

# 3D-цефалометрический анализ размеров и форм входных отверстий глазниц: одноцентровое поперечное исследование

И.В. Чантырь<sup>1</sup>, К.Д. Завгороднев<sup>1, 2</sup>, В.А. Бельченко<sup>1</sup>, М.Т. Мелоян<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия

## РЕЗЮМЕ

Морфометрические параметры глазницы имеют клиническое значение при травматических повреждениях, врожденных аномалиях, опухолевых процессах и других заболеваниях. Морфология входных отверстий глазниц отличается индивидуальной и популяционной вариабельностью. Несмотря на наличие публикаций, исследования цефалометрических параметров глазниц на основе трехмерной (3D) компьютерной томографии (КТ) остаются ограниченными. **Цель исследования:** оценить размеры и формы входных отверстий глазниц с использованием 3D-цефалометрического анализа. **Методы.** Проведено одноцентровое поперечное исследование, включавшее КТ-данные взрослых пациентов. Проводились цефалометрические измерения линейных и угловых параметров глазниц, рассчитывались индексы лица и глазниц, определялись формы входных отверстий глазниц, глазничной камеры и верхнего края глазниц. Элемент автоматизированного анализа изображений был реализован на основе алгоритмов искусственного интеллекта. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием методов описательной и сравнительной статистики при уровне значимости  $p < 0,05$ . **Результаты.** В исследование вошли 300 пациентов, включая 150 мужчин и 150 женщин в возрасте от 18 до 45 лет (средний возраст  $31,8 \pm 7,6$  года; различий между полами по возрасту не выявлено,  $p > 0,05$ ). Установлено отсутствие статистически значимых межполовых различий по линейным размерам глазниц. Параметры лица достоверно больше у мужчин ( $p < 0,001$ ). Индекс глазницы слева выше у мужчин ( $p = 0,037$ ), однако после поправки достоверность не сохранялась. Межглазничное расстояние оказалось больше у мужчин ( $p < 0,001$ ). Преобладающим типом глазниц являлся мегасемный (72–81%), наиболее частой формой глазничной апертуры – прямоугольная. Углы инклинации и положения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса не демонстрировали полового диморфизма. Корреляция между лицевым и глазничными индексами не выявлена. **Заключение.** Проведенное исследование представляет совокупный 3D-цефалометрический анализ размеров и форм входных отверстий глазниц. Получены данные демонстрируют высокую стабильность морфометрических характеристик глазниц при минимальном половом диморфизме, формируют региональные эталонные нормативы и обладают клинической значимостью. Результаты имеют прикладное значение для планирования реконструктивно-восстановительных вмешательств, а также могут найти свое применение в судебно-медицинской экспертизе и антропологии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** глазница, морфометрия, цефалометрия, компьютерная томография, челюстно-лицевая хирургия.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## 3D cephalometric analysis of orbital aperture dimensions and shapes: a single-center cross-sectional study

Ivan V. Chantyr<sup>1</sup>, Kirill D. Zavgorodnev<sup>1, 2</sup>, Viktor A. Belchenko<sup>1</sup>, Meri T. Meloian<sup>2</sup>

<sup>1</sup> City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## SUMMARY

Orbital morphometric parameters are of clinical importance in cases of traumatic injuries, congenital anomalies, tumors, and other pathological conditions. The morphology of the orbital apertures demonstrates both individual and population variability. Despite the presence of several publications, studies of cephalometric orbital parameters based on three-dimensional (3D) computed tomography (CT) remain limited. **Objective.** To assess the dimensions and shapes of orbital apertures using 3D cephalometric analysis. **Methods.** A single-center cross-sectional study was conducted, including CT data of adult patients. Cephalometric measurements of linear and angular orbital parameters were performed; facial and orbital indices were calculated; the shapes of orbital apertures, orbital cavity, and supraorbital margin were determined. Automated image analysis was implemented using artificial intelligence algorithms. Statistical processing was performed using descriptive and comparative methods at a significance level of  $p < 0.05$ . **Results.** The study included 300 patients, comprising 150 males and 150 females aged 18–45 years (mean age  $31.8 \pm 7.6$  years; no significant sex differences in age,  $p > 0.05$ ). No statistically significant sex-related differences in linear orbital dimensions were observed. Facial parameters were significantly greater in males ( $p < 0.001$ ). The left orbital index was higher in males ( $p = 0.037$ ), although the difference lost significance after multiple comparison adjustment. Interorbital distance was greater in males ( $p < 0.001$ ). The predominant orbital type was megaseme (72–81%), and the most frequent aperture shape was rectangular. Orbital inclination and zygomatico-orbito-maxillary complex angulation showed no sexual dimorphism. No correlation was found between the facial and orbital indices. **Conclusion.** This study presents a comprehensive 3D cephalometric analysis of orbital aperture dimensions and shapes. The findings demonstrate high stability of orbital morphometric characteristics with minimal sexual dimorphism, establish regional normative reference values, and highlight clinical significance. The results are applicable for planning reconstructive procedures and may also be used in forensic examinations and anthropological research.

**KEYWORDS:** orbit, morphometry, cephalometry, computed tomography, maxillofacial surgery.

**CONFLICT OF INTEREST.** The authors declare that they have no conflicts of interest.

## Введение

Глазницы представляют собой парные анатомически сложные структуры, образованные соединением семи костей лицевого и мозгового черепа. Они имеют форму пирамидальных полостей с четырехугольным основанием спереди, формирующим входное отверстие глазницы, и трехгранной вершиной сзади, оканчивающейся в области зрительного канала. Внутри глазниц располагаются органы зрения и их вспомогательные элементы: глазные яблоки, слезный аппарат, сосудисто-нервные образования, экстра- и интраокулярные мышцы, жировая клетчатка. Строение глазницы во многом определяет положение глазного яблока, разрез и форму век, а также индивидуальные особенности внешнего облика лица [1–3].

В глазнице выделяют основание (передняя треть), стенки (средняя треть) и вершину (задняя треть) [1, 2]. Скелет глазницы традиционно описывается как система из четырех стенок (верхней, нижней, медиальной и латеральной) и соответствующих краев, формируемых верхней челюстью, скуловой и лобной костями. Наружные края глазницы выполняют роль опорного каркаса и лицевых контрфорсов, обеспечивая защиту глазного яблока и окружающих тканей [4, 5]. В исследовании F. Rossia и соавт. (2022), сообщается, что травматические повреждения костей средней трети лица составляют более 50,3% всех переломов лицевого скелета, среди которых значительное место занимают повреждения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса (СГВК) и костных структур глазницы. Наиболее часто авторы наблюдали переломы нижней и медиальной стенок глазницы, но нередко и в составе комплексных повреждений (СГВК, переломы верхней челюсти по Le Fort II и III, переломы носо-глазнично-решетчатого комплекса) [6]. Такие травмы нередко сопровождаются повреждениями краев и стенок глазницы, что приводит к дефектам и посттравматическим деформациям с выраженными функциональными, эстетическими и социальными последствиями [7].

Морфометрические характеристики входных отверстий глазниц имеют важное значение для офтальмологии, челюстно-лицевой хирургии, нейрохирургии, судебной-медицинской экспертизы, и антропологии [5]. Эти параметры необходимы при выборе хирургических доступов, планировании оперативных вмешательств, разработке и подборе хирургических имплантатов. В судебной медицине и антропологии они используются в качестве этнических, возрастных и половых маркеров, тем самым подчеркивая и расширяя их междисциплинарную значимость [5, 8].

Исторически оценка параметров глазницы выполнялась преимущественно краниометрическими методами на сухих черепках, такие исследования можно встретить и в настоящее время [9, 10]. Результаты этих работ позволили накопить обширный антропометрический материал, но имели ограничения, связанные с отсутствием учета индивидуальных, региональных и этнических вариаций и их влияния на клинические аспекты. С внедрением радиологических технологий визуализации морфометрия черепно-челюстно-лицевой области получила но-

вое и стремительное развитие [11]. Существенный вклад внесли плоскостные изображения, получаемые при рентгенографии и телерентгенографии черепа [12, 13], однако в настоящее время «золотым стандартом» диагностики и планирования лечения признана компьютерная томография (КТ) с трехмерной (3D) реконструкцией. Применение 3D-цефалометрического анализа обеспечивает высокую точность и воспроизводимость прижизненных измерений, что делает его наиболее ценным и перспективным методом исследования [11, 14].

Зарубежные публикации последних лет изучали морфометрические характеристики глазниц с использованием КТ-данных. Эти работы показали наличие этнических особенностей размеров и формы глазниц и предложили региональные нормативы для применения в клинической практике [14, 15]. Однако большинство исследований преимущественно выполнено на одноэтнических и малочисленных выборках, что ограничивает возможности экстраполяции этих данных. В российской литературе также встречаются отдельные работы, посвященные анализу глазницы, преимущественно основанные на традиционных методах измерений или на небольших выборках [16].

Практическая значимость в изучении и формировании базовых морфометрических данных заключается в их использовании для планирования реконструктивных операций при травмах средней зоны лицевого скелета и глазницы, а также их последствий, выражающихся в деформациях и дефектах данной зоны, разработки индивидуальных шаблонов, направителей, имплантатов, эндо- и экзопротезов.

Мы не встретили исследований с использованием современных трехмерных методов анализа линейных, угловых и морфопографических данных.

Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется:

1. высокой клинической значимостью морфометрии глазниц для реконструктивно-восстановительной хирургии и протезирования;
2. междисциплинарной востребованностью данных в медицине и антропологии;
3. отсутствием эталонных параметров для мультиэтнической популяции Москвы;
4. преимуществами современных методов 3D-цефалометрии, обеспечивающих объективность и воспроизводимость результатов.

**Цель исследования:** оценить размеры и формы входных отверстий глазниц с использованием 3D-цефалометрического анализа.

## Материалы и методы

**Дизайн исследования.** Проведено одноцентровое одномоментное поперечное анатомическое исследование.

**Условия проведения.** В исследование включали пациентов, проходивших обследование в Городской клинической больнице № 1 им. Н.И. Пирогова, на базе филиала Челюстно-лицевой госпиталь для Ветеранов войн,

в период с 01.07.2024 по 01.07.2025 гг. Всем пациентам проводили КТ-сканирование по различным клиническим показаниям, не связанным с патологией средней зоны лицевого скелета и глазниц.

**Этическое соответствие.** Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом Городской клинической больницы № 1 им. Н.И. Пирогова (Москва), филиал Челюстно-лицевой госпиталь для Ветеранов войн (протокол № 02-24 от 03.06.2024 г.). Все участники исследования предоставили согласие на участие в исследовании и использование полученных данных в научных целях.

**Критерии включения:** возраст от 18 до 45 лет; удовлетворительное качество КТ-изображений, обеспечивающее четкую визуализацию анатомических структур глазниц; отсутствие врожденных или приобретенных деформаций костей лицевого и мозгового черепа; отсутствие патологии глазниц (травмы, опухоли, воспалительного процесса); наличие информированного добровольного согласия на исследование.

**Критерии невключения:** пациенты младше 18 или старше 45 лет; пациенты с врожденными аномалиями развития костей лицевого или мозгового черепа; с перенесенными травмами и/или реконструктивными хирургическими вмешательствами челюстно-лицевой области; с онкологическими, воспалительными или системными заболеваниями, потенциально влияющими на морфологию черепа.

**Критерии исключения:** неудовлетворительное качество КТ (низкое разрешение, артефакты, неполные изображения); выявленные в процессе анализа несоответствия исходным данным (например, случайно выявленные аномалии или патология глазниц, не диагностированные ранее); отказ пациента от участия в исследовании, включая отзыв ранее подписанного согласия.

**Методика исследования.** Всем включенным в исследование пациентам проводилось КТ-сканирование по стандартному протоколу с использованием тонких срезов толщиной 1 мм на мультиспиральном компьютерном томографе Ingenuity CT (производитель Philips, Нидерланды). Полученные данные сохраняли в формате DICOM и обрабатывали в программе XERO Viewer (Agfa HealthCare Enterprise Imaging, Бельгия). Цефалометрический анализ выполнен с использованием дополнительного инструмента визуализации – «MIP/MPR/3D» (максимальная интенсивность проекции, мультипланарная реконструкция, трехмерный режим), обеспечивающего возможность анализа объемных данных в различных проекциях и режимах. Все измерения проводились авторами самостоятельно; каждая оценка повторялась трижды, итоговым значением принималось среднее арифметическое. Измеряемые параметры представлены в таблице 1, их графическое представление – на рис. 1.

Таблица 1  
Параметры 3D-цефалометрии

№	Расстояние	Сокращение	Определение	Плоскость
1	Высота лица	N-Gn	Расстояние между точками: • Nasion (N) – точка пересечения носо-лобного шва с медиально-сагитальной плоскостью • Gnathion (Gn) – точка на нижнем крае нижней челюсти в месте пересечения его с медиально-сагитальной плоскостью	Коронарная Сагитальная
2	Ширина лица	Zy-Zy	Расстояние между точками: • Zygon (Zy) – наиболее выступающая точка скуловой проекции	Коронарная Аксиальная
3	Высота глазницы	OrS-Orl	Расстояние между точками: • Orbitalis Superior (OrS) – верхний край глазницы (лобная кость) • Orbitalis Inferior (Orl) – нижний край глазницы (верхняя челюсть и скуловая кость)	Коронарная Сагитальная
4	Ширина глазницы	Wt-Da	Расстояние между точками: • Бугорок Уитнолла (Wt) – костный выступ на глазничной поверхности лобного отростка скуловой кости • Dasryon (Da) – точка контакта лобной, слезной и верхнечелюстной костей (контакт переднего слезного гребня и лобно-верхнечелюстного шва)	Коронарная Аксиальная
5	Межглазничное расстояние	Da-Da	Расстояние между точками: • Dasryon (Da) – точка контакта лобной, слезной и верхнечелюстной костей (контакт переднего слезного гребня и лобно-верхнечелюстного шва)	Коронарная Аксиальная
6	Расстояние от скуло-лобного шва слева до скуло-лобного шва справа	ZyFr-ZyFr	Расстояние между точками: • Zygomatico-Frontal (ZyFr) – наиболее латеральная точка контакта скуловой и лобной костей (скуло-лобного шва) слева и справа, соответственно	Коронарная Аксиальная
7	Угол инклинации глазницы	ZyFr-ZyFr – Da-Wt	Угол, образованный линиями, проходящими через точки: • ZyFr (скуло-лобный шов) справа и слева • Dasryon (Da) – точка контакта лобной, слезной и верхнечелюстной костей (контакт переднего слезного гребня и лобно-верхнечелюстного шва) • Бугорок Уитнолла (Wt) – костный выступ на глазничной поверхности лобного отростка скуловой кости	Коронарная
8	Угол положения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса в передне-задней плоскости	OrS-Orl – Po	Угол, образованный линиями, проходящими через точки: • Orbitalis Superior (OrS) – верхний край глазницы (лобная кость) • Orbitalis Inferior (Orl) – нижний край глазницы (верхняя челюсть и скуловая кость) • Porion (Po) – точка на середине верхнего края наружного слухового прохода	Сагитальная

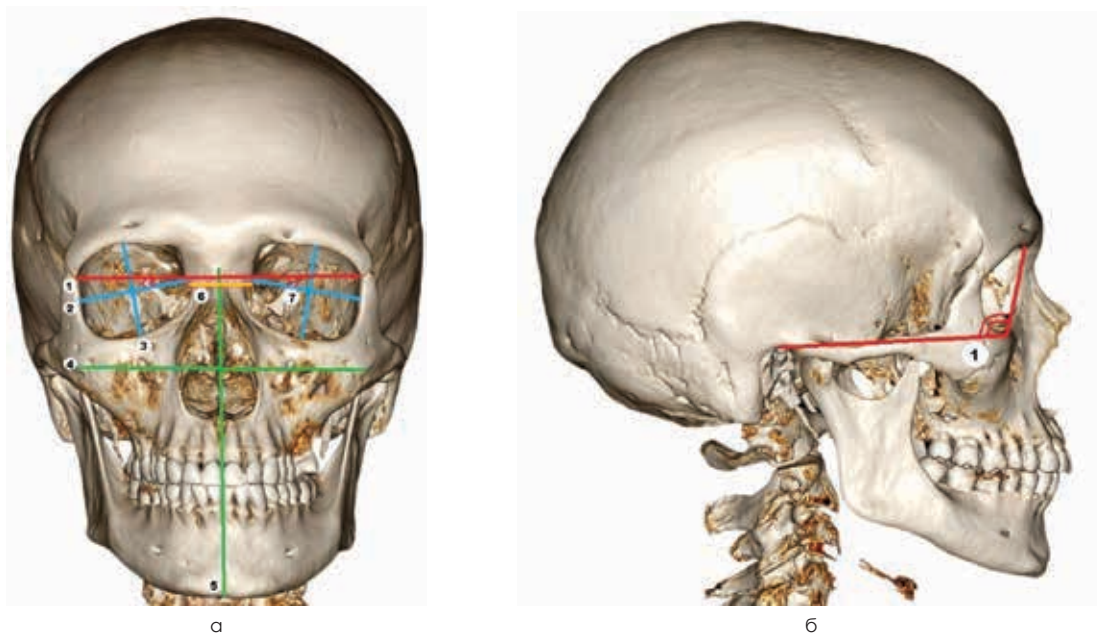


Рисунок 1. Графическое представление цефалометрических показателей; а – вид спереди: 1 – расстояние между скуло-лобными швами (ZyFr–ZyFr), 2 – ширина глазницы (Wt–Da), 3 – высота глазницы (OrS–OrI), 4 – ширина лица (Zy–Zy), 5 – высота лица (N–Gn), 6 – межглазничное расстояние (Da–Da), 7 – угол инклинации глазницы (ZyFr–ZyFr – Da–Wt); б – вид сбоку: 1 – угол положения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса в переднезадней плоскости (OrS–OrI–Po)

На основании данных цефалометрических измерений рассчитывали лицевой и глазничные индексы. Лицевой индекс рассчитан по формуле:  $N-Gn / Zy-Zy \times 100\%$ , индекс глазницы (по J.F. Blumenbach) с обеих сторон – по формуле:  $OrS-OrI / Wt-Da \times 100\%$ .

**Классификация формы входных отверстий глазниц.** Для определения формы входных отверстий глазниц использовали генеративную нейросетевую модель ChatGPT-4.0 (OpenAI, <https://chat.openai.com>; версия от 01.07.2025). Анализ выполнен путем последовательной загрузки 3D изображений и применения текстовых запросов («промтов») для классификации формы глазничной апертуры (прямоугольная, квадратная, круглая, ромбическая). Дополнительно проводили оценку контура глазничной камеры и формы верхнеглазничного края. Для обеспечения достоверности классификации проведена двойная верификация результатов экспертами:

1. независимая оценка двумя исследователями (челюстно-лицевыми хирургами) с опытом работы более 5 лет;
2. повторная классификация выборочной подгруппы изображений ( $n=60$ , 20%) вручную по морфометрическим критериям.

**Статистические методы.** Расчет объема выборки и оценка точности. Минимально необходимый объем выборки определялся для оценки средних значений при доверительной вероятности 95% с использованием фактических стандартных отклонений. Для высоты лица (N–Gn) при стандартном отклонении 7,36 мм и допустимой ошибке 1,0 мм расчетный объем составил около 207 наблюдений. Для ширины лица (Zy–Zy) при стандартном отклонении 8,14 мм и той же допустимой ошибке требовалось порядка 253 наблюдений. Для индекса глазницы при стандартном отклонении около 10,3 процентных пунктов и допустимой ошибке 1,5 процентных пункта было доста-

точно приблизительно 179 наблюдений. Таким образом, расчетный диапазон составлял 180–250 наблюдений для ключевых показателей, а фактический объем выборки ( $n=300$ ) превышал эти значения, что обеспечивало достаточную точность оценок, высокую статистическую мощность ( $\geq 0,80$ ) и надежность выводов при анализе средних величин, межгрупповых различий и корреляционных связей.

**Статистический анализ.** Обработка данных выполнялась с использованием программного пакета StatTech, версия 4.0.5 (Статтех, Россия). Использовались методы описательной и аналитической статистики: рассчитывались средние значения, стандартные отклонения, медианы, квартили и 95% доверительные интервалы. Нормальность распределений проверялась критерием Шапиро – Уилка. При нормальном распределении применялись параметрические критерии (t-критерий Стьюдента для независимых и парных выборок), при отклонении от нормальности – непараметрические тесты Манна – Уитни и Вилкоксона. Корреляционный анализ проводился с использованием коэффициентов Пирсона и Спирмена, для категориальных признаков анализировались частоты и доли. При множественных сравнениях использовалась поправка Бенджамини – Хохберга; критический уровень значимости установлен на уровне  $p < 0,05$ .

## Результаты

В исследование были включены 300 пациентов, среди которых 150 мужчин и 150 женщин, в возрасте от 18 до 45 лет. Средний возраст обследованных составил  $31,8 \pm 7,6$  года: мужчин –  $31,6 \pm 7,2$  года; женщин –  $31,2 \pm 7,6$  года; различия статистически незначимы,  $p > 0,05$ . Распределение по полу было сбалансированным, что обеспечивало сопоставимость групп. Таким образом, исследуемая со-

вокупность репрезентативно отражала молодую и средневозрастную популяцию, обеспечивая достаточную основу для выявления морфометрических закономерностей и межгрупповых различий.

Высота лица (N–Gn) у мужчин варьировала от 98,0 до 130,0 мм, среднее значение составило  $116,2 \pm 6,3$  мм; у женщин – от 97,9 до 125,0 мм, среднее значение –  $110,3 \pm 6,3$  мм. Различия между полами оказались статистически значимыми (95% ДИ: 4,37–7,44;  $p < 0,001$ ; Hedges  $g = 0,87$ ). Ширина лица (Zy–Zy) у мужчин находилась в пределах 85,6–124,0 мм, среднее значение –  $106,7 \pm 5,9$  мм; у женщин – 85,2–120,0 мм, среднее значение –  $99,6 \pm 6,4$  мм. Межполовые различия также были достоверными (95% ДИ: 5,45–8,78;  $p < 0,001$ ;  $g = 0,97$ ). На основании этих данных был рассчитан лицевой индекс, который варьировал от мезо- до лептопрозопического типа. У мужчин он составил 93,3–131,2% (среднее –  $109,3 \pm 7,8\%$ ), у женщин – 93,3–136,1% (среднее –  $111,1 \pm 8,4\%$ ). Различия между мужчинами и женщинами по лицевому индексу не достигли статистической значимости, однако отмечена тенденция к более высоким значениям у женщин (95% ДИ: от –3,67 до 0,01;  $p = 0,052$ ;  $g = -0,22$ ).

Вертикальный размер (высота) глазниц (OrS–OrI) у мужчин справа варьировала от 29,0 до 38,7 мм (среднее –  $33,8 \pm 2,2$  мм), слева – от 28,6 до 38,3 мм (среднее –  $34,06 \pm 2,3$  мм). У женщин справа значения составили 28,3–38,8 мм (среднее –  $33,5 \pm 2,4$  мм), слева – 29,2–41,0 мм (среднее –  $33,6 \pm 2,3$  мм). Достоверных различий между мужчинами и женщинами не выявлено ( $p > 0,1$ ). Горизонтальный размер (ширина) глазниц (Wt–Da) у мужчин справа находилась в пределах 27,3–43,1 мм (среднее –  $35,0 \pm 3,5$  мм), слева – 27,0–43,6 мм (среднее –  $34,8 \pm 3,5$  мм). У женщин справа ширина варьировала от 27,6 до 42,8 мм (среднее –  $35,4 \pm 3,4$  мм), слева – 27,2–43,0 мм (среднее –  $35,2 \pm 3,2$  мм). Статистически значимых различий между полами не выявлено ( $p > 0,1$ ). Индекс глазницы у мужчин слева колебался в пределах 72,5–126,3% (среднее –  $92,3 \pm 8,7\%$ ), справа – 72,7–126,2% (среднее –  $91,2 \pm 8,5\%$ ). У женщин индекс слева составлял 76,4–134,1% (среднее –  $89,9 \pm 8,4\%$ ), справа – 76,0–133,6% (среднее –  $89,0 \pm 8,2\%$ ). Установлено статистически значимое половое различие индекса глазницы слева, выражающееся в более высоких значениях у мужчин по сравнению с женщинами ( $92,3 \pm 8,7$  против  $89,9 \pm 8,4$ ;  $p = 0,037$ ), тогда как для правой стороны достоверных межполовых различий не выявлено.

Анализ корреляционных связей не выявил статистически значимой зависимости между лицевым индексом и индексами глазниц ни у мужчин, ни у женщин: коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена колебались в пределах от –0,116 до +0,019 при  $p > 0,15$  во всех случаях. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии как линейной, так и монотонной взаимосвязи между пропорциями лица и формой входных отверстий глазниц.

Согласно классической антропологической классификации индекса глазницы по J.F. Blumenbach, в исследуе-

мой выборке преобладал мегасемный тип (индекс  $\geq 89$ ) глазницы как у мужчин, так и у женщин, независимо от стороны, с частотой от 72% до 81%. Мезосемный вариант (84–88) определялся примерно в 12–21% случаев, несколько чаще встречаясь у женщин справа, тогда как микросемный ( $\leq 83$ ) наблюдался редко – около 5–8% во всех подгруппах.

Межглазничное расстояние (Da–Da) у мужчин составило 15,5–30,3 мм (среднее –  $21,9 \pm 2,6$  мм), у женщин – 15,6–30,3 мм (среднее –  $20,8 \pm 2,2$  мм). Установлены достоверные различия между полами (95% ДИ: 0,55–1,70;  $p < 0,001$ ;  $g = 0,44$ ).

Расстояние между скуло-лобными швами (ZyFr–ZyFr) у мужчин варьировало от 86,2 до 108,0 мм (среднее –  $96,0 \pm 4,0$  мм), у женщин – от 86,2 до 108,0 мм (среднее –  $95,2 \pm 3,7$  мм). Статистически значимых различий между полами не выявлено ( $p = 0,157$ ). Угол инклинации глазницы (ZyFr–ZyFr – Da–Wt) у мужчин слева находился в пределах  $7,4$ – $13,7^\circ$  (среднее –  $9,9 \pm 1,2^\circ$ ), справа –  $7,2$ – $13,2^\circ$  (среднее –  $9,9 \pm 1,0^\circ$ ). У женщин слева угол варьировал от  $7,4^\circ$  до  $13,7^\circ$  (среднее –  $9,9 \pm 1,4^\circ$ ), справа – от  $7,9^\circ$  до  $13,2^\circ$  (среднее –  $9,9 \pm 1,1^\circ$ ). Достоверных статистически значимых различий между мужчинами и женщинами не установлено. Таким образом, данный параметр характеризуется стабильностью и не демонстрирует половой диморфизм.

Углы положения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса в переднезадней (сагиттальной) плоскости (OrS–OrI–Po) у мужчин слева варьировали от  $73,9^\circ$  до  $106,3^\circ$  (среднее –  $96,4 \pm 5,3^\circ$ ), справа – от  $74,2^\circ$  до  $105,0^\circ$  (среднее –  $96,3 \pm 4,8^\circ$ ). У женщин слева значения составили  $85,3$ – $103,6^\circ$  (среднее –  $96,6 \pm 3,9^\circ$ ), справа –  $86,1$ – $105,0^\circ$  (среднее –  $96,3 \pm 3,6^\circ$ ). Статистически значимых различий углов положения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса между мужчинами и женщинами как с левой, так и с правой стороны не выявлено. Таким образом, данный параметр характеризуется стабильностью и не демонстрирует выраженного полового диморфизма.

В ходе исследования устанавливалась форма входных отверстий глазниц на основе морфометрических критериев. Так, нами были определены четыре основные формы:

1. Прямоугольная – горизонтальный размер превышает вертикальный более чем на 15%; форма характеризуется четко выраженными углами и параллельными границами.
2. Квадратная – вертикальный и горизонтальный размеры приблизительно равны (разница менее 5%); углы отчетливо выражены.
3. Круглая – различие между вертикальным и горизонтальным диаметрами составляет менее 5%, контуры плавные, без выраженных углов.
4. Ромбическая – медиальная стенка укорочена относительно латеральной более чем на 10%; форма с характерными углами в верхнемедиальном и нижнелатеральном отделах.

Формы входного отверстия глазниц изображены на рис. 2.

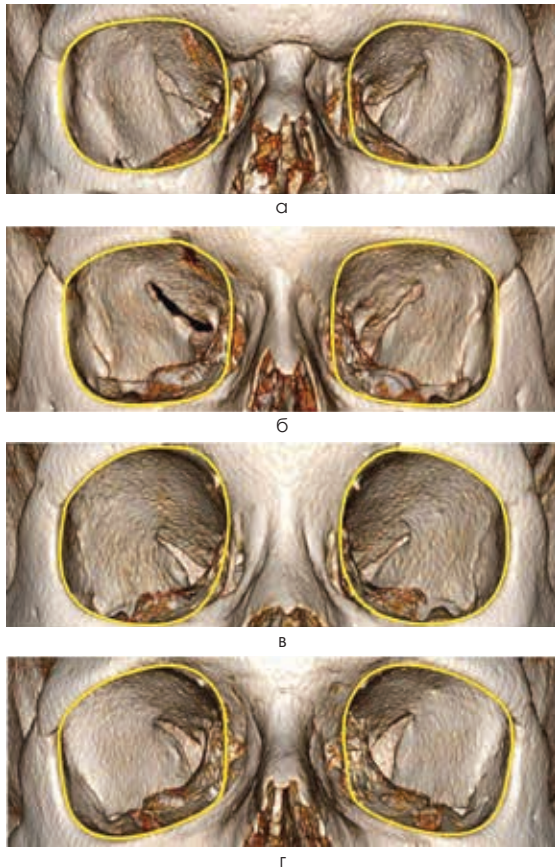


Рисунок 2. Формы входных отверстий глазниц: а – прямоугольная; б – квадратная; в – круглая; г – ромбическая

Анализ распределения форм входных отверстий глазниц показал, что как у мужчин, так и у женщин наиболее часто встречалась прямоугольная форма, выявленная примерно у 37–40% обследованных. Квадратная и округлая формы распределялись относительно равномерно, составляя в среднем 20–23% в обеих половых группах, тогда как ромбическая форма встречалась реже (около 18–19%). Существенных различий в распределении форм между правой и левой сторонами, а также между мужчинами и женщинами не отмечено, что указывает на выраженную симметрию и отсутствие полового диморфизма данного признака.

Схематическое представление распределения форм входных отверстий глазниц приведено на рис. 3.

В соответствии с применяемой в отечественной антропологии классификацией М.М. Герасимова, нами была проведена оценка контура глазничной камеры:

1. Замкнутая форма (европеоидная) – входное отверстие относительно уже камеры, нависающий край глазницы формирует впечатление глубоко посаженного глаза.
2. Открытая форма (монголоидная) – глазница расширена кпереди, глазное яблоко выступает более значительно.

У мужчин замкнутая форма определялась в 60,6% случаев ( $n = 91$ ), открытая – в 39,3% ( $n = 59$ ). У женщин замкнутая форма встречалась в 56,0% наблюдений ( $n = 84$ ), открытая – в 44,0% ( $n = 66$ ). Статистически значимых различий между полами не выявлено ( $p = 0,412$ ;  $\chi^2$ -критерий Пирсона). На заключительном этапе была выполнена оценка формы верхнеглазничного края. У мужчин наибо-

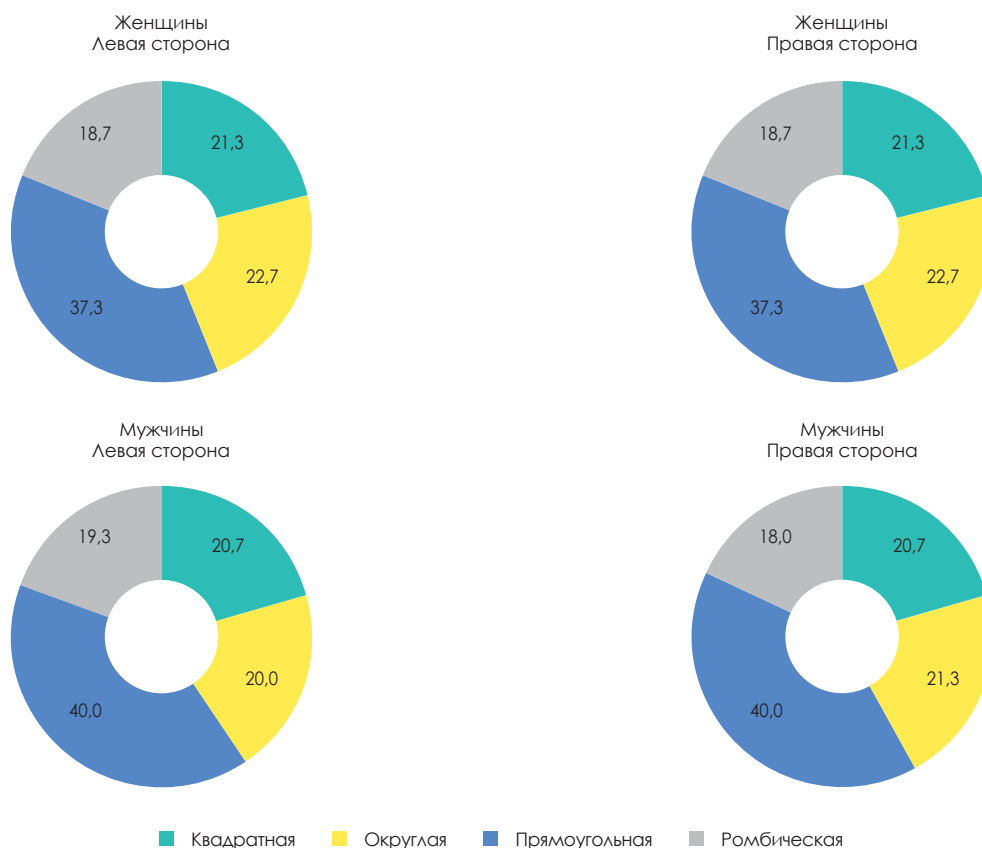


Рисунок 3. Результаты распределения форм входных отверстий глазниц в зависимости от пола и стороны, проценты

лее часто встречалась закругленная форма – 45,4% (n = 68), реже – притупленная (36,6%; n = 55), острая (15,3%; n = 23) и завернутая (2,7%; n = 4). У женщин распределение было сходным: закругленная и притупленная формы встречались одинаково часто (по 40,7%; n = 61), острая – в 18,0% (n = 27), завернутая – в 0,6% (n = 1). Межполовые различия статистически незначимы ( $p = 0,422$ ;  $\chi^2$ -критерий Пирсона). Полученные данные представлены в таблице 2.

**Таблица 2**  
Результаты оценки конфигурации глазничной камеры и формы верхнеглазничного края

Показатель	Категории	Пол		p
		Женщины, n (%)	Мужчины, n (%)	
Конфигурация глазничной камеры	Замкнутая	84 (56,0)	91 (60,6)	0,412
	Открытая	66 (44,0)	59 (39,3)	
Форма верхнего края глазницы	Завернутая	1 (0,6)	4 (2,7)	0,422
	Закругленная	61 (40,7)	68 (45,4)	
	Острая	27 (18,0)	23 (15,3)	
	Притупленная	61 (40,7)	55 (36,6)	

## Обсуждение

Настоящее исследование выполнено на выборке жителей Москвы, крупнейшего мегаполиса России, характеризующегося полиэтничностью и высокой миграционной динамикой, что делает полученные данные репрезентативными для многоэтнической урбанизированной популяции. В отличие от большинства зарубежных работ, проведенных преимущественно на одноэтнических выборках (M.O.A. Bhatti и др., 2025 [15], V. Kanjani и др. 2019 [13], A. Jeon и др., 2020 [17], или B.S. Ominde и др., 2022 [18]), наше исследование позволяет оценить морфологию глазниц в условиях этнической гетерогенности. Так, согласно данным Курбатовой О.Л. и соавт. (2021), русские составляют около 85–86% населения Москвы, при этом значительная доля приходится на украинцев, татар, армян, азербайджанцев, евреев, белорусов, грузин, узбеков и таджиков. Авторы отмечают тенденцию к увеличению доли выходцев из республик Средней Азии и Кавказа, что отражает возрастание миграционной интенсивности и диверсификацию этнического состава столичной популяции [19].

Полученные данные показали, что линейные размеры глазниц (высота и ширина) статистически не различаются между мужчинами и женщинами, в то время как высота ( $N-Gn$ ) и ширина лица ( $Zy-Zy$ ) достоверно больше у мужчин, что подтверждает выраженный половой диморфизм лицевых параметров, но не размеров глазниц. Для индекса глазницы слева выявлено статистически значимое различие ( $p = 0,037$ ), однако после поправки на множественные сравнения достоверность не сохранялась. Индекс правой глазницы не имел межполовых различий. Межглазничное расстояние оказалось достоверно больше у мужчин ( $p < 0,001$ ), что согласуется с общими закономерностями полового диморфизма лицевого скелета. Преобладал мегасемный тип глазниц (72–81%), а наиболее часто встречалась прямоугольная форма входного отверстия глазницы. Дополнительно

охарактеризованы углы инклинации и углы положения скуло-глазнично-верхнечелюстного комплекса, значимых межполовых различий по ним не выявлено. Корреляционный анализ подтвердил отсутствие связи между лицевым и глазничными индексами, что указывает на относительную автономность пропорций глазниц от общей конфигурации лица. Сравнение с опубликованными данными выявило как сходства, так и различия. Так, M.O.A. Bhatti и соавт. (2025) показали половые различия ширины правой глазницы и межскуловой дистанции при отсутствии различий по индексу глазницы и межглазничному расстоянию, тогда как в нашей выборке межглазничное расстояние достоверно больше у мужчин при отсутствии различий линейных размеров глазниц [15]. В исследовании S.M. Mani и соавт. (2020) большинство параметров глазниц было больше у мужчин, что контрастирует с нашими данными, демонстрирующими отсутствие полового диморфизма размеров глазниц [14]. По данным B.S. Ominde и соавт. (2022), мужчины имели большие значения высоты, ширины и межглазничного расстояния, а ведущим показателем половой принадлежности оказалась ширина левой глазницы; при этом сходным с нашими результатами является преобладание мегасемного типа и большее межглазничное расстояние у мужчин [18]. Исследование A. Prevost и соавт. (2023) показало отсутствие достоверных половых различий формы глазниц ( $p=0,07$ ), что согласуется с нашими результатами. Таким образом, выявленные расхождения между выборками разных стран могут объясняться как этнической спецификой, так и различиями в методологии измерений и определении анатомических ориентиров [22]. Эти данные согласуются с нашим выводом об отсутствии выраженного полового диморфизма в морфологии глазниц.

Применение алгоритмов искусственного интеллекта для классификации форм глазничной апертуры позволило пересмотреть процесс оценки и снизить межэкспертную вариабельность. Валидация показала высокий уровень согласованности между результатами автоматизированного анализа и ручной классификацией, что свидетельствует о высокой воспроизводимости метода. Таким образом, использование технологий искусственного интеллекта расширяет возможности цефалометрических исследований и обеспечивает дополнительный уровень объективности при цефалометрической оценке глазниц.

Определение формы глазничной апертуры показало преобладание прямоугольного варианта у обоих полов. Этот результат имеет практическое значение для реконструктивной хирургии, поскольку конфигурация глазничной апертуры определяет выбор и особенности хирургических доступов и оптимальное позиционирование имплантатов.

Значение морфометрических параметров глазницы выходит за рамки описания ее нормальной анатомии. Они критически важны при оценке патологических состояний, возникающих при травмах, врожденных аномалиях, опухолевом процессе и др. У пациентов с комплексными повреждениями костей средней зоны

лицевого скелета и глазницы первым этапом хирургического вмешательства должна быть выполнена стабилизация ее краев, что позволяет восстановить форму входного отверстия глазницы («орбитального кольца»). Лишь после этого выполняется реконструкция внутренних стенок глазницы. При этом для достижения полноценной анатомической симметрии и функционального результата необходимо опираться на точные морфометрические параметры контрлатеральной глазницы. Следовательно, практическая ценность полученных данных заключается в возможности их применения для планирования хирургических вмешательств у пациентов с тяжелыми травматическими повреждениями. Полученные данные подтверждают, что использование комплекса взаимодополняющих метрик позволяет объективно оценивать адекватность репозиции и может служить надежным инструментом для стандартизированной оценки результатов хирургического лечения переломов краев глазницы. Кроме того, морфометрические параметры используются при планировании реконструктивно-восстановительных вмешательств у пациентов с посттравматическими деформациями и дефектами средней зоны лицевого скелета и костей глазницы, с целью восстановления утраченных пропорций, конфигурации и симметрии, выбора оптимальных хирургических доступов и моделирования индивидуальных хирургических имплантатов, эндо- и экзопротезов. Наличие базовых цифровых параметров особенно важно в условиях многоэтнической популяции, поскольку использование усредненных зарубежных нормативов, полученных на одноэтнических выборках, может приводить к ошибкам в хирургическом планировании.

Кроме того, выявленные морфометрические характеристики могут быть использованы при разработке и совершенствовании навигационных систем, CAD/CAM-технологий и цифрового протезирования, а также в судебно-медицинской идентификации личности по костным останкам.

Ограничения данного исследования. К ограничениям настоящей работы относятся ее одноцентровый дизайн и ограниченный возрастной диапазон обследованных (18–45 лет), что не позволяет оценить возрастные изменения морфологии глазниц. Выбор именно этой возрастной группы (молодой возраст по классификации ВОЗ, 2025) обусловлен наибольшей частотой травматических повреждений данной локализации в указанном периоде жизни [6]. Дополнительным ограничением является отсутствие распределения пациентов по этническим группам, что может оказывать влияние на общую статистическую картину. Использование автоматизированного анализа изображений на основе алгоритмов искусственного интеллекта также требует дальнейшей валидации и стандартизации.

Перспективы дальнейших исследований. В будущем представляется целесообразным расширить исследуемую выборку за счет включения большего числа пациентов, в том числе старших возрастных групп, с распределением по этническим категориям. Важным направлением является создание эталонных цифровых

баз данных морфометрических параметров глазниц для мультицентрового использования, а также интеграция полученных данных в цифровые технологии хирургического планирования и моделирования. Перспективным представляется применение методов машинного обучения для автоматизированного анализа и классификации форм глазниц.

## Заключение

Проведенное исследование позволило охарактеризовать размеры и формы входных отверстий глазниц на репрезентативной выборке, что подчеркивает значимость трехмерного цефалометрического анализа. Полученные данные подтверждают, что параметры глазницы характеризуются высокой стабильностью и демонстрируют лишь минимальные проявления полового диморфизма, тогда как лицевые показатели более вариабельны. Впервые в отечественной литературе проведен совокупный 3D-цефалометрический анализ глазниц, включающий оценку линейных, угловых и морфотипологических параметров с использованием элементов автоматизированной классификации на основе искусственного интеллекта. Полученные данные восполняют существующий пробел, формируют базовые региональные морфометрические характеристики глазниц и могут быть использованы в реконструктивно-восстановительной хирургии, судебно-медицинской экспертизе и антропологии, а также при разработке навигационных систем и цифровых технологий хирургического планирования.

## Список литературы / References

1. Cornelius C.P., Probst F., Metzger M.C., Gooris P.J.J. Anatomy of the orbits: skeletal features and some notes on the periorbital lining. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2021;29(1):1–18. doi:10.1016/j.cxom.2020.10.001.
2. Dutton J.J. Osteology of the orbit. In: Dutton J.J., ed. *Atlas of Clinical and Surgical Orbital Anatomy*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier; 2025:15–30. doi:10.1016/B978-0-443-10942-3.00011-5.
3. Hanratty J., Perry M. The cheek and orbit: Part I. In: Perry M., ed. *Diseases and Injuries to the Head, Face and Neck*. Cham: Springer; 2021:757–789. doi:10.1007/978-3-030-53099-0\_15.
4. Chodankar N.U., Dhupar V., Vijay V., Fernandes N. Surgical anatomy in orbital fractures: a surgeon's perspective. *J Maxillofac Oral Surg.* 2024;23(3):462–474. doi:10.1007/s12663-023-02086-0.
5. Gooris P.J.J., Mourits M.P., Bergsma J.E., eds. *Surgery in and around the Orbit: CrossRoads*. Cham: Springer; 2023. doi:10.1007/978-3-031-40697-3.
6. Rocca F., Iocca O., Sobrero F., et al. World Oral and Maxillofacial Trauma (WORMAT) project: a multicenter, prospective analysis of epidemiology and patterns of maxillofacial trauma around the world. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2022;123(6):e849–e857. doi:10.1016/j.jormas.2022.05.004.
7. Бельченко В.А., Чантырь И.В. Ретроспективный анализ хирургического лечения взрослых пациентов с травмами и посттравматическими деформациями средней зоны лицевого скелета. *Стоматология для всех / International Dental Review.* 2024;107(2):4–11. doi:10.35556/idr-2024-2(107)4-11. Belchenko V.A., Chantyr I.V. Retrospektivny analiz khirurgicheskogo lecheniya vroslykh pacientov s travmami i posttravmaticheskimi deformatsiyami sredney zony litsevoogo skeleta [Retrospective analysis of surgical treatment of adult patients with midface trauma and post-traumatic deformities]. *Stomatologiya dlya vsekh / International Dental Review.* 2024;107(2):4–11. Russian. doi:10.35556/idr-2024-2(107)4-11.
8. Chen Y., Weber A., Chen C. Evidence-based medicine for midface/orbit/upper facial fracture repair. *Facial Plast Surg.* 2023;39(3):253–265. doi:10.1055/s-0043-1764290.
9. Khan Z., Nadeem G., Khan H., Khair A.M.B. An anatomical study of orbital dimensions and its utility in orbital reconstructive surgery. *Onkol Radioter.* 2021;15(3):1–9. Accessed February 27, 2025. Available from: <https://www.oncologyradiotherapy.com/articles/an-anatomical-study-of-orbital-dimensions-and-its-utility-in-orbital-reconstructive-surgery.pdf>.
10. Triantafyllou G., Batis G.G., Piagkou M., et al. Sex estimation through orbital measurements: a machine learning approach for forensic science. *Diagnostics (Basel).* 2024;14(24):2773. doi:10.3390/diagnostics14242773.

11. Yao K., Xie Y., Xia L., Wei S., Yu W., Shen G. Reliability of three-dimensional landmark-based craniomaxillofacial and airway cephalometric analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(14):2360. doi:10.3390/diagnostics13142360.
12. Patra A., Singla R.K., Mathur M., et al. Morphological and morphometric analysis of the orbital aperture and their correlation with age and gender: a retrospective digital radiographic study. *Cureus*. 2021;13(9):e17739. doi:10.7759/cureus.17739.
13. Kanjani V., Rani A., Kanjani D. Morphometric analysis of the orbital aperture in North Indian population: a retrospective digital forensic study. *Int J Appl Basic Med Res*. 2019;9(2):85–89. doi:10.4103/ijabmr.IJABMR\_404\_18.
14. Mani S., Ahamed Y.S., Ambiga P., Ramalingam V., Sivaraman G., Balan N. Evaluation of orbital morphometry using 3D computed tomographic images in biological sex determination: a retrospective study. *J Indian Acad Oral Med Radiol*. 2020;32(4):390–395. doi:10.4103/ijaomr.ijaomr\_152\_20.
15. Bhatti M.O.A., Parey M.U.R., Ali M.L., Shoro A.R., Alenazi A.A., Alruwaili R.A. Gender-based morphometric analysis of the human orbital aperture profile using 3D reconstruction computed tomography: a cross-sectional retrospective study. *J Clin Diagn Res*. 2025;19(1):NC09–NC11. doi:10.7860/JCDR/2025/76040.20509.
16. Давыдов Д.В., Павлова О.Ю., Серова Н.С. Новые методы анализа данных КТ у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями средней зоны лица. *Пластическая хирургия и эстетическая медицина*. 2020;(2):46–52. doi:10.17116/plast.hirurgia202002146. Davydov D.V., Pavlova O.Yu., Serova N.S. Novye metody analiza dannykh KT u patsientov s posttraumaticheskimi defektami i deformatsiyami srednei zony litsa [New methods for CT data analysis in patients with post-traumatic defects and deformations of the midface]. *Plast khir est med*. 2020;(2):46–52. Russian. doi:10.17116/plast.hirurgia202002146.
17. Jeon A., Lee U.Y., Kwak D.S., Lee J.H., Ra H., Han S.H. Aging of the bony orbit in East Asians: a three-dimensional computed tomographic study. *Surg Radiol Anat*. 2020;42(5):617–626. doi:10.1007/s00276-019-02410-9.
18. Ominde B.S., Iju W., Igbigbi P.S. Retrospective CT study on orbital dimensions and their role in sex determination. *Acta Scientific Anatomy*. 2022;1(4):2–12. Accessed February 27, 2025. Available from: <https://actascientific.com/ASAT/pdf/ASAT-01-0021.pdf>.
19. Курбатова О.Л., Грачева А.С., Победоносцева Е.Ю., Удина И.Г. Генетико-демографические параметры населения Москвы. Миграционные процессы. *Генетика*. 2021;57(12):1438–1449. doi:10.31857/S0016675821120080. Kurbatova O.L., Gracheva A.S., Pobedonostseva E.Yu., Udina I.G. Genetiko-demograficheskie parametry naseleniya Moskvy. Migratsionnye protsessy [Genetic and demographic parameters of the Moscow population. Migration processes]. *Genetika*. 2021;57(12):1438–1449. Russian. doi:10.31857/S0016675821120080.
20. El-Farouny R., Hassanien S., Azab R. Morphometric evaluation of piriform and orbital aperture in sex discrimination by using computed tomography in Egyptian population. *Egypt J Forensic Sci Appl Toxicol*. 2021;21(1):1–12. doi:10.21608/ejfsat.2021.54250.1182.
21. Lee M., Yoo J., Lee H. Objective analysis of orbital rim fracture CT images using curve and area measurement. *Sci Rep*. 2024;14:27925. doi:10.1038/s41598-024-76818-8.
22. Prévost A., Muller S., Lauwers F., Heuzé Y. Quantification of global orbital shape variation. *Clin Anat*. 2023;36(8):1066–1074. doi:10.1002/ca.24007.

Статья поступила / Received 01.11.2025  
 Получена после рецензирования / Revised 10.11.2025  
 Принята в печать / Accepted 13.11.2025

#### Информация об авторах

**Чантырь Иван Владимирович**<sup>1</sup> – заведующий отделением челюстно-лицевой хирургии; ведущий специалист организационно-методического отдела постоматологии и челюстно-лицевой хирургии  
 ORCID: 0000-0002-9337-855X. РИНЦ SPIN: 4421-1932.  
**Завгороднев Кирилл Дмитриевич**<sup>1,2</sup> – начальник Управления организации медицинской помощи по стоматологии; ассистент кафедры челюстно-лицевой хирургии и стоматологии  
 ORCID: 0009-0008-7330-2954. РИНЦ SPIN: 5344-2117.  
**Бельченко Виктор Алексеевич**<sup>1</sup> – д.м.н., профессор, главный внештатный специалист по челюстно-лицевой хирургии, заместитель главного врача по челюстно-лицевой хирургии  
 ORCID: 0000-0002-6459-1909. РИНЦ SPIN: 2029-0401  
**Мелоян Мери Татуловна**<sup>2</sup> – врач челюстно-лицевой хирург отделения челюстно-лицевой хирургии  
 E-mail: mery.meloyan.1999@mail.ru. ORCID: 0009-0003-6238-9840

<sup>1</sup> Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия  
<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, г. Москва, Россия

#### Контактная информация:

Мелоян Мери Татуловна. E-mail: mery.meloyan.1999@mail.ru

**Для цитирования:** Чантырь И.В., Завгороднев К.Д., Бельченко В.А., Мелоян М.Т. 3D-цефалометрический анализ размеров и форм входных отверстий глазниц: одноцентровое поперечное исследование. *Медицинский алфавит*. 2025;(30):104–112. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-30-104-112>

#### Author information

**Chantyr I.V.**<sup>1</sup> – Head of the Department of Oral & Maxillofacial Surgery; Leading Specialist of the Organizational and Methodological Department of the Dentistry and Maxillofacial Surgery  
 ORCID: 0000-0002-9337-855X  
**Zavgorodnev K.D.**<sup>1,2</sup> – Head of the Department for the Organization of Medical Care in Dentistry; Assistant at the Department of Maxillofacial Surgery and Dentistry  
 ORCID: 0009-0008-7330-2954  
**Belchenko V.A.**<sup>1</sup> – Doctor of Medical Sciences, Professor, Main specialist in Maxillofacial Surgery, Chief doctor  
 ORCID: 0000-0002-6459-1909  
**Meloyan M.T.**<sup>2</sup> – Maxillofacial surgeon, Department of Maxillofacial Surgery No. 2  
 ORCID: 0009-0003-6238-9840  
 E-mail: mery.meloyan.1999@mail.ru. ORCID: 0009-0003-6238-9840

<sup>1</sup> City Clinical Hospital No. 1 named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia  
<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

#### Contact information

Meri T. Meloian. E-mail: mery.meloyan.1999@mail.ru

**For citation:** Chantyr Ivan V., Zavgorodnev Kiril D., Belchenko Viktor A., Meloian Meri T. 3D cephalometric analysis of orbital aperture dimensions and shapes: a single-center cross-sectional study. *Medical alphabet*. 2025;(30):104–112. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2025-30-104-112>

