DOI: 10.37988/1811-153X_2026_2_142

А.С. Панкратов [1, 2],
д.м.н., профессор кафедры челюстно-лицевой хирургии; профессор кафедры общей и хирургической стоматологии
З.П. Гоциридзе [3],
врач отделения челюстно-лицевой хирургии
К.К. Аллахвердян [1],
ординатор кафедры челюстно-лицевой хирургии
О.Л. Головин [4],
к.э.н., директор Центра инновационной экономики

[1] Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, 119048, Москва, Россия
[2] РМАНПО, 125993, Москва, Россия
[3] Городская клиническая больница №1 им. Н.И. Пирогова, 119049, Москва, Россия
[4] Институт прикладных информационных технологий, 115409, Москва, Россия

Индивидуализированные имплантаты в лечении пациентов с переломами стенок орбиты: систематический обзор

Аннотация. Реконструкция стенок орбиты после ее повреждений — одна из наиболее сложных задач хирургии вследствие особенностей анатомического строения. **Цель работы** — оценить эффективность использования индивидуализированных имплантатов, изготовленных с помощью цифровых технологий, для решения данной проблемы. Проведен анализ литературы по базам данных РИНЦ, Medline (PubMed), Google Scholar. Использовались поисковые термины, отражающие понятия «переломы орбиты», «пациент-специфические имплантаты орбиты», «реконструкция стенок орбиты», «энофтальм», «гипофтальм», «диплопия», «индивидуальные имплантаты», «визуализация стенок орбиты». Имеющиеся в литературе данные доказывают, что применение пациент-специфических конструкций достоверно повышают точность позиционирования имплантата и сокращают продолжительность хирургического вмешательства. Тем не менее риск неадекватного расположения конструкции сохраняется, в связи с чем предлагаются различные способы его устранения. Влияние метода на отдаленные результаты лечения по сравнению со стандартными конструкциями объективно не подтверждено. В настоящее время нет достоверного обоснования для внедрения индивидуализированных имплантатов орбиты в широкую практику. Тем не менее имеющиеся результаты свидетельствуют о том, что технология имеет серьезные клинические перспективы, в связи с чем необходимо продолжение исследований, с целью сокращения ее финансовых и временных издержек.

Ключевые слова: переломы орбиты, пациент-специфические имплантаты, реконструкция орбиты, диплопия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Панкратов А.С., Гоциридзе З.П., Аллахвердян К.К., Головин О.Л. Индивидуализированные имплантаты в лечении пациентов с переломами стенок орбиты: систематический обзор. — *Клиническая стоматология*. — 2026; 29 (2): 142—149. DOI: 10.37988/1811-153X_2026_2_142

A.S. Pankratov [1, 2],
Doctor of Science in Medicine, professor of the Maxillofacial surgery Department; professor of the General and surgical dentistry Department
Z.P. Gotsiridze [3],
surgeon at the Maxillofacial surgery ward
K.K. Allahverdyan [1],
clinical resident at the Maxillofacial surgery Department
O.L. Golovin [4],
PhD in Economic Sciences, director of the Center for Innovative Economics

[1] Sechenov University, 119048, Moscow, Russia
[2] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, 125993, Moscow, Russia
[3] The City Clinical Hospital No. 1, 119049, Moscow, Russia
[4] Institute of Applied Information Technologies, 115409, Moscow, Russia

Individualized implants in the treatment of patients with fractures of the orbital walls: A systematic review

Annotation. Reconstruction of the walls of the orbit after its damage is one of the most difficult tasks of surgery, due to the peculiarities of its structure. **The aim of the work** is to evaluate the effectiveness of using customized implants manufactured using digital technologies to solve this problem. An analysis of the literature on the databases of RSCI, Medline (PubMed), Google Scholar was carried out. Search terms reflecting the concepts of "orbital fractures", "patient-specific orbital implants", "reconstruction of the orbital walls", "enophthalmos", "hypophthalmos", "diplopia", "individual implants", "visualization of the orbital walls" were used. The data available in the literature prove that the use of patient-specific designs significantly increase the accuracy of implant positioning and shorten the duration of surgical intervention. Nevertheless, the risk of an inadequate arrangement of the structure remains, and therefore, various ways to eliminate it are proposed. The effect of the method on long-term treatment outcomes, compared with standard designs, has not been objectively confirmed. Currently, there is no reliable justification for the introduction of individualized orbit implants into widespread practice. Nevertheless, the available results indicate that the technology has serious clinical prospects, and therefore it is necessary to continue research in order to reduce its financial and time costs.

Key words: orbital fractures, patient-specific implants, orbital reconstruction, diplopia

FOR CITATION:

Pankratov A.S., Gotsiridze Z.P., Allahverdyan K.K., Golovin O.L. Individualized implants in the treatment of patients with fractures of the orbital walls: A systematic review. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2026; 29 (2): 142—149 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X_2026_2_142

ВВЕДЕНИЕ

Переломы стенок орбиты — распространенный вид повреждений костей лицевого скелета, составляя, по данным разных авторов, от 15 до 70% в их общей структуре [1—7]. В последние годы наблюдается рост их удельного веса [8—11], что некоторые авторы связывают с распространением новых видов скоростного транспорта, например электровелосипедов. Общая сумма расходов на лечение при данном виде травмы, например в США, за 10 лет превысила 2 млрд долларов, что говорит о социально-экономической значимости проблемы [8]. У этой категории пациентов может развиваться широкий спектр осложнений как функционального, так и эстетического характера. Наиболее распространенными являются диплопия, гипо- и энофтальм, ограничение подвижности глазного яблока, невропатии подглазничного нерва и т.д. Для предотвращения их возникновения необходима активная хирургическая тактика, в целях реконструкции стенок орбиты на ранние сроки после повреждения. Как отмечают В.П. Николаенко, Ю.С. Астахов (2012), чаще всего повреждаются нижняя и медиальная стенки орбиты, имеющие наиболее тонкие стенки. В первом случае содержимое орбиты смещается в верхнечелюстную пазуху, во втором — в стенки решетчатого лабиринта, что связано с высоким риском развития орбитальной эмфиземы и внутрисинусовой гематомы.

В то же время реконструктивные вмешательства на орбите представляют собой очень сложную задачу в связи с тем, что операционное поле узкое и глубокое, а переломы зачастую сопровождаются образованием дефектов, имеющих сложную конфигурацию, обширную площадь поражения и распространяющихся на несколько стенок одновременно. Традиционный хирургический метод лечения больных с этим видом травмы состоит в визуализации области повреждения, интраоперационном вырезании двухмерного имплантата, соответствующего области образовавшегося дефекта и его адаптации к подлежащей костной поверхности. Однако недостаточно точное позиционирование имплантата или его вторичное смещение под действием глазодвигательных мышц может привести к развитию целого ряда осложнений, возникновению или ухудшению имеющихся диплопии, гипо- и энофтальма, нарушений остроты зрения вплоть до его полной потери [12]. По данным F. Schlittler и соавт. (2018), в 23% случаев послеоперационное положение имплантата расценивается как плохое [13]. Распространенной практикой является ревизионная хирургия, частота проведения которой после первичной реконструкции орбиты составляет, по данным литературы, от 2% до 18% [14].

Возможным решением данной проблемы может стать использование индивидуализированных конструкций, создаваемых путем применения цифровых технологий на предоперационном этапе. Попытки изготовления индивидуальных имплантатов, специфических для данного конкретного пациента (PSI), на основе расчетов данных компьютерных томограмм предпринимались уже с начала текущего столетия (Metzger M.C. и соавт., 2006; Scolozzi P. и соавт., 2009; Kozakiewicz M. и соавт., 2011). В то же время острая травма характеризуется многообразием различных вариантов повреждения и клинических ситуаций, где в каждом конкретном случае необходимо проведение неотложных лечебных мероприятий. Соответственно, цель настоящей работы — оценка эффективности применения индивидуализированных имплантатов для реконструкции стенок орбиты при переломах, на основании анализа данных современной медицинской литературы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ литературы по базам данных РИНЦ, Medline (PubMed), Google Scholar за последние 15 лет, с 2010 по 2025 г. Использовали поисковые термины, отражающие понятия «переломы стенок орбиты», «пациент-специфические имплантаты орбиты», «реконструкция орбиты», «энофтальм», «гипофтальм», «диплопия», «индивидуальные имплантаты», «визуализация стенок орбиты». Применяли булевы операторы и/или. Дополнительно проводили перекрестный анализ ссылок. Анализировали источники на русском и английском языках.

Рассматривали клинические рандомизированные контролируемые испытания, проспективные и ретроспективные когортные исследования и серии наблюдений. В работу включали публикации, посвященные вопросам изготовления индивидуализированных имплантатов для реконструкции стенок орбиты при переломах, их клинического применения, оценки полученных результатов, осложнений. Статьи, не удовлетворяющие указанным требованиям, исключали.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После исключения дублирующих работ и статей, не удовлетворяющих критериям поиска, было отобрано 65 источников, наиболее полно, по мнению авторов, отражающих современное состояние вопроса. В результате проведенного анализа, выявлены следующие ключевые моменты, касающиеся клинического применения индивидуализированных имплантатов орбиты.

Вопросы разработки индивидуализированных имплантатов и обоснование их применения у пациентов с повреждениями стенок орбиты

По сообщению M. Blumer и соавт. (2021), использование пациент-специфических конструкций при реконструкции орбиты гарантирует заранее спланированную трехмерную анатомическую форму со средней хирургической погрешностью всего 0,6 мм [15]. Таким образом, можно гарантировать восстановление сложной трехмерной анатомической формы также при значительных по протяженности переломах орбиты с низкой средней хирургической ошибкой. Это коррелирует с данными E.T. Walker и соавт. (2022), показавших, что разница в объеме орбит<0,5 см³ у женщин и<0,6 см³ у мужчин соответствует физиологическим вариациям, а следовательно, является разумной целью хирургического лечения [16].

Помимо титана [17—19], для изготовления индивидуализированных имплантатов при восстановлении стенок орбиты использовались полиэтилен ультравысокого молекулярного веса [20, 21], PEEK (полиэфирэфиркетон) [22, 23], полидиаксанон [24], композиции полиуретана с включением наночастиц золота и гидроксиапатита [25], полилактиды с гидроксиапатитом [26], керамика [27], бесклеточный дермальный матрикс [28]. В качестве ориентира при их изготовлении обычно использовались параметры противоположной неповрежденной стороны, поскольку различия по объему и контурам между правой и левой орбиты незначительны [29]. R. Schreurs и соавт. (2022) [30], A.J. Chen и соавт. (2020) [20], R. Falkhausen и соавт. (2021) [27] использовали данные имплантаты при выполнении повторных операций, связанных с неудачным проведением первичной реконструкции орбиты традиционным способом.

Основным недостатком имплантатов, специфичных для конкретного пациента, изготавливаемых промышленным путем, является их высокая стоимость, которая колеблется от 1,5 до 6 тыс. евро [37]. Однако, по мнению ряда авторов, это компенсируется высокой точностью соответствия восстанавливаемым анатомическим структурам при комбинированных многостенных переломах, в том числе сочетающихся с повреждениями скуловой и лобной костей [23, 24, 31—35]. Другим отрицательным фактором, имеющим особое значение при лечении пациентов в остром периоде травмы, является длительность изготовления соответствующих индивидуальных конструкций. P. Korn и соавт. (2022) сообщают, что среднее время, затрачиваемое на общение хирурга и техника из индустриальной компании, в течение виртуального планирования конструкции имплантата, занимает 9 дней при переломе, ограниченном одной стенкой орбиты, и доходит до 16 суток при поражении нескольких стенок. Авторы полагают, что данный срок может быть существенно сокращен, за счет специального обучения инженеров [36]. По данным J.F. Sabelis и соавт. (2022), этот процесс может занимать 3—5 рабочих дня [31].

«Золотым стандартом» измерения объема орбиты и, соответственно, размеров и дизайна создаваемого для его восстановления индивидуального имплантата в клинических условиях признается метод ручной сегментации по принципу «срез за срезом» [37]. При этом вручную устанавливается желаемая граница орбиты, соответствующая ее нормальному объему. Этот метод достаточно трудоемкий, требующий много времени для его проведения [38], зависит от исполнителя, что может привести к расхождениям [39]. Для устранения данного недостатка предложено компьютерное обеспечение, позволяющее автоматизировать процесс. J. Jansen и соавт. (2016) исследовали программу iPlan для обработки DICOM-файлов [39]. По их данным, отмечалось завышение значений объема орбиты за счет включения костных структур, воздуха в области клеток решетчатого лабиринта, нижней глазничной щели. Разница по сравнению с методом ручной сегментации была довольно значительной — 0,49 см³. В полуавтоматическом режиме, при котором вычленялись костные структуры (+400 HU и более) и воздух (–600 HU и менее), разница была равна 0,24 см³, при средней продолжительности 146 секунд, что более соответствует потребностям клиницистов. Искажения локализовались в области нижней глазничной щели. M.E. Wagner и соавт. (2016) использовали метод, при котором вначале регистрировался объем дефекта, а затем вычленялся из модели орбиты [40]. На основе полученных данных производилось виртуальное планирование имплантируемой конструкции. Y. Chepurnyi и соавт. (2022) использовали для изготовления PSI-имплантатов автоматизированное программное обеспечение Disior Bonelogic, основанное на зеркальном отображении неповрежденной стороны [38]. Разница объемов интактной и реконструированной орбит при этом составила –3,3±3,5%, что было практически идентично группе, где использовался метод ручной сегментации (3,25±2,5%), притом что время, затрачиваемое для изготовления имплантата не превышало 3 дней. Авторы отмечают однако, что метод не применим при двусторонних повреждениях орбиты, имеет ограниченные показания при тотальных и субтотальных дефектах нижней и/или медиальной стенок, из-за высокого риска неправильного позиционирования имплантата, а также при сопутствующих переломах других костей средней зоны лица, сопровождающихся дислокацией отломков.

G.R. Sigron и соавт. (2021) предлагают оптимизировать процесс изготовления индивидуальных конструкций за счет приобретения клиникой собственного 3D-принтера начального уровня, стоимость которого значительно ниже по сравнению с профессиональными [41]. С его помощью можно печатать стереолитографические модели с достаточно высокой точностью соответствия анатомическим структурам пациента. Ориентируясь на данные модели, при планировании операции врач сможет вручную изготовить имплантат требуемых размеров и формы, вырезая его из стандартных заготовок. Таким образом, весь процесс подготовки к хирургическому вмешательству может быть сокращен до 2 часов. Продолжительность операции, выполненной с использованием такого предварительно смоделированного по модели имплантата, в среднем занимает 58,9 минут, в то время как при использовании традиционной хирургической техники — 94,8 минут. Аналогичные сведения приводят W.J. Weadock и соавт. (2020), у которых соответствующие средние значения составили 48,3 против 93,3 минуты [42]. По данным S.S. Prabhu и соавт. (2021), в этом случае стоимость производственного процесса в среднем занимает всего 131 доллар, включая собственно работу и материалы [43].

M. Longeac и соавт. (2020) сообщают, что при хирургическом лечении пациентов с переломами скулоорбитального комплекса среднее отклонение в объеме орбиты по сравнению с интактной стороной составило 0,4 см³ при использовании пластин, предварительно изогнутых по стереолитографической модели и 2,1 см³ в группе сравнения, где использовалась традиционная техника [44]. Отклонение в положении скуловой кости составило 0,1 и 0,2 см соответственно. E.B. Strong и соавт. (2013) проводили сравнительные исследования

индивидуальных имплантатов орбиты: полученных промышленным способом; имплантатов, предварительно сформированных вручную по стереолитографической модели; и конструкций, формирование которых осуществлялось во время операции по традиционной методике [45]. Первые из них имели наиболее высокую точность позиционирования, но и самую большую стоимость. Наименьшее количество финансовых затрат требовали имплантаты, адаптированные к области дефекта по традиционной хирургической технике интраоперационно. Но и точность их расположения также была наиболее низкой. Имплантаты, сформированные по стереолитографической модели, имели точность позиционирования, сопоставимую с промышленно изготовленными конструкциями, обладая при этом приемлемой стоимостью, занимавшей промежуточное положение между двумя другими группами. Сходные данные приводят и другие авторы, занимавшиеся хирургическим лечением больных с переломами костей средней зоны лица [46—53]. A. Lassausaie и соавт. (2020) считают, что оснащение медицинского учреждения собственным 3D-принтером позволит получать хороший легко воспроизводимый клинический результат при хирургическом лечении пациентов с переломами костей скулоорбитального комплекса, даже если в клинике соответствующие операции не выполняются на регулярной основе [54].

Пути повышения клинической эффективности применения индивидуализированных имплантатов при повреждениях орбиты

Ряд авторов отмечает [18, 55—57], что даже при использовании специфических для пациента имплантатов наблюдаются случаи их неправильного позиционирования, в связи с чем предлагают дополнительно использовать системы навигации, впервые примененные при повреждении орбиты еще N.C. Gellrich и соавт. (2002) [58], использовавших зеркальное отображение противоположной стороны и назубную шину в качестве маркера. Навигационная точность для орбиты при использовании различных методов регистрации колебалась в диапазоне 0,6—1,1 мм со средним значением 1 мм [59], что предполагает достаточно высокую степень достоверности для клинической практики.

Наибольшую эффективность навигационные системы показали при замещении субтотальных дефектов дна и комбинированных дефектов дна и медиальной стенки орбиты [26, 60, 61]. По данным трехмерного цефалометрического анализа у здоровых добровольцев различия между правой и левой стороной верхней и средней трети лицевого черепа в среднем составляет 2,8±0,73 мм. При использовании интраоперационной навигации при переломах, сопровождающихся повреждениями костей скулоорбитального комплекса, этот показатель составил 2,47±0,81 мм, т.е. не отличался от нормы. В группе сравнения, где навигация не использовалась, результат был равен 3,37±0,83 мм, что свидетельствует о недостаточной точности хирургической реконструкции [57]. T. Jiang и соавт. (2023) полагают, что интраоперационная навигация наряду с виртуальным хирургическим планированием должна стать обязательным элементом коррекции черепно-лицевых переломов [62]. В настоящее время предложены усовершенствованные системы, позволяющие фиксировать все движения головы пациента во время операции, без ущерба для регистрации анатомических структур [30]. Тем не менее, по данным E. Raveggi и соавт. (2023), в 12 из 73 случаев положение имплантатов расценивалось как плохое, несмотря на применение систем интраоперационной навигации [63].

Другой способ интраоперационной визуализации — использование портативных аппаратов КТ-диагностики [30, 31, 64]. Разные авторы сообщают, что благодаря данному методу контроля потребовалось изменить положение имплантатов орбиты, изготовленных по технологии быстрого прототипирования, в 22,7—27% случаев, позволив, таким образом, избежать необходимости в повторной операции [65—67]. P.K.N. Baraúna и соавт. (2024) полагает, что интраоперационная компьютерная томография особенно показана в случаях переломов костей скулоорбитального комплекса, требующих реконструкции дна орбиты, при смещении отломков вокруг 2 и более осей, на 5 мм и более. Дополнительное облучение, которому подвергается пациент, в этом случае полностью компенсируется прецизионной точностью расположения восстановительной конструкции [68].

Для лучшей визуализации положения имплантата в задних отделах орбиты предлагается использовать эндоскопическое ассистирование [69, 70] либо экзоскоп — устройство, позволяющее непрерывно визуализировать место операции на большом 3D-мониторе в режиме реального времени [71].

Данные методики, однако, приводят к значительному удорожанию процесса лечения и выполнимы на сегодняшний день лишь в ограниченном количестве клиник. Но и при соблюдении данных требований A.N. Zeller и соавт. (2021) считают, что неправильное положение индивидуально изготовленного имплантата все равно может иметь место, даже несмотря на применение систем хирургической навигации и компьютерной визуализации. В связи с этим они предлагают проводить так называемую функционализацию имплантата, обеспечивающую его самоцентрирование. Для реализации данной цели в конструкцию включали дополнительные элементы: навигационные дорожки, боковые фланцы — так называемые стабилизаторы, обеспечивающие фиксированное положение имплантата по отношению к стенкам орбиты [72]. Настоящую концепцию разделяют G. Xu и соавт. (2022), добивавшиеся точного положения имплантата, сформированного по стереолитографической модели пациента, с помощью специальных «направляющих пластин» [73].

Влияние установки индивидуализированных конструкций на окончательный результат лечения расценивается неоднозначно. По данным R. Zieliński и соавт. (2017), значимых различий при оценке функциональных показателей в послеоперационном периоде между имплантатами, установленными по стандартной методике, и индивидуальными, специфичными для

конкретного пациента не выявлено. В первом случае, однако, требовалась более длительная адаптация к подлежащей костной поверхности и отмечалась большая степень кровотечения [74]. Аналогичное заключение делают и другие авторы [75, 76]. Y. Chepurnyi и соавт. (2022) отмечают, что, несмотря на отсутствие случаев неправильного позиционирования пациент-специфических имплантатов, диплопия в исследуемых группах составляла 11—13% [38].

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ приведенных в настоящей работе данных литературы позволяет считать доказанным, что использование индивидуализированных имплантатов достоверно повышает точность реконструкции орбиты при повреждении ее стенок и сокращает продолжительность оперативного вмешательства. Учитывая, что наиболее частым показанием к проведению ревизионной хирургии орбиты является неудовлетворительное положение имплантата [14], применение пациент-специфических конструкций предполагает радикальное снижение частоты осложнений, требующих проведения повторных хирургических вмешательств. В то же время сохраняется возможность неправильного позиционирования имплантата, как стандартного, так и индивидуализированного, в связи с чем предлагаются методы интраоперационных навигации [18, 26, 55—57, 60—62], компьютерной томографии [30, 31, 64—68], эндо- или экзоскопического ассистирования [69—71]. Однако эти методы значительно увеличивают стоимость лечения и в настоящее время большинству клиник недоступны, кроме того, они имеют свои ограничения. Так, например, R. Schreurs и соавт. (2022), указывали, «хотя интраоперационная навигация уже может предоставить относительно точную информацию о положении материала для остеосинтеза и репозиции костных фрагментов, она не может полностью заменить рентгенологическое исследование, поскольку навигация никогда не позволяет визуализировать всю область целиком» [30]. В связи с этим наиболее перспективным представляется использование «самоцентрирующихся» имплантатов [72, 73] и репонирующих шаблонов, но в литературе имеются лишь единичные исследования, посвященные изучению эффективности их клинического применения.

Другими довольно существенными ограничениями, препятствующими внедрению пациент-специфических конструкций, являются их высокая стоимость и длительность изготовления, что крайне нежелательно в условиях острой травмы. Приобретение клиниками собственных 3D-принтеров позволяет создавать стереолитографические модели, на которых возможно вручную осуществлять адаптацию фиксирующих пластин и имплантатов к конкретным анатомическим структурам в зоне повреждения, что значительно снижает финансовые и временные затраты. В ряде случаев результаты применения таких конструкций оказались сопоставимы с использованием пациент-специфических имплантатов, изготовленных в промышленных условиях [41—54]. 3D-печатные стереолитографические модели поврежденных орбит также оказались эффективными в образовательном процессе, при подготовке врачей-специалистов [77]. Тем не менее данная методика решает проблему лишь частично, поскольку во многих клинических ситуациях для адекватного восстановления объема орбиты, когда происходит образование значительных по площади и сложных по конфигурации костных дефектов, требуется проведение точных расчетов, что обеспечивает только соответствующее программное обеспечение. Имплантаты, адаптированные вручную к стереолитографической модели, хотя и способствуют снижению времени собственно хирургического вмешательства по сравнению со стандартными конструкциями, адаптируемыми к краям дефекта интраоперационно, практически от них не отличаются и, соответственно, не могут считаться пациент-специфическими. Очевидно, требуется совершенствование компьютерных программ, позволяющих проводить быструю автоматизированную реконструкцию орбиты без завышения или занижения ее объема, не зависимых от исполнителя. Пока возможности цифровых технологий при двусторонних повреждениях орбит, переломах верхней челюсти, скуловой кости, назоорбитально-этмоидального комплекса, сопровождающихся дислокацией отломков, ограничены.

В настоящее время нет доказательной базы, достоверно обосновывающей преимущества индивидуализированных имплантатов по сравнению с традиционной хирургической техникой на отдаленные сроки лечения [78, 79]. A. Murray-Douglass и соавт. (2022). отмечают: хотя трехмерная печать является безопасным, точным и эффективным дополнением при хирургическом восстановлении орбиты, функциональная результативность лечения с ее использованием пока остается неясной, что требует проведения специальных контролируемых исследований [80]. Точная реконструкция орбиты не всегда может гарантировать полное офтальмологическое восстановление [76]. Возможно, ожидания от анатомически ориентированного подхода в лечении данной категории пациентов оказываются слишком завышенными, в то время как факторы, связанные с мягкими тканями, остаются недооцененными [38]. S. Kotecha и соавт. (2023) делают вывод, что на сегодняшний день выбор метода остается на усмотрение хирурга [79].

В то же время D. Hughes и соавт. (2023) сообщают, что у больных с остаточной диплопией степень ее выраженности, согласно тесту с полосатыми стеклами, уменьшается по сравнению с тем, какой она была до операции [81]. Y.A. Choi и соавт. (2024) пришли к аналогичному выводу на основании определения коэффициента площади Гесса [82]. Отсюда следует вывод о том, что адекватную реконструкцию стенок орбиты в любом случае следует расценивать как необходимый этап устранения функциональных нарушений, обусловленных ее повреждениями.

В публикациях последних лет появляются высказывания о рождении точной, персонализированной глазно-лицевой хирургии как нового этапа адаптации медицинской помощи к каждому конкретному пациенту [20]. Соответственно, ее важнейшими составляющими

являются индивидуализированные имплантаты орбиты. Однако на текущий момент все еще нет достаточных оснований рекомендовать эти конструкции в повсеместную клиническую практику. Тем не менее накопленный опыт их применения дает обнадеживающие результаты в плане уменьшения операционной нагрузки на пациента и вероятном уменьшении необходимости в проведении ревизионных хирургических вмешательств. Это требует продолжения исследовательской работы, в соответствии с выделенными в настоящем обзоре направлениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование индивидуализированных имплантатов орбиты при лечении пациентов с переломами ее стенок достоверно снижает продолжительность оперативного вмешательства и с высокой степенью вероятности может способствовать снижению частоты осложнений, связанных с неадекватным позиционированием конструкции. Риск неправильного расположения имплантата, однако, остается, в связи с чем для его исключения рекомендуются дополнительные способы интраоперационной визуализации. Это приводит к дополнительному удорожанию стоимости технологии, которая, на сегодняшний день остается высокой, что ограничивает ее внедрение в широкую клиническую практику наряду с длительностью самого производственного процесса. Объективно пока не подтверждено влияние установки пациент-специфических имплантатов орбиты на отдаленные клинические результаты. Тем не менее применение данных конструкций имеет серьезные клинические перспективы, в связи с чем необходимо продолжение исследовательских работ в целях сокращения финансовых и временных издержек данной технологии.

Поступила/Received: 25.12.2025
Принята в печать/Accepted: 27.04.2026

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES:

1. **Colangeli W., Ferragina F., Kallaverja E., Celano C., Cristofaro M.G.** Orbital fractures treated in a university hospital of southern Italy: epidemiology, outcomes and prognostic factors resulting from 538 retrospectively analyzed cases. — *Oral Maxillofac Surg*. — 2024; 28 (3): 1219—1225. PMID: 38556588
2. **Cabalag M.S., Wasiak J., Andrew N.E., Tang J., Kirby J.C., Morgan D.J.** Epidemiology and management of maxillofacial fractures in an Australian trauma centre. — *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. — 2014; 67 (2): 183—9. PMID: 24200703
3. **Marchini L., Allareddy V.** Epidemiology of facial fractures among older adults: A retrospective analysis of a nationwide emergency department database. — *Dent Traumatol*. — 2019; 35 (2): 109—114. PMID: 30548143
4. **Abosadegh M.M., Saddki N., Al-Tayar B., Rahman S.A.** Epidemiology of maxillofacial fractures at a teaching hospital in Malaysia: A retrospective study. — *Biomed Res Int*. — 2019; 2019: 9024763. PMID: 30895196
5. **Tsur N., Kotovich D., Dudkiewicz D., Talmy T., Radomislensky I., Givon A., Israel Trauma Group, Benov A., Arbel Y., Rittblat M., Shapira S.** Epidemiology of maxillofacial injuries in the Swords of Iron War: Insights from a national registry. — *Dent Traumatol*. — 2026; 42 (1): 71—78. PMID: 40511910
6. **Spallaccia F., Vellone V., Colangeli W., De Tomaso S.** Maxillofacial fractures in the province of Terni (Umbria, Italy) in the last 11 years: Impact of COVID-19 pandemic. — *J Craniofac Surg*. — 2022; 33 (8): e853—e858. PMID: 35882250
7. **De Ravin E., Xu K., Fritz C., Parhar H.S., Rajasekaran K.** Isolated traumatic orbital floor fracture: An analysis of the National Trauma Data Bank. — *World J Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. — 2024; 10 (3): 187—192. PMID: 39233864
8. **Iftikhar M., Canner J.K., Hall L., Ahmad M., Srikumaran D., Woreta F.A.** Characteristics of orbital floor fractures in the United States from 2006 to 2017. — *Ophthalmology*. — 2021; 128 (3): 463—470. PMID: 32659309
9. **Lin Y.C., Yim C.K., Wu A.Y., Hwang D.K.** Orbital floor fractures in Taiwan: A 10-year nationwide population-based study. — *Taiwan J Ophthalmol*. — 2023; 13 (2): 203—209. PMID: 37484620
10. **van der Meeren S.W., Brand L.S., Zamanipoor Najafabadi A., Kalmann R., van Vugt L., Brink L., Notting I.C.** Changes in the etiology of orbital fractures over 2011—2022: the role of age and electric bicycles. — *Orbit*. — 2025; 44 (6): 783—788. PMID: 40531603
11. **Park C.H., Chung K.J., Kim T.G., Lee J.H., Kim I.K., Kim Y.H.** Big data statistical analysis of facial fractures in Korea. — *J Korean Med Sci*. — 2020; 35 (7): e57. PMID: 32080989
12. **Kang S., Kwon J., Ahn C.J., Esmaeli B., Kim G.B., Kim N., Sa H.S.** Generation of customized orbital implant templates using 3-dimensional printing for orbital wall reconstruction. — *Eye (Lond)*. — 2018; 32 (12): 1864—1870. PMID: 30154573
13. **Schlittler F., Schmidli A., Wagner F., Michel C., Mottini M., Lieger O.** What is the incidence of implant malpositioning and revision surgery after orbital repair? —*J Oral Maxillofac Surg*. — 2018; 76 (1): 146—153. PMID: 28916325
14. **Nikunen M., Rajantie H., Marttila E., Snäll J.** Implant malposition and revision surgery in primary orbital fracture reconstructions. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2021; 49 (9): 837—844. PMID: 33985870
15. **Blumer M., Essig H., Steigmiller K., Wagner M.E., Gander T.** Surgical outcomes of orbital fracture reconstruction using patient-specific implants. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 79 (6): 1302—1312. PMID: 33524325
16. **Walker E.T., Lightfoot E., Walshaw E.G., Taylor R., Douglas J., Carter L.M., Parmar J.D.** Quantitative assessment of bony orbital volume symmetry: CT analysis in the uninjured caucasian population. — *Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2022; 60 (7): 945—950. PMID: 35307274
17. **Goodson A.M.C., Parmar S., Ganesh S., Zakai D., Shafi A., Wicks C., O'Connor R., Yeung E., Khalid F., Tahim A., Gowrishankar S., Hills A., Williams E.M.** Printed titanium implants in UK craniomaxillofacial surgery. Part I: access to digital planning and perceived scope for use in common procedures. — *Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 59 (3): 312—319. PMID: 33280946
18. **Bachelet J.T., Cordier G., Porcheray M., Bourlet J., Gleizal A., Foletti J.M.** Orbital reconstruction by patient-specific implant printed in porous titanium: a retrospective case series of 12 patients. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2018; 76 (10): 2161—2167. PMID: 29738747
19. **Kormi E., Männistö V., Lusila N., Naukkarinen H., Suojanen J.** Accuracy of patient-specific meshes as a reconstruction of orbital floor blow-out fractures. — *J Craniofac Surg*. — 2021; 32 (2): e116—e119. PMID: 33705044
20. **Chen A.J., Chung N.N., Liu C.Y., MacIntosh P.W., Korn B.S., Kikkawa D.O.** Precision in oculofacial surgery: Made-to-specification cast-molded implants in orbital reconstruction. — *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. — 2020; 36 (3): 268—271. PMID: 31789791
21. **Pang S.S.Y., Fang C., Chan J.Y.W.** Application of three-dimensional printing technology in orbital floor fracture reconstruction. — *Trauma Case Rep*. — 2018; 17: 23—28. PMID: 30310843
22. **Chepurnyi Y., Chernogorskyi D., Kopchak A., Petrenko O.** Clinical efficacy of peek patient-specific implants in orbital reconstruction. — *J Oral Biol Craniofac Res*. — 2020; 10 (2): 49—53. PMID: 32099771

23. **Yang M., Wu Z., Yu H., Cheng J.** Reconstruction for diverse fronto-orbital defects with computer-assisted designed and computer-assisted manufactured PEEK implants in one-stage operation: Case reports. — *Medicine (Baltimore)*. — 2021; 100 (40): e27452. PMID: 34622866
24. **Wilkat M., Hufendiek K., Karahisarlioglu M., Borrelli M., Sproll C., Rana M.** Prospective evaluation of two wall orbital fractures involving the medial orbital wall: PSI reconstruction versus PDS repair — worth the effort? —*J Pers Med*. — 2022; 12 (9): 1389. PMID: 36143174
25. **Deng Y., Yang B., Zhang F., Liu Y., Sun J., Zhang S., Zhao Y., Yuan H., Leng J.** 4D printed orbital stent for the treatment of enophthalmic invagination. — *Biomaterials*. — 2022; 291: 121886. PMID: 36356472
26. **Dong Q.N., Karino M., Koike T., Ide T., Okuma S., Kaneko I., Osako R., Kanno T.** Navigation-assisted isolated medial orbital wall fracture reconstruction using an U-HA/PLLA sheet via a transcaruncular approach. — *J Invest Surg*. — 2020; 33 (7): 644—652. PMID: 30644798
27. **Falkhausen R., Mitsimponas K., Adler W., Brand M., von Wilmowsky C.** Clinical outcome of patients with orbital fractures treated with patient specific CAD/CAM ceramic implants — A retrospective study. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2021; 49 (6): 468—479. PMID: 33715966
28. **Park T.H.** Orbitalization of ethmoidal sinus with stacked cross-linked acellular dermal matrix: A new strategy to reconstruct medial orbital wall fracture. — *J Craniofac Surg*. — 2023; 34 (8): 2288—2290. PMID: 37394699
29. **Jansen J., Dubois L., Schreurs R., Gooris P.J.J., Maal T.J.J., Beenen L.F., Becking A.G.** Should virtual mirroring be used in the preoperative planning of an orbital reconstruction? —*J Oral Maxillofac Surg*. — 2018; 76 (2): 380—387. PMID: 29100830
30. **Schreurs R., Klop C., Gooris P.J.J., Maal T.J.J., Becking A.G., Dubois L.** Critical appraisal of patient-specific implants for secondary post-traumatic orbital reconstruction. — *Int J Oral Maxillofac Surg*. — 2022; 51 (6): 790—798. PMID: 34763984
31. **Sabelis J.F., Schreurs R., Essig H., Becking A.G., Dubois L.** Personalized medicine workflow in post-traumatic orbital reconstruction. — *J Pers Med*. — 2022; 12 (9): 1366. PMID: 36143151
32. **Schlittler F., Vig N., Burkhard J.P., Lieger O., Michel C., Holmes S.** What are the limitations of the non-patient-specific implant in titanium reconstruction of the orbit? —*Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2020; 58 (9): e80—e85. PMID: 32723575
33. **Kitabata R., Uno K., Sakamoto Y.** Reconstruction of combined orbital floor and medial wall fractures using custom-made titanium alloy implant. — *J Craniofac Surg*. — 2021; 32 (4): e388-e389. PMID: 33405449
34. **Hajibandeh J., Be A., Lee C.** Custom interlocking implants for primary and secondary reconstruction of large orbital floor defects: Case series and description of workflow. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 79 (12): 2539.e1—2539.e10. PMID: 34453909
35. **Kittichokechai P., Sirichatchai K., Puncreobutr C., Lohwongwatana B., Saonanon P.** A novel patient-specific titanium mesh implant design for reconstruction of complex orbital fracture. — *Plast Reconstr Surg Glob Open*. — 2022; 10 (1): e4081. PMID: 35186634
36. **Korn P., Jehn P., Nejati-Rad N., Winterboer J., Gellrich N.C., Spalthoff S.** Pitfalls of surgeon-engineer communication and the effect of in-house engineer training during digital planning of patient-specific implants for orbital reconstruction. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2022; 80 (4): 676—681. PMID: 34995487
37. **Osaki T., Tamura R., Nomura T., Hashikawa K., Terashi H.** Treatment of orbital blowout fracture using a customized rigid carrier. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2020; 48 (11): 1052—1056. PMID: 32988713
38. **Chepurnyi Y., Zhukovtseva O., Kopchak A., Kanura O.** Clinical application of automated virtual orbital reconstruction for orbital fracture management with patient-specific implants: A prospective comparative study. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2022; 50 (9): 686—691. PMID: 35963834
39. **Jansen J., Schreurs R., Dubois L., Maal T.J., Gooris P.J., Becking A.G.** Orbital volume analysis: validation of a semi-automatic software segmentation method. — *Int J Comput Assist Radiol Surg*. — 2016; 11 (1): 11—8. PMID: 26179220
40. **Wagner M.E., Gellrich N.C., Friese K.I., Becker M., Wolter F.E., Lichtenstein J.T., Stoetzer M., Rana M., Essig H.** 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. PMID: 26040710
41. **Sigron G.R., Barba M., Chammartin F., Msallem B., Berg B.I., Thieringer F.M.** 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; 10 (16): 3509. PMID: 34441806
42. **Weadock W.J., Heisel C.J., Kahana A., Kim J.** Use of 3D printed models to create molds for shaping implants for surgical repair of orbital fractures. — *Acad Radiol*. — 2020; 27 (4): 536—542. PMID: 31466890
43. **Prabhu S.S., Chung S.A., Brown P.J., Runyan C.M.** Utilizing 3D-printed orbital floor stamps to create patient-specific implants for orbital floor reconstruction. — *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. — 2021; 37 (1): 81—85. PMID: 32433352
44. **Longeac M., Depeyre A., Pereira B., Barthelemy I., Pham Dang N.** Virtual surgical planning and three-dimensional printing for the treatment of comminuted zygomaticomaxillary complex fracture. — *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 122 (4): 386—390. PMID: 32439600
45. **Strong E.B., Fuller S.C., Wiley D.F., Zumbansen J., Wilson M.D., Metzger M.C.** Preformed vs intraoperative bending of titanium mesh for orbital reconstruction. — *Otolaryngol Head Neck Surg*. — 2013; 149 (1): 60—6. PMID: 23482478
46. **Sigron G.R., Rüedi N., Chammartin F., Meyer S., Msallem B., Kunz C., Thieringer F.M.** Three-dimensional analysis of isolated orbital floor fractures pre- and post-reconstruction with standard titanium meshes and "hybrid" patient-specific implants. — *J Clin Med*. — 2020; 9 (5): . PMID: 32455967
47. **Costan V.V., Nicolau A., Sulea D., Ciofu M.L., Boişteanu O., Popescu E.** The Impact of 3D technology in optimizing midface fracture treatment — focus on the zygomatic bone. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 79 (4): 880—891. PMID: 33279472
48. **Dvoracek L.A., Lee J.Y., Unadkat J.V., Lee Y.H., Thakrar D., Losee J.E., Goldstein J.A.** Low-cost, three-dimensionally-printed, anatomical models for optimization of orbital wall reconstruction. — *Plast Reconstr Surg*. — 2021; 147 (1): 162—166. PMID: 33370061
49. **Xue R., Lai Q., Sun S., Lai L., Tang X., Ci J., Zhang Z., Wang Y.** Application of three-dimensional printing technology for improved orbital-maxillary-zygomatic reconstruction. — *J Craniofac Surg*. — 2019; 30 (2): e127—e131. PMID: 30531282
50. **Lor L.S., Massary D.A., Chung S.A., Brown P.J., Runyan C.M.** Cost analysis for in-house versus industry-printed skull models for acute midfacial fractures. — *Plast Reconstr Surg Glob Open*. — 2020; 8 (5): e2831. PMID: 33154873
51. **Neal T.W., Shupak R.P., Kim R.Y., Kao H., Williams F.C.** Individualized implants using point-of-care printed models in the treatment of orbital blowout fractures. — *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. — 2023; 136 (2): e85—e91. PMID: 37316426
52. **Blumer M., Pejicic R., Gander T., Johner J.P., Held U., Wagner M.E.** Customized titanium reconstruction of orbital fractures using a mirroring technique for virtual reconstruction and 3D model printing. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 79 (1): 200.e1—200.e9. PMID: 33010215
53. **Abdul Lateef Hassan T., Abbood Mohammed D.** Virtual surgical planning and 3-dimensional printing for the treatment of zygomaticomaxillary complex and/or orbital fracture. — *J Craniofac Surg*. — 2023; 34 (3): e218-e222. PMID: 36217233
54. **Lassausaie A., Sesqué A., Barthélémy I., Depeyre A.** Virtual surgery planning and three-dimensional printing template for osteotomy of the zygoma to correct untreated zygomaticomaxillary complex fracture. — *J Craniofac Surg*. — 2020; 31 (4): 1142—1145. PMID: 32371718

55. **Давыдов Д.В., Левченко О.В., Михайлюков В.М.** Реконструктивная хирургия посттравматических дефектов и деформаций глазницы с использованием интраоперационной безрамной навигации. — *Вестник офтальмологии*. — 2014; 2: 20—26.
[**Davydov D.V., Levchenko O.V., Mikhaĭliukov V.M.** Surgical reconstruction of posttraumatic defects and deformities of the orbit using frameless navigation. — *The Russian Annals of Ophthalmology*. — 2014; 2: 20—26 (In Russian)]. eLibrary ID: 21537041
56. **Rana M., Chui C.H., Wagner M., Zimmerer R., Rana M., Gellrich N.C.** Increasing the accuracy of orbital reconstruction with selective laser-melted patient-specific implants combined with intraoperative navigation. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2015; 73 (6): 1113—8. PMID: 25981837
57. **Гусаров А.М., Иванов С.Ю., Митрошенков П.Н., Мураев А.А., Митрошенков П.П.** Лечение пациентов с посттравматическими деформациями скуло-орбитального комплекса с использованием интраоперационной навигационной системы. — *Голова и шея*. — 2018; 1: 35—41. eLibrary ID: 41304587
[**Gusarov A., Ivanov S.Yu., Mitroshenkov P.N., Muraev A.A., Mitroshenkov P.P.** Treatment of patients with posttraumatic deformations of the zygomatico-orbital complex with the intraoperative navigation system use. — *Head and Neck*. — 2018; 1: 35—41 (In Russian)]. DOI: 10.25792/HN.2018.6.1.35-41
58. **Gellrich N.C., Schramm A., Hammer B., Rojas S., Cufi D., Lagrèze W., Schmelzeisen R.** Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. — *Plast Reconstr Surg*. — 2002; 110 (6): 1417—29. PMID: 12409759
59. **Luebbers H.T., Messmer P., Obwegeser J.A., Zwahlen R.A., Kikinis R., Graetz K.W., Matthews F.** Comparison of different registration methods for surgical navigation in cranio-maxillofacial surgery. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2008; 36 (2): 109—16. PMID: 18280173
60. **Consorti G., Betti E., Catarzi L.** Customized and navigated primary orbital fracture reconstruction: Computerized operation neuronavigated surgery orbital recent trauma (CONSORT) protocol. — *J Craniofac Surg*. — 2022; 33 (4): 1236—1240. PMID: 34999613
61. **García-Cano E., Malagón-Hidalgo H.O., Gónzalez-Magaña F., Monroy-Cedillo J.L.** Assesing intraoperative virtual navigation on my craniofacial surgery fellowship for orbital fractures repair: Is it useful? —*J Craniofac Surg*. — 2021; 32 (1): 238—241. PMID: 32833825
62. **Jiang T., Zhou S., Yu Z., Cao D.** Changes in facial symmetry following computer-assisted secondary correction of craniofacial fractures. — *J Craniofac Surg*. — 2023; 34 (6): 1672—1676. PMID: 37427923
63. **Raveggi E., Gerbino G., Autorino U., Novaresio A., Ramieri G., Zavattero E.** Accuracy of intraoperative navigation for orbital fracture repair: A retrospective morphometric analysis. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2023; 51 (2): 107—116. PMID: 36797080
64. **Schreurs R., Becking A.G., Jansen J., Dubois L.** Advanced concepts of orbital reconstruction: A unique attempt to scientifically evaluate individual techniques in reconstruction of large orbital defects. — *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. — 2021; 29 (1): 151—162. PMID: 33516536
65. **Nguyen E., Lockyer J., Erasmus J., Lim C.** Improved outcomes of orbital reconstruction with intraoperative imaging and rapid prototyping. — *J Oral Maxillofac Surg*. — 2019; 77 (6): 1211—1217. PMID: 30851251
66. **Liu Y., Enin K., Sciegienka S., Hardi A., Spataro E.** Intraoperative computed tomography use in orbital fracture repair: A systematic review and meta-analysis. — *Facial Plast Surg Aesthet Med*. — 2023; 25 (6): 548—555. PMID: 37782903
67. **Chu Y.Y., Yang J.R., Lai B.R., Liao H.T.** Preliminary outcomes of the surgical navigation system combined with intraoperative three-dimensional C-arm computed tomography for zygomatico-orbital fracture reconstruction. — *Sci Rep*. — 2022; 12 (1): 7893. PMID: 35550552
68. **Baraúna P.K.N., Gomes G.N., Beneti I.M.** Major clinical and surgical approaches to treating orbitozygomatic and zygomatic maxillary complex fractures: a systematic review. — *MedNEXT Journal of Medical and Health Sciences*. — 2024; S1: (In). DOI: 10.54448/mdnt24S105
69. **Park J., Kim J., Lee J., Chang M., Lee H., Park M., Baek S.** Secondary reconstruction of residual enophthalmos using an endoscope and considering the orbital floor and medial wall slope. — *J Craniofac Surg*. — 2016; 27 (4): 992—5. PMID: 27244206
70. **Park J., Huh J., Lee J., Chang M., Lee H., Park M., Baek S.** Reconstruction of large orbital posterior floor wall fracture considering orbital floor slope using endoscope. — *J Craniofac Surg*. — 2017; 28 (4): 947—950. PMID: 28169905
71. **Kojima H., Nishioka H., Inoue Y., Okumoto T.** Exoscope-assisted orbital fracture reduction surgery-Clinical assessment by surgeons: A retrospective cohort study. — *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. — 2025; 105: 126—130. PMID: 40273516
72. **Zeller A.N., Neuhaus M.T., Gessler N., Skade S., Korn P., Jehn P., Gellrich N.C., Zimmerer R.M.** Self-centering second-generation patient-specific functionalized implants for deep orbital reconstruction. — *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. — 2021; 122 (4): 372—380. PMID: 33385579
73. **Xu G., Zhang X., Wang P., Long J.** Application of optimized three-dimensional digital surgical guide plates for complex midfacial fractures. — *Injury*. — 2022; 53 (6): 2005—2015. PMID: 35321792
74. **Zieliński R., Malińska M., Kozakiewicz M.** Classical versus custom orbital wall reconstruction: Selected factors regarding surgery and hospitalization. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2017; 45 (5): 710—715. PMID: 28318927
75. **Timoshchuk M.A., Murnan E.J., Chapple A.G., Christensen B.J.** Do patient-specific implants decrease complications and increase orbital volume reconstruction accuracy in primary orbital fracture reconstruction? —*J Oral Maxillofac Surg*. — 2022; 80 (4): 669—675. PMID: 35007501
76. **Zimmerer R.M., Gellrich N.C., von Bülow S., Strong E.B., Ellis E. 3rd, Wagner M.E.H., Sanchez Aniceto G., Schramm A., Grant M.P., Thiam Chye L., Rivero Calle A., Wilde F., Perez D., Bittermann G., Mahoney N.R., Redondo Alamillos M., Bašić J., Metzger M., Rasse M., Dittman J., Rometsch E., Espinoza K., Hesse R., Cornelius C.P.** Is there more to the clinical outcome in posttraumatic reconstruction of the inferior and medial orbital walls than accuracy of implant placement and implant surface contouring? A prospective multicenter study to identify predictors of clinical outcome. — *J Craniomaxillofac Surg*. — 2018; 46 (4): 578—587. PMID: 29530645
77. **Rama M., Schlegel L., Wisner D., Pugliese R., Ramesh S., Penne R., Watson A.** Using three-dimensional printed models for trainee orbital fracture education. — *BMC Med Educ*. — 2023; 23 (1): 467. PMID: 37349755
78. **Maher D.I., Hall A.J., Gwini S., Ben Artsi E.** Patient-specific implants for orbital fractures: A systematic review. — *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*. — 2022; 38 (5): 417—424. PMID: 34750315
79. **Kotecha S., Ferro A., Harrison P., Fan K.** Orbital reconstruction: a systematic review and meta-analysis evaluating the role of patient-specific implants. — *Oral Maxillofac Surg*. — 2023; 27 (2): 213—226. PMID: 35589881
80. **Murray-Douglass A., Snoswell C., Winter C., Harris R.** Three-dimensional (3D) printing for post-traumatic orbital reconstruction, a systematic review and meta-analysis. — *Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2022; 60 (9): 1176—1183. PMID: 35931592
81. **Hughes D., McQuillan J., Holmes S.** Quantitative analysis of diplopia following orbital fracture repair. — *Br J Oral Maxillofac Surg*. — 2023; 61 (3): 202—208. PMID: 36805788
82. **Choi Y.A., Yang M.K., Sa H.S.** Surgical outcomes of revision orbital reconstruction in patients with inadequate primary orbital fracture repair. — *J Craniofac Surg*. — 2024; 35 (5): 1461—1465. PMID: 38819131