

О. Ю. ПАВЛОВА¹, Н. С. СЕРОВА¹, С. К. ТЕРНОВОЙ¹,
Д. В. ДАВЫДОВ²

Клиническое применение компьютерной томографии в оценке объемов орбит у пациентов с различными нозологиями

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

119048, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

² Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена – филиал федерального

государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

125284, Россия, Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 3

E-mail: pavlova_o_yu@staff.sechenov.ru

Статья поступила в редакцию 02.10.24 г.; принята к печати 13.12.24 г.

Резюме

Введение. В связи с необходимостью количественного представления объемов орбит для объективной оценки изменений их костных стенок на сегодняшний день важную роль приобретает разработка методов специализированной обработки результатов мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ). Данная информация предоставляет возможность лечащему врачу выбрать тактику лечения пациента, спланировать ход оперативного вмешательства и оценить результаты проведенного хирургического лечения, что в свою очередь ведет к повышению эффективности, качества лечения и реабилитации пациентов. **Цель** – демонстрация клинического применения мультиспиральной компьютерной томографии для оценки объемов орбит у пациентов с различными патологическими изменениями костных стенок орбит для получения дополнительной диагностической информации и выбора тактики лечения. **Материалы и методы.** С 2018 по 2024 г. в отделении лучевой диагностики № 2 УКБ № 1 Сеченовского Университета выполнялась обработка данных КТ с количественным расчетом объемов орбит у 201 пациента (100 %). В качестве контрольной группы дополнительно были подсчитаны объемы орбит у 50 человек без патологии орбит. МСКТ осуществлялась на аппарате Aquilion One 640 (Canon, Япония) в объемном режиме с толщиной среза 0,5 мм в режиме костной и мягкотканной реконструкции, для последующего расчета объемов орбит использовались рабочая станция Vitrea и стандартный инструмент Sculpt. **Результаты.** Объемы орбит были посчитаны у 100 % пациентов. Из 201 пациента (100 %) у 147 (73 %) определялись посттравматические изменения костных стенок орбит, расчеты объемов орбит в этих случаях выполнялись для определения индивидуальных параметров стенок с целью планирования восстановления костных границ и восполнения мягкотканного дефицита; из них в 19 случаях (9 %) деформации стенок орбит сочетались с анофтальмическим синдромом. У 11 пациентов (6 %) с врожденным анофтальмом были выполнены расчеты объемов для количественного определения степени недоразвития костных стенок орбиты. У 43 пациентов (21 %) методика применялась после удаления глазного яблока с целью планирования его дальнейшего эндопротезирования. **Выводы.** Методика количественного измерения объемов орбит предоставила объективные достоверные данные об изменениях костных границ орбит при различных нозологиях, что позволило получить дополнительную диагностическую информацию о состоянии пациентов и осуществить проведение персонализированного подхода к предоперационному планированию, что ведет к повышению качества лечения и реабилитации пациентов.

Ключевые слова: орбита, объемы орбиты, лучевая диагностика, мультиспиральная компьютерная томография, травма орбиты, анофтальм, эндопротезирование

Для цитирования: Павлова О. Ю., Серова Н. С., Терновой С. К., Давыдов Д. В. Клиническое применение компьютерной томографии в оценке объемов орбит у пациентов с различными нозологиями. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2025;24(1):39–46. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-1-39-46>.

O. Yu. PAVLOVA¹, N. S. SEROVA¹, S. K. TERNOVOY¹,
D. V. DAVYDOV²

Clinical application of computer tomography in orbital volumes assessment in patients with various nosologies

¹ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

8, building 2, Trubetskaya str., Moscow, Russia, 119048

² Hertsen Moscow Oncology Research Institute, National Medical Research Radiological Center, Moscow, Russia

3, 2nd Botkinskiy proezd, Moscow, Russia, 125284

E-mail: pavlova_o_yu@staff.sechenov.ru

Received 02.10.24; accepted 13.12.24

Summary

Introduction. Due to the necessity of quantitative measurement and representation of orbital volumes for objective assessment of changes in their bone walls, the development of specialized image processing methods, in particular the usage of multispiral computed tomography (MSCT), is of great importance at present. This information enables the physician to choose patient's treatment tactics, plan the course of surgical intervention and evaluate the results of the surgical treatment, which in turn improves the efficiency, quality of treatment and patients' rehabilitation. **Purpose.** Demonstration of the clinical application of multislice computed tomography data for assessment of orbital volumes in patients with various pathological changes in the orbital bone walls to obtain additional diagnostic information and select treatment tactics. **Materials and methods.** From 2018 to 2024, CT data was processed at the Radiology Department No. 2 of the University Clinical Hospital № 1 of Sechenov University to quantitatively calculate orbital volumes in 201 patients (100%). Additionally, orbital volumes were calculated in 50 people without orbital pathology as a control group. MSCT was performed on the Aquilion One 640 (Canon, Japan) in volume mode with a slice thickness of 0.5 mm in the bone and soft tissue reconstruction mode; the Vitrea workstation and the standard Sculpt tool were used for subsequent calculation of orbital volumes. **Results.** Orbital volumes were calculated in 100% of patients. 147 patients (73%) out of 201 patients (100%) had posttraumatic changes of the orbital bone walls; orbital volume calculations in these cases were performed to determine individual wall parameters in order to plan the restoration of bone boundaries and replenishment of soft tissue deficiency; in 19 cases (9%) orbital wall deformations were combined with anophthalmic syndrome. In 11 patients (6%) with congenital anophthalmia, volume calculations were performed to quantify the degree of underdevelopment of the orbital bone walls. In 43 patients (21%), the technique was used after globe removal in order to plan further globe endoprosthetics. **Conclusions.** The technique of quantitative measuring of orbital volumes provided objective reliable data on changes of orbital bony boundaries within various nosologies, which made it possible to obtain additional diagnostic information about the patients' condition and to implement a personalized approach to preoperative planning, which directly correlates with the quality of treatment and patients' rehabilitation.

Keywords: orbit, orbital volumes, radiology, multispiral computed tomography, orbital trauma, anophthalmos, endoprosthetics

For citation: Pavlova O. Yu., Serova N. S., Ternovoy S. K., Davydov D. V. Clinical application of computer tomography in orbital volumes assessment in patients with various nosologies. *Regional hemodynamics and microcirculation*. 2025;24(1):39–46. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2025-24-1-39-46>.

Введение

Современное постоянное техническое развитие с использованием цифровых технологий позволяет обеспечить высокую точность восстановления анатомической формы орбиты, поэтому важную роль приобретает разработка методов специализированной обработки изображений для получения дополнительной диагностической информации [1, 2]. В связи с необходимостью количественного измерения и представления информации об изменениях объемов орбит широкое использование получила мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) для объективной оценки изменений костных и мягкотканых структур орбиты, что представляется крайне важной задачей [3]. Данная информация дает возможность лечащему врачу выбрать тактику лечения пациента, спланировать ход оперативного вмешательства и оценить результаты проведенного хирургического лечения, что в свою

очередь позволит повысить эффективность и качество лечения и реабилитации пациентов.

Костная орбита – это сложнейшая анатомическая структура лицевого скелета с серьезным функциональным значением [3, 4]. Форма и объем орбиты физиологически меняются с возрастом и могут увеличиваться или уменьшаться при различных патологических состояниях [4, 5]. Основная проблема при оценке объема орбиты заключается в ее сложной анатомии. Костная орбита имеет пирамидальную форму, с многочисленными отверстиями и локальными изогнутостями, а передняя граница орбиты характеризуется многочисленными костными выступами [4–6].

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 (орбиталь-

ная, щечно-скуловая и носовая области) сочетаются с переломами орбиты в 80 % [7].

Реабилитация пациентов с переломами стенок орбиты должна быть направлена на ликвидацию всех негативных последствий данных повреждений, в частности диплопии и посттравматического энофтальма [8]. Считается, что точная реконструкция правильной анатомии костных стенок орбит, восстановление симметрии и объема необходимы для благоприятного функционального прогноза и устранения эстетического дефекта [8, 9]. По данным многих авторов, недооценка или завышение объема орбиты при планировании реконструктивных вмешательств могут привести к энофтальму или экзофтальму и, как следствие, к диплопии, возможной потере чувствительности в щечной и носовой областях [9]. По результатам различных ретроспективных исследований процент вторичного послеоперационного энофтальма у пациентов, оперированных по поводу изолированной травмы нижней стенки орбиты, достигает 26,6 % [9].

Несмотря на значительные успехи в различных областях офтальмологии, операции по поводу удаления глазного яблока в ряде случаев неизбежны [10]. По некоторым оценкам, до 2022 г. количество энуклеаций и экзисцераций глазного яблока в России достигало 7,5–8 тыс. операций в год. Основными показаниями к удалению глазного яблока остаются тяжелая травма глаза, злокачественные новообразования, гнойно-воспалительные процессы, терминальная болящая глаукома. При этом от 58 % до 70,7 % пациентов с послеоперационным энофтальмом – это люди трудоспособного возраста [10, 11].

Известно, что для получения высоких эстетических результатов глазного протезирования у пациента необходимо выполнить ряд условий и соблюсти этапность косметической реабилитации [11]. Тем не менее пациентам после различных травм лица, таких как травмы скулоорбитального комплекса с нарушением целостности костных структур орбиты, показано не только глазное протезирование в качестве монопути реабилитации, но и требуется оказание хирургической помощи в различных вариантах. Связано это с такими клиническими проявлениями, как: недостаточный или избыточный объем слепого глазного яблока или уже сформированной ранее опорной культи; субатрофия мягких тканей орбиты и параорбитальной области; нарушение костных стенок; птоз; деформация век и углубление верхней орбито-пальпебральной борозды на пораженной стороне [11, 12]. Выявление в процессе исследования у пациентов костных деформаций и посттравматических изменений мягких тканей в орбите и параорбитальной области диктует необходимость выполнения комплекса хирургических вмешательств, направленных на восстановление нормальных топографо-анатомических взаимоотношений в орбите с последующим своевременным индивидуальным этапным глазным протезированием [11–13].

При решении вопроса об удалении глаза нужно всегда помнить о необходимости последующего протезирования анофтальмической полости. Для полу-

чения высоких результатов глазного протезирования требуется дифференцированный подход к выбору метода удаления глаза с обязательной тактикой индивидуального формирования опорно-двигательной культи и учетом анатомо-функциональных особенностей разных типов орбиты [12–13]. Принимая во внимание многообразие способов удаления глазного яблока, в том числе и современные разработанные атравматические методики формирования первичной опорно-двигательной культи, учитывающие индивидуальные параметры орбиты, проведение изменений индивидуальных параметров орбит играет одну из ключевых ролей в предоперационном планировании [12–14].

Исследования по измерению объемов орбит высокогетерогенны [14–16]. Данные, полученные в последних исследованиях, более надежные из-за более точных методов измерения и получения изображений, чем в предыдущие десятилетия. На сегодняшний день и по результатам опубликованных работ, хирургическая реконструкция орбит должна быть показана при дефекте стенки орбиты более 2 см² и когда объем орбиты увеличивается более чем на 1,62 см³ или более чем на 10–15 % [14–16].

Таким образом, достоверный трехмерный анализ изменений и повреждений стенок орбиты и знания объема необходимы для точной диагностики и планирования хирургического вмешательства при различных нозологиях.

Цель – демонстрация клинического применения мультиспиральной компьютерной томографии для оценки объемов орбит у пациентов с различными патологическими изменениями костных стенок орбит для получения дополнительной диагностической информации и выбора тактики лечения.

Материалы и методы исследования

С 2018 по 2024 г. в отделении лучевой диагностики № 2 УКБ № 1 Сеченовского Университета выполнялась обработка данных КТ с количественным расчетом объемов орбит у 201 пациента (100 %). Дополнительно были подсчитаны объемы орбит у 50 человек без патологии орбит в качестве контрольной группы. МСКТ осуществлялась на аппарате Aquilion One 640 (Canon, Япония) в объемном режиме с толщиной среза 0,5 мм в режиме костной и мягкотканной реконструкции, для последующего расчета объемов орбит использовалась рабочая станция Vitrea и стандартный инструмент Sculpt.

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 ее 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 объемов орбит в миллилитрах. Для точности измерения четко соблюдали костные границы и учитывали анатомические вариации строения

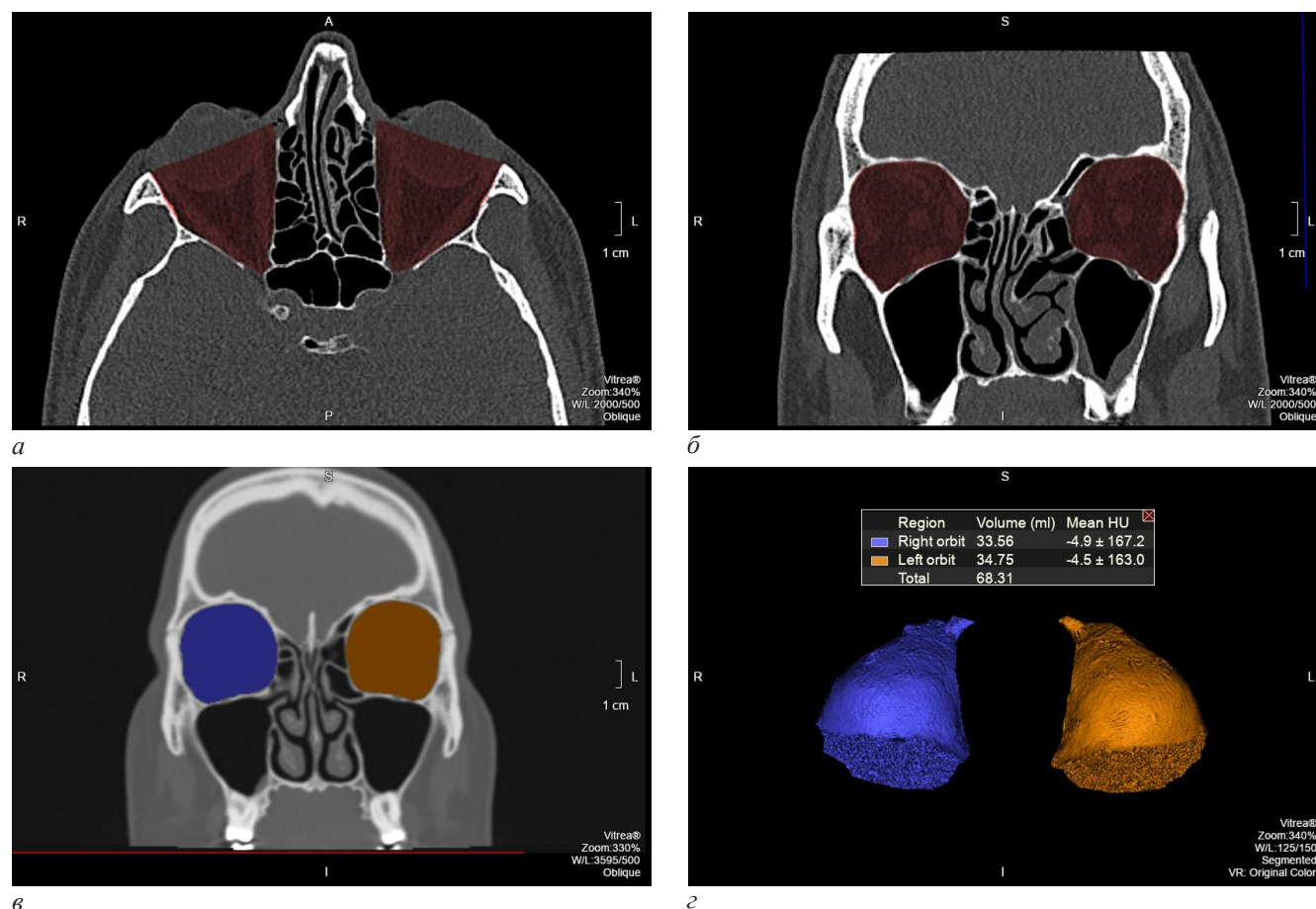


Рис. 1. Мультиспиральная компьютерная томография. Обработка изображений для количественного измерения объемов орбит: а – аксиальный срез, режим костного окна, маркировка костных границ обеих орбит; б – корональная реконструкция, режим костного окна, маркировка костных границ обеих орбит; в, г – 3D-реконструкции, представление объемов правой и левой орбит в математических единицах (мл). Пример измерения объемов орбит у здорового пациента без изменений стенок орбит из контрольной группы. Разница объемов орбит составила 1,19 мл и не превышала критических значений

Fig. 1. Multislice computed tomography. Image processing for quantitative measuring of orbital volumes: а – axial slice, bone window mode, marking of the bone borders of both orbits; б – coronal reconstruction, bone window mode, marking of the bone borders of both orbits; в, г – 3D reconstructions, representation of right and left orbital volumes in mathematical units (ml). An example of measuring orbital volumes in a healthy patient without changes in orbital walls from the control group. The difference in orbital volumes was 1.19 ml and did not exceed the critical values

обеих орбит (по методике расчета объемов орбит авторами ранее был получен патент РФ «Способ оценки эффективности реконструктивной операции на орбите», RU 2 638 623 C1 от 15.06.2016 г.) (рис. 1).

Результаты исследования и их обсуждение

Объемы орбит были посчитаны у 100 % пациентов. Из 201 пациента у 147 (73 %) определялись посттравматические изменения костных стенок орбит, расчеты объемов орбит в этих случаях выполнялись для определения индивидуальных параметров стенок с целью планирования восстановления костных границ и восполнения мягкотканного дефицита; из них в 19 случаях (9 %) переломы стенок орбит сочетались с анофтальмическим синдромом (рис. 2).

При МСКТ лицевого скелета была получена вся необходимая информация для оценки костных и мягкотканых структур орбиты: выявлены посттравматические деформации стенок обеих орбит, асимметрия объемов орбит, неудовлетворительная реконструкция нижних стенок орбит с выраженным смещением имплантата левой нижней стенки орбиты в полость верхнечелюстного синуса, множественные инородные тела левой орбиты, мягких тканей лица и шеи. Была произведена оценка послеоперационно-

го состояния всех элементов орбиты после удаления глазных яблок и установки наружного косметического протеза.

При этом с помощью разработанной нами методики расчета объемов орбит было показано, что объемы орбиты после хирургического лечения восстановлены не были, разница между объемами составила 11 мл, что в значительной степени превышает критическое значение и свидетельствует о неэффективности проведенного хирургического лечения. Определяются выраженные деформации костей, образующих левую орбиту, а имплантат левой орбиты значительно пролабирует в полость левого верхнечелюстного синуса. Несмотря на то, что визуально конфигурация и объем правой орбиты кажутся восстановленными, объем орбиты после хирургического лечения составил 32,67 мл, что превышает среднее значение по данным литературы и также указывает на неудовлетворительно проведенное оперативное вмешательство.

У 11 пациентов (6 %) с врожденным анофтальмом были выполнены расчеты объемов для количественного определения степени недоразвития костных стенок орбиты и возможности дальнейшего хирургического реконструктивного лечения (рис. 3).

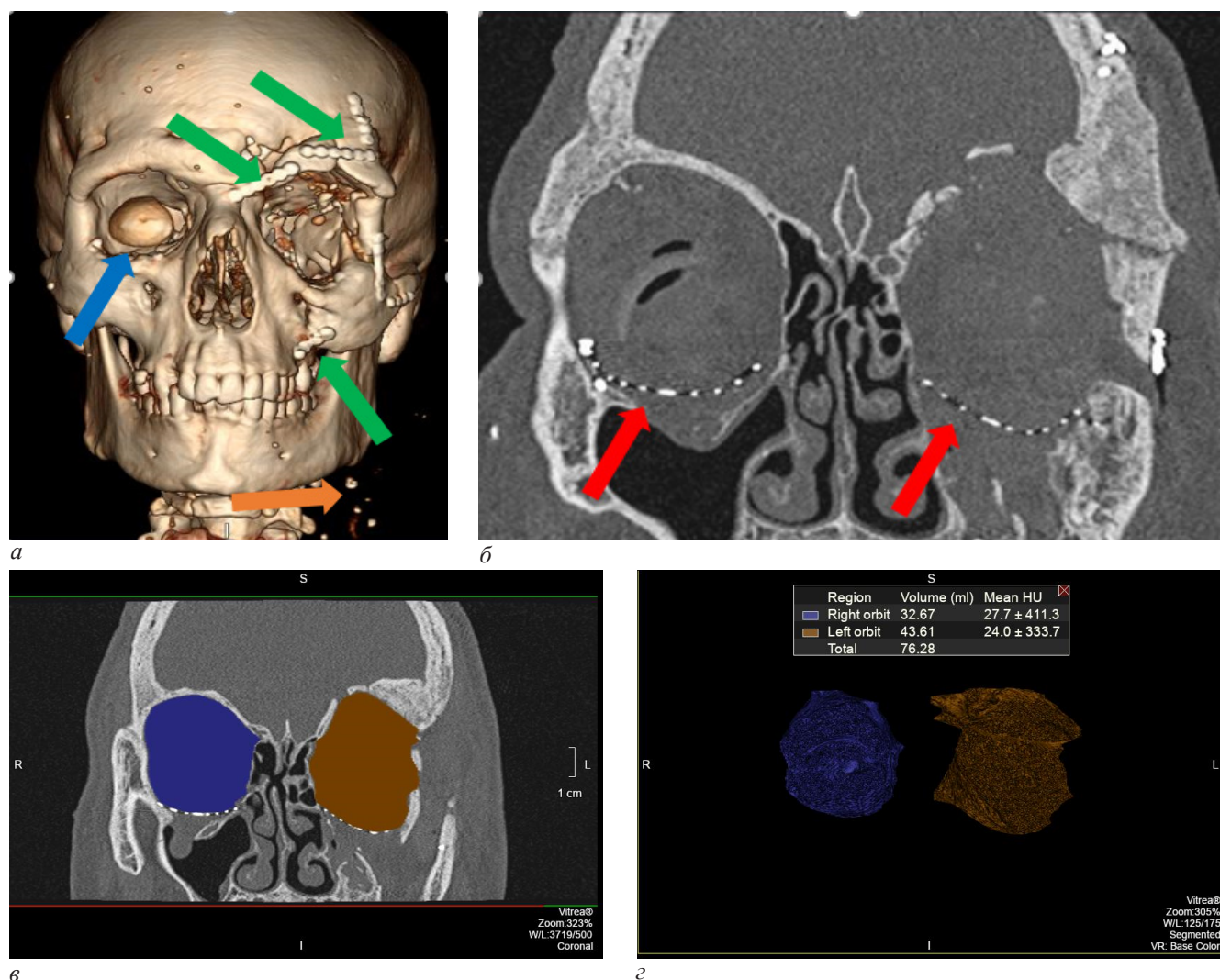


Рис. 2. МСКТ, лицевой скелет. Пациент С., 27 лет. Состояние после минно-взрывной травмы, хирургического лечения в области средней зоны лица. Множественные посттравматические деформации лицевого скелета, анофтальмический синдром с двух сторон: *a* – 3D-реконструкция костей лицевого и мозгового черепа; *б* – корональная реконструкция. Визуализируются множественные выраженные посттравматические деформации верхней и средней зон лица (больше слева): переломы и дефекты всех стенок левой орбиты, нижней стенки правой орбиты, лобной кости (больше слева), левых скуловой, верхнечелюстной и решетчатой костей. Определяются множественные инородные тела левой орбиты, мягких тканей лица и шеи (оранжевая стрелка). Отмечаются имплантаты нижних стенок орбит (красные стрелки), элементы металлостеосинтеза в области левых лобной и скуловой костей (зеленые стрелки), глазные яблоки не визуализируются с обеих сторон, в полости правой орбиты установлен наружный косметический протез (синяя стрелка); *в* – корональная реконструкция, режим костного окна, количественное измерение объемов орбит; *г* – режим 3D-реконструкции объемов орбит. Объемы орбит асимметричны, определяются деформация и увеличение объема левой орбиты после хирургического лечения

Fig. 2. MSCT, facial skeleton. Patient S., 27 years old. Condition after mine blast injury, surgical treatment of the midface area. Multiple post-traumatic deformations of the facial skeleton, anophthalmic syndrome on both sides: *a* – 3D reconstruction of the facial and cranial bones; *b* – coronal reconstruction. Multiple severe post-traumatic deformities of the upper and middle facial zones are visualized (more on the left): fractures and defects of all walls of the left orbit, the lower wall of the right orbit, the frontal bone (more on the left), the left zygomatic, maxillary and ethmoid bones. Multiple foreign bodies of the left orbit, soft tissues of the face and neck are determined (orange arrow). Implants of the orbital lower walls (red arrows), elements of metal osteosynthesis in the area of the left frontal and zygomatic bones (green arrows) are noted, the globes are not visualized on both sides, an external cosmetic prosthesis is installed in the cavity of the right orbit (blue arrow); *c* – coronal reconstruction, bone window mode, quantitative measurement of orbital volumes, *d* – 3D reconstruction mode of orbital volumes. The orbital volumes are asymmetrical, deformation and increase of the left orbital volume after surgical treatment are determined

Таким образом, разработанная методика расчета объемов позволила количественно определить точную разницу в объемах и спланировать дальнейшее хирургическое реконструктивное вмешательство.

У 43 пациентов (21 %) методика измерения объемов орбит применялась после удаления глазного яблока с целью планирования его дальнейшего эндопротезирования. Всем пациентам ($n=43$; 100 %) выполнена операция – удаление глазного яблока в различных модификациях в зависимости от исходного состояния, в 39 случаях (78 %) – реконструктивная операция по установке эндопротеза глазного яблока с целью формирования объемной опорно-двигательной

культы и дальнейшему наружному косметическому протезированию. У 10 пациентов (22 %) эндопротез был установлен после энуклеации глазного яблока, у 33 (78 %) – после экзисцерации в различных модификациях. В случае, когда удаление глазного яблока сочеталось с костно-травматическими изменениями стенок орбиты, методика расчетов объемов орбит применялась у каждого пациента с целью одномоментного восстановления топографо-анатомических взаимоотношений структур орбиты.

В качестве контрольной группы произвольно были выбраны 50 пациентов для измерения объемов орбит, которые проходили обследование в отделении лучевой

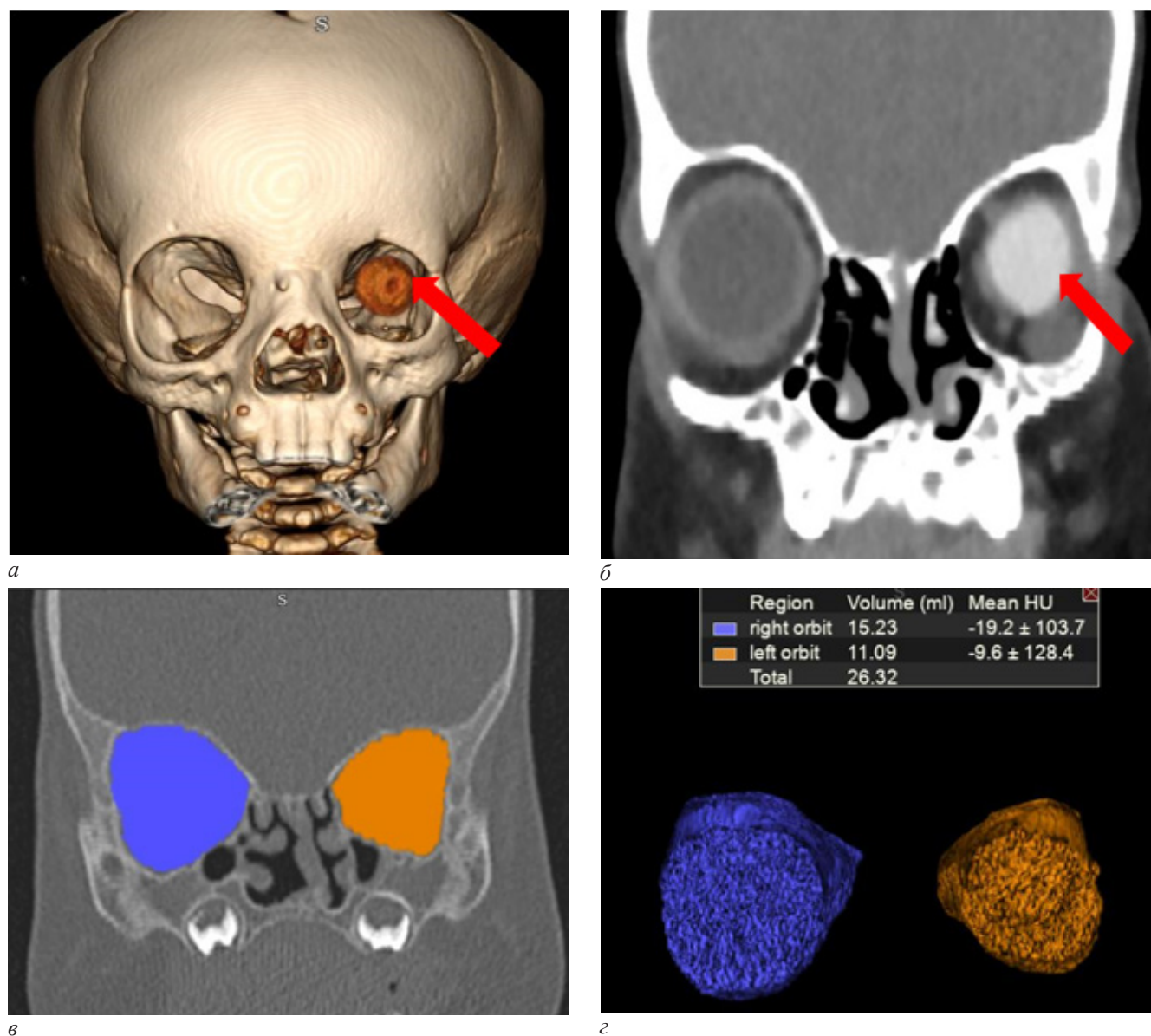


Рис. 3. МСКТ, лицевой скелет. Пациент П., 12 месяцев, врожденный анофтальм слева. Обработка изображений для количественного измерения объемов орбит: *а* – 3D-реконструкция костей лицевого и мозгового черепа; *б* – корональная реконструкция; *в* – корональная реконструкция, режим костного окна, измерение объемов орбит; *г* – режим 3D-реконструкции объемов орбит. В конъюнктивальной полости левой орбиты визуализируется наружный косметический протез (красные стрелки), структуры правой орбиты – без патологических изменений. Отмечается выраженная асимметрия орбит, разница в объемах орбит составила 4,14 мл, что является превышением критического значения разницы в 2 мл и позволяет спланировать тактику дальнейшего эндопротезирования, а также мониторинг за состоянием пациента в отдаленные сроки

Fig. 3. MSCT, facial skeleton. Patient P., 12 months old, congenital anophthalmia on the left. Image processing for quantitative measuring of orbital volumes: *a* – 3D reconstruction of the facial and cranial bones; *b* – coronal reconstruction; *c* – coronal reconstruction, bone window mode, orbital volume measurement; *d* – 3D reconstruction mode of orbital volumes. An external cosmetic prosthesis is visualized in the conjunctival cavity of the left orbit (red arrows), the structures of the right orbit are without pathological changes. A pronounced asymmetry of the orbits is noted; the difference in the volumes of the orbits was 4.14 ml, which exceeds the critical difference of 2 ml and allows planning the further endoprosthesis tactics as well as patient's follow up

диагностики № 2 УКБ № 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 данные КТ 25 женщин и 25 мужчин разных возрастов (от 18 до 85 лет), европеоидной расы.

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 несколько раз быстрее, точность маркировки костных границ вручную является наиболее достоверной [16]. В результате проведенного нами

исследования было установлено, что разница объемов правой и левой орбит 0,5 мл и более встретила у 5 женщин из 25 случаев, среди мужчин разница была выявлена в 12 случаях из 25; разница объемов более 1 мл была отмечена у 1 женщины и у 2 мужчин; разница более 1,5 мл не наблюдалась ни в одной исследуемой группе [17].

По результатам проведенных подсчетов было выявлено, что у здорового человека правая и левая орбиты 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 объемы орбит изменяются и увеличиваются с возрастом как у мужчин, так и у женщин [17]. Учитывая то, что боль-

шинство пациентов имели различия в разнице орбит до 1,0 мл, наши данные совпадают 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 [17]. К преимуществам разработанной методики расчета объемов орбит в данном исследовании следует отнести воспроизводимость на любой рабочей станции различных производителей, так как метод проводится на стандартной рабочей станции томографа и не требует дополнительного программного обеспечения.

Выводы

Методика количественного измерения объемов орбит предоставила объективные достоверные данные об изменениях костных границ орбит при различных нозологиях, что позволило получить дополнительную диагностическую информацию о состоянии пациента и осуществить проведение персонализированного подхода к предоперационному планированию, что ведет к повышению качества лечения и реабилитации пациентов.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare that they have no conflict of interest.

Соответствие нормам этики / Ethics Compliance

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо. / The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when necessary.

Литература / References

1. Чепурный Ю. В., Петренко О. В., Копчак А. В., Рыков С. А. Оценка факторов, влияющих на эффективность хирургической реабилитации пациентов с травматическими повреждениями стенок орбиты // *Офтальмология. Восточная Европа*. 2020. Т. 10, № 3. С. 336–347. [Chepurny YuV, Petrenko OV, Kopchak AV, Rykov SA. Assessment of factors influencing the effectiveness of surgical rehabilitation of patients with traumatic injuries of the orbital walls. *Ophthalmology. Eastern Europe*. 2020;10(3):336-347. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.34883/pi.2020.10.3.021>.
2. Давыдов Д. В., Баранова Н. А. Результаты хирургического лечения и реабилитации пациентов с посттравматической субатрофией и анофтальмическим синдромом в сочетании с костными деформациями глазницы // *Офтальмологические ведомости*. 2022. Т. 15, № 4. С. 15–26. [Davydov DV, Baranova NA. Results of surgical treatment and rehabilitation of patients with post-traumatic subatrophy and anophthalmic syndrome in combination with bone deformities

of the orbit. *Ophthalmological Bulletin*. 2022;15(4):15-26. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/OV115061>.

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

4. Cole P, Boyd V, Banerji S, et al. Comprehensive management of orbital fractures. *Plast Reconstr Surg*. 2007; 120 (Suppl 2):57S-63S. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000260752.20481.b4>.

5. Sigron GR, Britschgi CL, Gahl B, et al. Insights into orbital symmetry: a comprehensive retrospective study of 372 computed tomography scans. *J Clin Med*. 2024;13(14):1041. <https://doi.org/10.3390/jcm13041041>.

6. Горбачёв Д. С., Порицкий Ю. В. Диагностика и лечение заболеваний и повреждений глазницы и слезоотводящих 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. [Gorbachev DS, Poritsky YuV. Diagnostics and treatment of diseases and injuries of the orbit and lacrimal ducts (historical essay for the 195th anniversary of the first in Russia ophthalmology department of the Military Medical Academy). *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N. I. Pirogov*. 2014;9(2):19-24. (In Russ.)].

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

8. Медведева Н. А., Серова Н. С., Павлова О. Ю., Гридасова И. С. Лучевая диагностика переломов стенок орбит и ее роль в судебно-медицинской экспертизе живых лиц // *REJR*. 2024. Т. 14, №2. С. 6–18. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2024-14-2-6-18>. [Medvedeva NA, Serova NS, Pavlova OYu, Gridasova IS. Radiology of the orbital wall fractures and its role in the forensic medical examination of living persons. *REJR*. 2024;14(2):6-18. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2024-14-2-6-18>.

9. Гуцина М. Б., Афанасьева Д. С. Посттравматический энтофтальм: проблемы диагностики и реабилитации // *Клиническая офтальмология*. 2019. Т. 19, № 4. С. 252–256. [Gushchina MB, Afanasyeva DS. Posttraumatic enophthalmos: problems of diagnostics and rehabilitation. *Clinical ophthalmology*. 2019;19(4):252-256. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.32364/2311-7729-2019-19-4-252-256>.

10. Яковлев И. А., Ревта А. М., Селиверстова Д. В., Безжанидзе А. М. Анализ причин удаления глазного яблока на современном этапе // *Современные технологии в офтальмологии*. 2023. Т. 2, №48. С. 149–151. [Yakovlev IA, Revta AM, Seliverstova DV, Bezhanidze AM. Analysis of the reasons for eyeball removal at the present stage. *Modern technologies in ophthalmology*. 2023;2 (48):149-151. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25276/2312-4911-2023-2-149-151>.

11. Баранова Н. А., Сенина И. А., Николаенко В. П. Влияние формы опорно-двигательной культы на результат глазного протезирования при разных методах удаления глаза // *Офтальмологические ведомости*. 2020. Т. 13, №1. С. 77–85. <https://doi.org/10.17816/OV13531>. [Baranova NA, Senina IA, Nikolaenko VP. The influence of the locomotor stump's form on the ocular prosthetics result with different methods of eye removal. *Ophthalmology Reports*. 2020;13(1):77-85. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/OV13531>.

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

13. Павлова О. Ю., Серова Н. С., Давыдов Д. В., Гридасова И. С. Протокол МСКТ у взрослых пациентов после эндопротезирования глазного яблока // REJR. 2023. Т. 13, №4. С. 26–35. [Pavlova OYu, Serova NS, Davydov DV, Gridasova IS. MSCT protocol in adult patients after globe endoprosthetics. REJR. 2023;13(4):26-35. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2023-13-4-26-35>.

14. Hahn HM, Jung YK, Lee JJ, 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. <https://doi.org/10.1186/s12893-023-02268-0>.

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

16. 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. <https://doi.org/10.1007/s11548-015-1228-8>.

17. Давыдов Д. В., Серова Н. С., Какорина О. А., Павлова О. Ю. Сравнительное исследование объемов орбит по данным мультиспиральной компьютерной томографии // Офтальмологические ведомости. 2024. Т. 17, №2. С. 41–51. [Davydov DV, Serova NS, Kakorina OA, Pavlova OY. Comparative study of orbital volumes according to multispiral computed tomography data. Ophthalmology Reports. 2024;17(2):41-51. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/OV630330>.

Информация об авторах

Павлова Ольга Юрьевна – канд. мед. наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия, e-mail: pavlova_o_yu@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0001-8898-3125, eLibrary SPIN: 8326-0220.

Серова Наталья Сергеевна – д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия, e-mail: dr.serova@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2975-4431, eLibrary SPIN: 4632-3235.

Терновой Сергей Константинович – д-р мед. наук, профессор, академик РАН, зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии, Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия, e-mail: ternovoy_s_k@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0003-4374-1063, eLibrary SPIN: 8805-2041.

Давыдов Дмитрий Викторович – д-р мед. наук, профессор, зав. отделом онкопластической хирургии, Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П. А. Герцена – филиал «НМИЦ радиологии», Москва, Россия, e-mail: d-davydov3@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8025-4830, eLibrary SPIN: 1368-2453.

Authors information

Pavlova Olga Yu. – Cand. (PhD) Sci. (Medicine); Associate Professor, Department of Radiology and Radiation Therapy, Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: pavlova_o_yu@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0001-8898-3125, eLibrary SPIN: 8326-0220.

Serova Natalia S. – Dr. Sci. (Medicine), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Professor, Department of Radiology and Radiation Therapy, Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: dr.serova@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2975-4431, eLibrary SPIN: 4632-3235.

Ternovoy Sergey K. – Dr. Sci. (Medicine), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences; Head, Department of Radiology and Radiation Therapy, Sechenov University, Moscow, Russia, e-mail: ternovoy_s_k@staff.sechenov.ru, ORCID: 0000-0003-4374-1063, eLibrary SPIN: 8805-2041.

Davydov Dmitry V. – Dr. Sci. (Medicine), Professor; Head, Oncoplastic Surgery Department, Hertsen Moscow Oncology Research Institute, National Medical Research Center of Radiology, Moscow, Russia, e-mail: d-davydov3@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8025-4830, eLibrary SPIN: 1368-2453.