёмов орбит по группам, полу и возрасту приведены в табл. 1. В табл. 2 представлены результаты средних значений объёмов орбит

Таблица 1. Расчёты объёмов орбит по группам, полу и возрасту

Table 1. Calculation of orbital volume by groups, gender and age

Пациент	Возраст, лет	Правая орбита, мл	Левая орбита, мл	Коэффициент асимметрии, мл
18–25 лет, женщины				
Пациент 1	20	26,93	26,95	0,02
Пациент 2	19	21,01	21,03	0,03
Пациент 3	24	25,82	25,97	0,15
Пациент 4	19	22,60	22,40	0,2
Пациент 5	22	20,48	22,40	0,4
Пациент 6	24	22,85	22,25	0,6
Пациент 7	23	24,80	24,09	0,71

Окончание таблицы 1 / Table 1 (continued)

Пациент	Возраст, лет	Правая орбита, мл	Левая орбита, мл	Коэффициент асимметрии, мл
18–25 лет, мужчины				
Пациент 8	20	29,45	29,55	0,1
Пациент 9	25	24,58	24,85	0,27
Пациент 10	24	23,87	23,44	0,43
Пациент 11	18	28,69	29,78	1,09
Пациент 12	22	29,61	28,51	1,1
26–35 лет, женщины				
Пациент 13	33	25,17	25,15	0,02
Пациент 14	26	23,92	23,99	0,07
Пациент 15	28	24,71	24,80	0,09
Пациент 16	32	23,73	23,50	0,23
Пациент 17	31	23,26	23,00	0,26
Пациент 18	29	25,15	25,45	0,3
26–35 лет, мужчины				
Пациент 19	27	26,41	26,33	0,08
Пациент 20	27	28,25	28,12	0,13
Пациент 21	32	26,37	26,20	0,17
Пациент 22	27	25,53	26,15	0,62
Пациент 23	29	33,73	34,41	0,68
Пациент 24	28	27,54	28,25	0,71
Пациент 25	33	33,56	34,75	1,19
36–50 лет, женщины				
Пациент 26	45	22,73	22,68	0,05
Пациент 27	44	26,72	26,65	0,07
Пациент 28	39	27,63	27,74	0,11
Пациент 29	38	25,09	24,70	0,39
Пациент 30	48	25,69	24,48	1,21
36–50 лет, мужчины				
Пациент 31	48	25,36	25,47	0,11
Пациент 32	37	27,75	27,64	0,11
Пациент 33	38	27,72	27,50	0,22
Пациент 34	42	30,38	29,97	0,41
Пациент 35	46	25,02	24,31	0,71
Пациент 36	36	31,36	30,55	0,81
51 год и старше, женщины				
Пациент 37	71	24,33	24,33	0
Пациент 38	64	23,24	23,15	0,09
Пациент 39	69	29,21	29,32	0,11
Пациент 40	55	28,32	28,03	0,29
Пациент 41	64	24,80	24,35	0,45
Пациент 42	80	25,57	26,37	0,8
Пациент 43	52	26,05	25,23	0,82
51 год и старше, мужчины				
Пациент 44	54	29,32	29,17	0,15
Пациент 45	77	30,70	31,09	0,39
Пациент 46	60	26,65	27,13	0,48
Пациент 47	56	28,92	28,38	0,54
Пациент 48	84	28,40	27,51	0,89
Пациент 49	66	27,93	27,01	0,92
Пациент 50	51	29,46	30,41	0,95

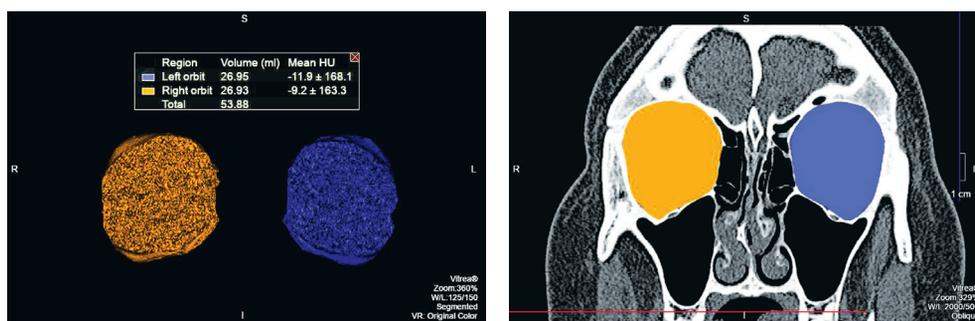


Рис. 2. Мультиспиральная компьютерная томография. Обработка изображений для измерения объёмов орбиты. Объём правой орбиты 26,93 мл, объём левой орбиты 26,95 мл, разница составила 0,02 мл

Fig. 2. MSCT. Image processing for orbital volume measurement. The volume of the right orbit was 26.93 ml, the volume of the left orbit was 26.95 ml, the difference was 0.02 ml

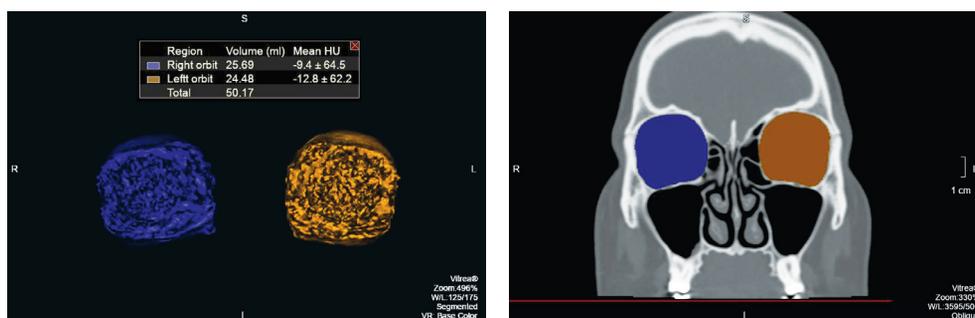


Рис. 3. Мультиспиральная компьютерная томография. Обработка изображений для измерения объёмов орбиты. Объём правой орбиты 25,69 мл, объём левой орбиты 24,48 мл, разница составила 1,21 мл

Fig. 3. MSCT. Image processing for orbital volume measurement. The volume of the right orbit was 25.69 ml, the volume of the left orbit was 24.48 ml, the difference was 1.21 ml

Таблица 2. Средние значения объёмов орбит по группам

Table 2. Average values of orbital volume by groups

Возрастная группа	Пол	Правая орбита (среднее, мл)	Левая орбита (среднее, мл)
18–25 лет	Ж	23,50 ± 2,43*	23,25 ± 2,18
26–35 лет	Ж	24,32 ± 0,80	24,32 ± 0,97
36–50 лет	Ж	25,57 ± 1,86	25,25 ± 1,98
51+ лет	Ж	25,93 ± 2,15	25,84 ± 2,21
18–25 лет	М	27,24 ± 2,79	27,23 ± 2,90
26–35 лет	М	28,77 ± 3,44	29,17 ± 3,80
36–50 лет	М	29,73 ± 2,57	27,57 ± 2,44
51 год и старше	М	28,77 ± 1,28	28,67 ± 1,26

*Среднее квадратичное отклонение на основании несмещённой оценки дисперсии.

*Mean square deviation based on unbiased variance estimation.

в каждой группе. На рис. 4 показано численное распределение значений объёмов орбит по группам. Было выявлено, что у женщин асимметрия встречалась реже или не превышала разницы в 0,5 мл, а объём правой орбиты преобладал над объёмом левой в 62 % случаев (рис. 5).

В результате нашего исследования было установлено, что коэффициент асимметрии орбит у женщин

варьировал от 0 до 1,21 мл, у мужчин — от 0,08 до 1,19 мл. Средний объём правой орбиты у женщин составил 24,83 мл, у мужчин — 28,63 мл, средний объём левой орбиты у женщин составил 24,67 мл, у мужчин — 28,16 мл; у женщин объём обеих орбит в среднем меньше, чем у мужчин (рис. 6). Таким образом, объём орбит увеличивается с возрастом как у мужчин, так и у женщин (рис. 7).

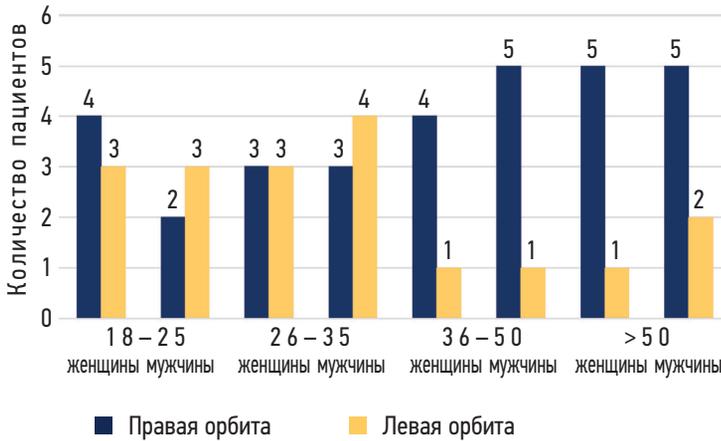


Рис. 4. Численное распределение значений объёмов орбит по группам

Fig. 4. Distribution of orbital volume values by groups

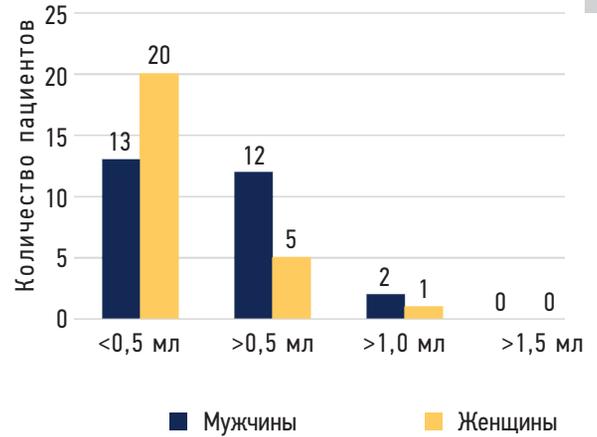


Рис. 5. Частота встречаемости асимметрии среди мужчин и женщин по результатам исследования

Fig. 5. The incidence of asymmetry among men and women according to the results of the study

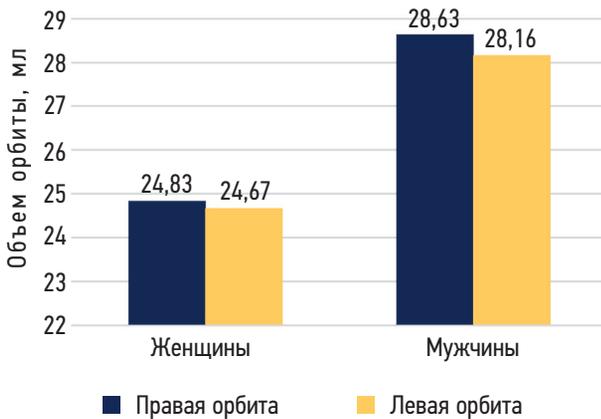


Рис. 6. Средний объём правой и левой орбит у женщин и мужчин

Fig. 6. The average volume of the right and left orbits in women and men

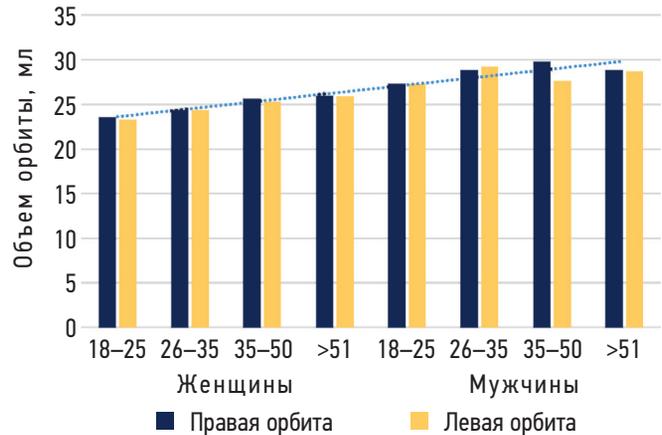


Рис. 7. Средний объём орбит в разных группах по возрасту и полу

Fig. 7. The average volume of orbits in different age and gender groups

ОБСУЖДЕНИЕ

В ранее проводимых исследованиях сообщалось о противоречивых результатах относительно симметрии между объёмами орбит. Так, например, в исследовании O. Lieger и соавт. [30] статистически значимой разницы между объёмами орбит не выявлено, поэтому авторы советуют «отзеркаливать» форму и объём орбиты при проведении реконструкций. Исследование V.B.-H. Shyu и соавт. [5] подтверждает, что разница между объёмами орбит не была статистически значимой, однако в данном исследовании расчёты проводились у пациентов азиатской популяции и могут иметь значимые различия с пациентами европеоидной расы [7]. В нашем исследовании разница объёмов орбит более чем в 0,5 мл чаще встречалась у мужчин (табл. 1).

В работах N.I. Regensburg и соавт. [30] и D. Amin и соавт. [31] исследовались зависимости объёмов орбит от пола, возраста и национальности, а также соотношение объёма костной орбиты, орбитальной жировой клетчатки и объёма глазодвигательных мышц, где было показано, что с возрастом увеличивается соотношение жировой клетчатки к общему объёму орбиты и небольшое уменьшение соотношения глазодвигательных мышц к орбитальному объёму. P. Andrades и соавт. [18] не выявили значимой разницы между правой и левой орбитами ($p = 0,73$), а самыми важными критериями при оценке объёма орбиты по мнению авторов были возраст, высота и ширина лица и интраорбитальное расстояние.

Полученные в нашем исследовании результаты коррелируют с другими работами в связи с находками

по увеличению объёмов орбит с возрастом как у мужчин, так и у женщин. В исследовании J.E. Pessa и соавт. [32] изучались вопросы ремоделирования лицевого скелета у пациентов, начиная с новорождённых и до 76 лет, и было выявлено, что в молодом возрасте (15–24 года) соотношение высоты верхней челюсти к высоте орбиты наибольшее, а в младенчестве (до года) и в возрасте от 53 до 76 лет соотношение изменяется из-за меньшей высоты верхней челюсти по сравнению с большей орбитой. В работах D.M. Kahn и соавт. [33] и Z. Li и соавт. [34] также обнаружили признаки увеличения объёма орбиты с возрастом за счёт резорбции костной ткани, при этом резорбция надглазничного края орбиты была более выражена, чем резорбция нижнеглазничного края орбиты в процессе взросления.

В работе В. Chop и соавт. [15] были проанализированы данные КТ пациентов со средним интервалом времени в 9,4 года. При этом объём орбиты при втором сканировании превышал изначальный объём при первом на 0,91 мл, однако данные авторы связывают увеличение объёма с изменениями мягких тканей орбиты.

S. Ugradar и соавт. [16] отметили, что статистически значимые изменения в объёмах орбит были выявлены у женщин, что можно объяснить снижением плотности костной ткани после менопаузы [2], при этом значимого увеличения объёмов орбит у мужчин не установлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе нашего исследования выявлено, что у здорового человека правая и левая орбита асимметричны: разницу в 0,5 мл имеют до 5 женщин из 25 и 12 мужчин из 25, разница в 1,0 мл зафиксирована в 3 случаях из 50. В нашем исследовании также отмечено, что объёмы орбит изменяются и увеличиваются с возрастом как у мужчин, так и у женщин. Учитывая то, что большинство пациентов имели различия в разнице орбит до 1,0 мл, мы согласны с исследованиями, которые указывают на возможность использования здоровой контралатеральной орбиты в качестве ориентира при планировании реконструктивной операции. Однако для планирования хирургического лечения рекомендуется пользоваться ручной маркировкой, так как это позволяет добиться наиболее точной воспроизводимости костных границ орбиты, хотя и требует большего количества времени, чем полу- и автоматическая сегментация. К преимуществам разработанной методики расчёта объёмов орбит в данной исследовании следует

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов Д.В., Серова Н.С., Павлова О.Ю. Прогнозирование риска развития посттравматического энтофтальма на основании расчётов объёмов орбит по данным мультиспиральной компьютерной томографии // Офтальмологические ведомости. 2018. Т. 11, № 3. С. 26–33. EDN: YQIDCH doi: 10.17816/OV11326-33
2. Sigron G.R., Britschgi C.L., Gahl B., Thieringer F.M. Insights into orbital symmetry: a comprehensive retrospective study of 372 computed tomography scans // J Clin Med. 2024. Vol. 13, N. 14. P. 1041. doi: 10.3390/jcm13041041
3. Горбачёв Д.С., Порицкий Ю.В. Диагностика и лечение заболеваний и повреждений глазницы и слезоотводящих

отнести воспроизводимость на любой рабочей станции различных производителей, так как метод проводится на стандартной рабочей станции томографа и не требует дополнительного программного обеспечения.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: Д.В. Давыдов — концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных, окончательные правки; Н.С. Серова — концепция и дизайн исследования, консультация схем и КТ-изображений; О.А. Какорина — сбор и обработка материалов, обзор литературы, написание текста; О.Ю. Павлова — анализ полученных данных, редактирование диаграмм и текста.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study. Personal contribution of each author: D.V. Davydov — concept and design of the study, analysis of the obtained data, final edits; N.S. Serova — study concept and design, consultation of diagrams and CT images; O.A. Kakorina — collection and processing of materials, literature review, writing the text; O.Yu. Pavlova — analysis of the obtained data, editing of diagrams and text.

Funding source. The study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patients for publication of relevant medical information within the manuscript.

- путей (исторический очерк к 195-летию первой в России кафедры офтальмологии Военно-медицинской академии) // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2014. Т. 9, № 2. С. 19–24. EDN: WZCGJP
4. Давыдов Д.В., Левченко О.В., Дробышев А.Ю., Михайлюков В.М. Безрамная навигация в хирургическом лечении посттравматических деформаций и дефектов глазницы // Практическая медицина. 2012. № 4–2. С. 187–191. EDN: PCHGQX
5. Shyu V.B., Hsu C.E., Chen C.H., Chen C.T. 3D-assisted quantitative assessment of orbital volume using an open-source software platform in a Taiwanese population // PLoS ONE. 2015. Vol. 10, N. 3. P. e0119589. doi: 10.1371/journal.pone.0119589
6. Hartwig S., Nissen M.C., Voss J.O., et al. Clinical outcome after orbital floor fracture reduction with special regard to patient's satisfaction // Chin J Traumatol. 2019. Vol. 22, N. 3. P. 155–160. doi: 10.1016/j.cjtee.2019.01.002
7. Hahn H.M., Jung Y.K., Lee I.J., et al. Revisiting bilateral bony orbital volumes comparison using 3D reconstruction in Korean adults: a reference study for orbital wall reconstruction, 3D printing, and navigation by mirroring // BMC Surg. 2023. Vol. 23, N. 1. P. 351. doi: 10.1186/s12893-023-02268-0
8. Cole P., Boyd V., Banerji S., Hollier L.H. Comprehensive management of orbital fractures // Plast Reconstr Surg. 2007. Vol. 120 (Suppl 2). P. 57S–63S. doi: 10.1097/01.prs.0000260752.20481.b4
9. Chi M.J., Ku M., Shin K.H., Baek S. An analysis of 733 surgically treated blowout fractures // Ophthalmologica. 2009. Vol. 224, N. 3. P. 167–175. doi: 10.1159/000238932
10. Гущина М.Б., Афанасьева Д.С. Посттравматический эннофтальм: проблемы диагностики и реабилитации // Клиническая офтальмология. 2019. Т. 19, № 4. С. 252–256. EDN: TONUBI doi: 10.32364/2311-7729-2019-19-4-252-256
11. Yab K., Tajima S., Ohba S. Displacements of eyeball in orbital blowout fractures // Plast Reconstr Surg. 1997. Vol. 100, N. 6. P. 1409–1417. doi: 10.1097/00006534-199711000-00005
12. Николаенко В.П., Астахов Ю.С. Часть 1. Эпидемиология и классификация орбитальных переломов. Клиника и диагностика переломов нижней стенки орбиты // Офтальмологические ведомости. 2009. Т. 2, № 2. С. 56–70. EDN: KVPHLZ
13. Sigron G.R., Barba M., Chammartin F., et al. Functional and cosmetic outcome after reconstruction of isolated, unilateral orbital floor fractures (blow-out fractures) with and without the support of 3D-printed orbital anatomical models // J Clin Med. 2021. Vol. 10, N. 16. P. 3509. doi: 10.3390/jcm10163509
14. Erdoğan K., Tatlısımak E., Ovalı G.Y., et al. Age- and sex-related morphometric changes and asymmetry in the orbito-zygomatic region // J Craniofac Surg. 2021. Vol. 32, N. 2. P. 768–770. doi: 10.1097/SCS.00000000000007008
15. Chon B., Zhang K.R., Hwang C.J., Perry J.D. Longitudinal changes in adult bony orbital volume // Ophthal Plast Reconstr Surg. 2020. Vol. 36, N. 3. P. 243–246. doi: 10.1097/IOP.0000000000001519
16. Ugradar S., Lambros V. Orbital volume increases with age: a computed tomography-based volumetric study // Ann Plast Surg. 2019. Vol. 83, N. 6. P. 693–696. doi: 10.1097/SAP.0000000000001929
17. Erkoç M.F., Öztoprak B., Gümüç S., et al. Exploration of orbital and orbital soft-tissue volume changes with gender and body parameters using magnetic resonance imaging // Exp Ther Med. 2015. Vol. 9, N. 5. P. 1991–1997. doi: 10.3892/etm.2015.2313
18. Andrades P., Cuevas P., Hernández R., et al. Characterization of the orbital volume in normal population // J Craniomaxillofac Surg. 2018. Vol. 46, N. 4. P. 594–599. doi: 10.1016/j.jcms.2018.02.003
19. Tasman W., Jaeger E.A. Duane's ophthalmology. Chapter 32: embryology and anatomy of the orbit and lacrimal system. Lippincott / Williams & Wilkins. 2007.
20. Ji Y., Qian Z., Dong Y., et al. Quantitative morphometry of the orbit in Chinese adults based on a three-dimensional reconstruction method // J Anat. 2010. Vol. 217, N. 5. P. 501–506. doi: 10.1111/j.1469-7580.2010.01286.x
21. McGurk M., Whitehouse R.W., Taylor P.M., Swinson B. Orbital volume measured by a low-dose CT scanning technique // Dentomaxillofac Radiol. 1992. Vol. 21, N. 2. P. 70–72. doi: 10.1259/dmfr.21.2.1397459
22. Osaki T.H., de Castro D.K., Yabumoto C., et al. Comparison of methodologies in volumetric orbitometry // Ophthalmic Plast Reconstr Surg. 2013. Vol. 29, N. 6. P. 431–436.
23. Wagner M.E., Gellrich N.C., Friese K.I., et al. Model-based segmentation in orbital volume measurement with cone beam computed tomography and evaluation against current concepts // Int J Comput Assist Radiol Surg. 2016. Vol. 11, N. 1. P. 1–9. doi: 10.1007/s11548-015-1228-8
24. Furuta M. Measurement of orbital volume by computed tomography: especially on the growth of the orbit // Jpn J Ophthalmol. 2001. Vol. 45, N. 6. P. 600–606. doi: 10.1016/s0021-5155(01)00419-1
25. Friedrich R.E., Bruhn M., Lohse C. Cone-beam computed tomography of the orbit and optic canal volumes // J Craniomaxillofac Surg. 2016. Vol. 44, N. 9. P. 1342–1349. doi: 10.1016/j.jcms.2016.06.003
26. Kwon J., Barrera J.E., Most S.P. Comparative computation of orbital volume from axial and coronal CT using three-dimensional image analysis // Ophthalmic Plast Reconstr Surg. 2010. Vol. 26, N. 1. P. 26–29. doi: 10.1097/IOP.0b013e3181b80c6a
27. Koppel D.A., Foy R.H., McCaul J.A., et al. The reliability of "Analyze" software in measuring orbital volume utilizing CT-derived data // J Craniomaxillofac Surg. 2003. Vol. 31, N. 2. P. 88–91. doi: 10.1016/s1010-5182(02)00170-1
28. Regensburg N.I., Kok P.H., Zonneveld F.W., et al. A new and validated CT-based method for the calculation of orbital soft tissue volumes // Invest Ophthalmol Vis Sci. 2008. Vol. 49, N. 5. P. 1758–1762. doi: 10.1167/iovs.07-1030
29. Sentucq C., Schlund M., Bouet B., et al. Overview of tools for the measurement of the orbital volume and their applications to orbital surgery // J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2021. Vol. 74, N. 3. P. 581–591. doi: 10.1016/j.bjps.2020.08.101
30. Lieger O., Schaub M., Taghizadeh E., Büchler P. How symmetrical are bony orbits in humans? // J Oral Maxillofac Surg. 2019. Vol. 77, N. 1. P. 118–125. doi: 10.1016/j.joms.2018.08.018
31. Amin D., Jeong J., Manhan A.J., Bouloux G.F., Abramowicz S. Do racial differences in orbital volume influence the reconstruction of orbital trauma // J Oral Maxillofac Surg. 2022. Vol. 80, N. 1. P. 121–126. doi: 10.1016/j.joms.2021.07.030
32. Pessa J.E., Zadoo V.P., Yuan C., et al. Concertina effect and facial aging: nonlinear aspects of youthfulness and skeletal remodeling, and why, perhaps, infants have jowls // Plast Reconstr Surg. 1999. Vol. 103, N. 2. P. 635–644. doi: 10.1097/00006534-199902000-00042

33. Kahn D.M., Shaw R.B. Aging of the bony orbit: a three-dimensional computed tomographic study // *Aesthet Surg J*. 2008. Vol. 28, N. 3. P. 258–264. doi: 10.1016/j.asj.2008.02.007

REFERENCES

1. Davydov DV, Serova NS, Pavlova OYu. Risk prediction of posttraumatic enophthalmos development on the basis of orbital volume calculations using multislice computed tomography data. *Ophthalmology Reports*. 2018;11(3):26–33. EDN: YQIDCH doi: 10.17816/OV11326-33

2. Sigron GR, Britschgi CL, Gahl B, Thieringer FM. Insights into orbital symmetry: a comprehensive retrospective study of 372 computed tomography scans. *J Clin Med*. 2024;13(14):1041. doi: 10.3390/jcm13041041

3. Gorbachev DS, Poritsky YuV. Diagnosis and treatment of diseases and injuries of the orbit and lacrimal ducts (historical essay on the 195th anniversary of the first Russian Department of Ophthalmology of the Military Medical Academy). *Bulletin of the National Medical-Surgical Center named after N.I. Pirogov*. 2014;9(2):19–24. EDN: WZCGJP

4. Davydov DV, Levchenko OV, Drobyshev AYu, Mikhailyukov VM. Frameless navigation in the surgical treatment of post-traumatic deformities and orbital defects. *Practical Medicine*. 2012;(4–2):187–191. EDN: PCHGQX

5. Shyu VB, Hsu CE, Chen CH, Chen CT. 3D-assisted quantitative assessment of orbital volume using an open-source software platform in a Taiwanese population. *PLoS ONE*. 2015;10(3):e0119589. doi: 10.1371/journal.pone.0119589

6. Hartwig S, Nissen MC, Voss JO, et al. Clinical outcome after orbital floor fracture reduction with special regard to patient's satisfaction. *Chin J Traumatol*. 2019;22(3):155–160. doi: 10.1016/j.cjtee.2019.01.002

7. Hahn HM, Jung YK, Lee IJ, et al. Revisiting bilateral bony orbital volumes comparison using 3D reconstruction in Korean adults: a reference study for orbital wall reconstruction, 3D printing, and navigation by mirroring. *BMC Surg*. 2023;23(1):351. doi: 10.1186/s12893-023-02268-0

8. Cole P, Boyd V, Banerji S, Hollier LH. Comprehensive management of orbital fractures. *Plast Reconstr Surg*. 2007;120(Suppl 2):57S–63S. doi: 10.1097/01.prs.0000260752.20481.b4

9. Chi MJ, Ku M, Shin KH, Baek S. An analysis of 733 surgically treated blowout fractures. *Ophthalmologica*. 2009;224(3):167–175. doi: 10.1159/000238932

10. Gushchina MB, Afanasyeva DS. Post-traumatic enophthalmos: problems of diagnosis and rehabilitation. *Clinical Ophthalmology*. 2019;19(4):252–256. EDN: TOHUBI doi: 10.32364/2311-7729-2019-19-4-252-256

11. Yab K, Tajima S, Ohba S. Displacements of eyeball in orbital blowout fractures. *Plast Reconstr Surg*. 1997;100(6):1409–1417. doi: 10.1097/00006534-199711000-00005

12. Nikolaenko VP, Astakhov YuS. Part 1. Epidemiology and classification of orbital fractures. Clinic and diagnosis of fractures of the lower wall of the orbit. *Ophthalmology Reports*. 2009;2(2):56–70. EDN: KVPHLZ

13. Sigron GR, Barba M, Chammartin F, et al. Functional and cosmetic outcome after reconstruction of isolated, unilateral orbital

34. Li Z., Chen K., Yang J., et al. Deep learning-based CT radiomics for feature representation and analysis of aging characteristics of Asian bony orbit // *J Craniofac Surg*. 2022. Vol. 33, N. 1. P. 312–318. doi: 10.1097/SCS.00000000000008198

floor fractures (blow-out fractures) with and without the support of 3D-printed orbital anatomical models. *J Clin Med*. 2021;10(16):3509. doi: 10.3390/jcm10163509

14. Erdoğan K, Tatlısumak E, Ovalı GY, et al. Age- and sex-related morphometric changes and asymmetry in the orbito-zygomatic region. *J Craniofac Surg*. 2021;32(2):768–770. doi: 10.1097/SCS.00000000000007008

15. Chon B, Zhang KR, Hwang CJ, Perry JD. Longitudinal changes in adult bony orbital volume. *Ophthal Plast Reconstr Surg*. 2020;36(3):243–246. doi: 10.1097/IOP.0000000000001519

16. Ugradar S, Lambros V. Orbital volume increases with age: a computed tomography-based volumetric study. *Ann Plast Surg*. 2019;83(6):693–696. doi: 10.1097/SAP.0000000000001929

17. Erkoç MF, Öztoprak B, Gümüş C, et al. Exploration of orbital and orbital soft-tissue volume changes with gender and body parameters using magnetic resonance imaging. *Exp Ther Med*. 2015;9(5):1991–1997. doi: 10.3892/etm.2015.2313

18. Andrades P, Cuevas P, Hernández R, et al. Characterization of the orbital volume in normal population. *J Craniomaxillofac Surg*. 2018;46(4):594–599. doi: 10.1016/j.jcms.2018.02.003

19. Tasman W, Jaeger EA. *Duane's ophthalmology*. Chapter 32: embryology and anatomy of the orbit and lacrimal system. Lippincott / Williams & Wilkins. 2007.

20. Ji Y, Qian Z, Dong Y, et al. Quantitative morphometry of the orbit in Chinese adults based on a three-dimensional reconstruction method. *J Anat*. 2010;217(5):501–506. doi: 10.1111/j.1469-7580.2010.01286.x

21. McGurk M, Whitehouse RW, Taylor PM, Swinson B. Orbital volume measured by a low-dose CT scanning technique. *Dentomaxillofac Radiol*. 1992;21(2):70–72. doi: 10.1259/dmfr.21.2.1397459

22. Osaki TH, de Castro DK, Yabumoto C, et al. Comparison of methodologies in volumetric orbitometry. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2013;29(6):431–436.

23. Wagner ME, Gellrich NC, Friese KI, et al. Model-based segmentation in orbital volume measurement with cone beam computed tomography and evaluation against current concepts. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2016;11(1):1–9. doi: 10.1007/s11548-015-1228-8

24. Furuta M. Measurement of orbital volume by computed tomography: especially on the growth of the orbit. *Jpn J Ophthalmol*. 2001;45(6):600–606. doi: 10.1016/s0021-5155(01)00419-1

25. Friedrich RE, Bruhn M, Lohse C. Cone-beam computed tomography of the orbit and optic canal volumes. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44(9):1342–1349. doi: 10.1016/j.jcms.2016.06.003

26. Kwon J, Barrera JE, Most SP. Comparative computation of orbital volume from axial and coronal CT using three-dimensional image analysis. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. 2010;26(1):26–29. doi: 10.1097/IOP.0b013e3181b80c6a

27. Koppel DA, Foy RH, McCaul JA, et al. The reliability of “Analyze” software in measuring orbital volume utilizing CT-derived data. *J Craniomaxillofac Surg*. 2003;31(2):88–91. doi: 10.1016/s1010-5182(02)00170-1

28. Regensburg NI, Kok PH, Zonneveld FW, et al. A new and validated CT-based method for the calculation of orbital soft tissue volumes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(5):1758–1762. doi: 10.1167/iovs.07-1030
29. Sentucq C, Schlund M, Bouet B, et al. Overview of tools for the measurement of the orbital volume and their applications to orbital surgery. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2021;74(3):581–591. doi: 10.1016/j.bjps.2020.08.101
30. Lieger O, Schaub M, Taghizadeh E, Büchler P. How symmetrical are bony orbits in humans? *J Oral Maxillofac Surg.* 2019;77(1):118–125. doi: 10.1016/j.joms.2018.08.018
31. Amin D, Jeong J, Manhan AJ, Bouloux GF, Abramowicz S. Do racial differences in orbital volume influence the reconstruction of orbital trauma. *J Oral Maxillofac Surg.* 2022;80(1):121–126. doi: 10.1016/j.joms.2021.07.030
32. Pessa JE, Zadoo VP, Yuan C, et al. Concertina effect and facial aging: nonlinear aspects of youthfulness and skeletal remodeling, and why, perhaps, infants have jowls. *Plast Reconstr Surg.* 1999;103(2):635–644. doi: 10.1097/00006534-199902000-00042
33. Kahn DM, Shaw RB. Aging of the bony orbit: a three-dimensional computed tomographic study. *Aesthet Surg J.* 2008;28(3):258–264. doi: 10.1016/j.asj.2008.02.007
34. Li Z, Chen K, Yang J, et al. Deep learning-based CT radiomics for feature representation and analysis of aging characteristics of Asian bony orbit. *J Craniofac Surg.* 2022;33(1):312–318. doi: 10.1097/SCS.00000000000008198

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Викторович Давыдов, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-8025-4830; eLibrary SPIN: 1368-2453; e-mail: d-davydov3@yandex.ru

Наталья Сергеевна Серова, д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН; ORCID: 0000-0003-2975-4431; eLibrary SPIN: 4632-3235; e-mail: dr.serova@yandex.ru

Ольга Андреевна Какорина; e-mail: 20.olgak.02@mail.ru

***Ольга Юрьевна Павлова**, канд. мед. наук; адрес: Россия, 119048, Москва, ул. Трубетцкая, д. 8, стр. 2; ORCID: 0000-0001-8898-3125; eLibrary SPIN: 8326-0220; e-mail: pavlova_o_yu@staff.sechenov.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

Dmitry V. Davydov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-8025-4830; eLibrary SPIN: 1368-2453; e-mail: d-davydov3@yandex.ru

Natalia S. Serova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; ORCID: 0000-0003-2975-4431; eLibrary SPIN: 4632-3235; e-mail: dr.serova@yandex.ru

Olga A. Kakorina; e-mail: 20.olgak.02@mail.ru

***Olga Yu. Pavlova**, MD, Cand. Sci. (Medicine); address: 8/2 Trubetskaya st., Moscow, 119048, Russia; ORCID: 0000-0001-8898-3125; eLibrary SPIN: 8326-0220; e-mail: pavlova_o_yu@staff.sechenov.ru