

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ СКУЛООРБИТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

DOI: 10.17691/stm2020.12.3.07

УДК 616.314–001–071–009.11–036–089.843:004

Поступила 20.01.2020 г.



Н.Е. Хомутичкина, к.м.н., доцент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии с курсом пластической хирургии;

Е.А. Дурново, д.м.н., профессор кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии с курсом пластической хирургии; директор Института стоматологии;

Ю.В. Высельцева, к.м.н., доцент кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии с курсом пластической хирургии;

Р.О. Горбатов, к.м.н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и нейрохирургии; руководитель лаборатории аддитивных технологий

Приволжский исследовательский медицинский университет, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Н. Новгород, 603005

Цель исследования — определить эффективность использования цифровых технологий у пациентов с посттравматическими деформациями скулоорбитального комплекса (СОК) путем сравнения результатов с традиционными методами хирургического лечения.

Материалы и методы. Обобщен опыт хирургического лечения 231 пострадавшего с повреждениями СОК на клинических базах Приволжского исследовательского медицинского университета (Н. Новгород) в 2011–2019 гг. С посттравматической деформацией СОК пролечено 44,2% (102/231) пациентов, в том числе с посттравматическими дефектами и деформациями нижней стенки глазницы — 38,2% (39/102).

На основании клинико-рентгенологического планирования операций было выделено две группы исследуемых: в 1-ю группу вошли пациенты, которым не выполнялось виртуальное планирование операции, — 54,9% (56/102) случаев, во 2-ю группу — пациенты, которым виртуальное планирование проводилось (45,1% (46/102) случаев). 22 и 17 пациентов были с деформациями глазниц — в 1-й и 2-й группах соответственно.

Результаты. Оптимальное восстановление анатомии СОК у пациентов 1-й группы отмечено в 75% (42/56) случаев, у пациентов 2-й группы — в 93,5% (43/46) случаев. При реконструкции нижней стенки глазницы у пациентов 1-й группы были достигнуты успешные результаты в 68,2% (15/22) случаев, во 2-й группе — в 88,2% (15/17), в остальных случаях отмечены различные осложнения.

На основании анализа результатов хирургического лечения разработан персонализированный подход к изготовлению имплантатов скуловой кости и нижней стенки глазницы с помощью технологий компьютерного моделирования и 3D-печати.

Заключение. Применение цифровых технологий в хирургическом лечении посттравматических деформаций СОК в отличие от использования традиционных методик позволяет избежать проблемных вопросов позиционирования имплантата и развития осложнений при реконструкции, значительно снизить травматичность операции и ускорить реабилитацию пациентов.

Ключевые слова: деформация глазницы; скулоорбитальный комплекс; посттравматическая деформация; энофтальм; реконструкция глазницы; лицевые имплантаты; цифровые технологии в лечении лицевых травм; трехмерное моделирование имплантатов.

Как цитировать: Khomutinnikova N.E., Durnovo E.A., Vysel'tseva Yu.V., Gorbatov R.O. Digital technologies in the surgical treatment of post-traumatic zygomatico-orbital deformities. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2020; 12(3): 55–63, <https://doi.org/10.17691/stm2020.12.3.07>

Для контактов: Хомутичкина Нина Евгеньевна, e-mail: Nina.hom210@yandex.ru

Digital Technologies in the Surgical Treatment of Post-Traumatic Zygomatico-Orbital Deformities

N.E. Khomutinnikova, MD, PhD, Associate Professor, Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery with the Course of Plastic Surgery;

E.A. Durnovo, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery with the Course of Plastic Surgery; Director of the Institute of Dentistry;

Yu.V. Vyseltseva, MD, PhD, Associate Professor, Department of Surgical Dentistry and Maxillofacial Surgery with the Course of Plastic Surgery;

R.O. Gorbatov, MD, PhD, Associate Professor, Department of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery; Head of the Laboratory of Additive Technologies

Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603005, Russia

The aim of the study was to determine the efficacy of using digital technologies in patients with post-traumatic deformities of the zygomatico-orbital complex (ZOC) by comparing the results with the conventional methods of surgical treatment.

Materials and Methods. The article summarizes treatment results of 231 patients with ZOC injuries who underwent surgery at the clinical facilities of Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod) in 2011–2019. There were treated 44.2% (102/231) of patients with post-traumatic deformities of ZOC, including 38.2% (39/102) with post-traumatic defects and deformities of the orbital floor.

Based on clinical and radiological planning of surgical operations, the patients were divided into two groups: group 1 included patients who underwent surgery without preoperative virtual planning (54.9% (56/102) of cases), group 2 included patients who underwent virtually planned surgical interventions (45.1% (46/102) of cases). There were 22 and 17 patients with orbital deformities in groups 1 and 2, respectively.

Results. The optimal restoration of ZOC anatomy was observed in 75% (42/56) of patients in group 1 and 93.5% (43/46) of patients in group 2. During reconstruction of the orbital floor in patients of group 1, successful results were achieved in 68.2% (15/22) of cases and 88.2% (15/17) in group 2, various complications were observed in the rest of cases.

Based on the analysis of surgical treatment results, there was developed a personalized approach to manufacturing of zygomatic bone and orbital floor implants using computer modeling and 3D printing technologies.

Conclusion. In contrast to the conventional methods, the use of digital technologies in the surgical treatment of post-traumatic deformities of ZOC allows avoiding the problematic issues of implant positioning and the development of complications during reconstruction, significantly reducing surgical injury and improving patient rehabilitation.

Key words: orbital deformity; zygomatico-orbital complex; post-traumatic deformity; enophthalmos; orbital reconstruction; facial implants; digital technologies in the treatment of facial injuries; three-dimensional modeling of implants.

Введение

Одной из главных задач хирурга, выполняющего операции на средней зоне лица, является повышение эффективности лечения и улучшение качества жизни пациента после перенесенной травмы. Отсроченная и неспланированная операция или ее отсутствие при травме скулоорбитального комплекса (СОК), особенно при выраженных смещениях отломков, может приводить к усугублению повреждений глазницы, глазного яблока, глазодвигательных мышц, орбитальной клетчатки и зрительного нерва. В результате развиваются стойкие посттравматические деформации скуловой области и глазницы, функциональные и эстетические нарушения, обрекающие пациентов на длительное многоэтапное лечение [1–3]. По разным данным [2–4], на долю переломов скуловой кости приходится от 20 до 37,5% всех повреждений костей лицевого скелета,

причем из этих переломов 35–40% составляют повреждения нижней стенки глазницы.

При переломах глазницы происходит нарушение ее анатомии и физиологии, в результате чего в раннем посттравматическом периоде развиваются офтальмологические и неврологические расстройства (деформация и изменение объема глазницы, диплопия, ограничение подвижности глаза, потеря или нарушение зрения, гипостезия по ходу подглазничного нерва). Затем при отсутствии лечения диплопия формируется гипо- и энтофтальм, прогрессируют диплопия и косметические нарушения [4–6]. Перечисленные изменения позволяют считать повреждения СОК наиболее сложными в плане реконструкции и восстановления нарушенных функций.

До настоящего времени не разработан оптимальный алгоритм лечения пациентов с переломами и деформациями СОК: применяются различные опе-

ративные доступы и методики, используются разнообразные материалы и имплантаты для реконструкции скуловой кости и нижней стенки глазницы [5, 7–9]. «Золотым стандартом» хирургического лечения повреждений скуловой кости и стенок глазницы по-прежнему является применение аутокости, а также широко используются металлические пластины или сетка и полимерные имплантаты [2, 3, 8–12]. Все это относится к традиционным (классическим) хирургическим методам лечения пациентов с травмой скулоглазничного комплекса, которые имеют свои достоинства и недостатки. К недостаткам следует отнести увеличение длительности операции при заборе аутокости или интраоперационном моделировании металлических и полимерных протезов; резорбцию аутокости; гипер- или гипокоррекцию скуловой зоны; сохранение гипопфтальма или экзофтальма; атрофию орбитальной клетчатки; развитие металлоза или прорезывание титановых имплантатов; сохранение функциональных и косметических проблем [3, 6, 12–14].

Первое десятилетие XXI в. характеризуется активным внедрением цифровых технологий в работу челюстно-лицевых хирургов. Прежде всего это связано с появлением новых методов компьютерного моделирования, повышением доступности и снижением стоимости оборудования для визуализации данных КТ и МРТ, развитием аддитивного производства индивидуальных имплантатов с использованием 3D-печати для восстановления анатомии костных структур лицевого скелета [3, 15–18]. Тщательная предоперационная подготовка пациента, виртуальное планирование вмешательства, изготовление персонализированных имплантатов позволяют выполнять реконструктивно-пластические операции на скулоглазничном комплексе с применением минимально-инвазивных технологий [17, 18].

Цель исследования — определить эффективность использования цифровых технологий у пациентов с посттравматическими деформациями скулоорбитального комплекса путем сравнения результатов с традиционными методами хирургического лечения.

Материалы и методы

Обобщен опыт хирургического лечения 231 пострадавшего с повреждениями СОК на клинических базах кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии с курсом пластической хирургии Приволжского исследовательского медицинского университета (Н. Новгород) в 2011–2019 гг.: в Университетской клинике, в отделениях челюстно-лицевой хирургии Нижегородской областной клинической больницы им. Н.А. Семашко и клинической больницы №3 Приволжского окружного медицинского центра ФМБА России. Средний возраст пациентов составил 33,6 года (от 20 до 60 лет). Среди них было 80% (188/231) мужчин и 20% (43/231) женщин. Письменные согласия пациентов на использование

данных и публикацию фотографий имеются в историях болезней.

Сроки хирургического лечения были разными: в 1-е сутки после травмы прооперированы 1,7% (4/231) пациентов, с 7-х по 14-е сутки — 19,5% (45/231), с 15-х по 30-е сутки — 33,8% (78/231), через 1–2 мес — 27,3% (63/231), спустя 4 мес — 12,5% (29/231), через 6 мес — 4,3% (10/231) больных. Из всех исследуемых с посттравматической деформацией СОК пролечено 44,2% (102/231) пациентов, в том числе с посттравматическими дефектами и деформациями нижней стенки глазницы — 38,2% (39/102). У всех больных имелась деформация скуловой зоны и орбиты, гипопфтальм и/или экзофтальм, диплопия различного характера.

Всем пациентам проводили стандартное клиническое обследование и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) черепа в аксиальной, сагиттальной и фронтальной плоскостях с построением 3D КТ-моделей до и после операции. Врач-офтальмологом выполнялось обследование пациентов до и после операции: через 1, 3 и 6 мес, которое включало визометрию, тонометрию, офтальмоскопию и биомикроскопию. Аксиальное положение глаза в орбите (энзо- или экзофтальм) определяли с помощью экзофтальмометра Hertel (Inami, Япония). Гипопфтальм оценивали относительно горизонтальной линии, проходящей через центр зрачка здорового глаза. С помощью сферопериметра Гольдмана определяли характер и размер зоны бинокулярного двоения [3]. Данные перечисленной диагностики были крайне необходимы при планировании хирургического лечения и оценке результатов лечения орбиты [1, 3, 6].

Классические операции по устранению посттравматической деформации скуловой области (остеотомия и остеосинтез) выполнены в 85,3% (87/102) случаев, в 14,7% (15/102) проводили только контурную пластику скуловой области имплантатами и реконструкцию нижней стенки глазницы. При посттравматических дефектах и деформациях орбиты для реконструкции глазницы использовали в 38,4% (15/39) случаев полимерные имплантаты «Реперен» (Россия), в 30,8% (12/39) случаев — металлические имплантаты «Конмет» (Россия) и также в 30,8% (12/39) случаев — имплантаты Synthes (Швейцария) стандартных размеров [12–14, 16].

Для оценки роли рентгенологического планирования операций по устранению посттравматической деформации СОК было сформировано две группы пациентов. В 1-й группе (54,9% (56/102) случаев) виртуальное планирование операции не выполняли. Во 2-ю группу (45,1% (46/102) случаев) вошли пациенты, которым проводили виртуальное планирование операции. 22 и 17 пациентов были с деформациями глазниц — в 1-й и 2-й группах соответственно.

Виртуальное планирование проводили с использованием многоплоскостных реформаций КТ-изображений и построением трехмерных реконструкций. Мы

изучали характер посттравматической деформации СОК: определяли степень смещения костных структур и размер костного дефекта нижней стенки глазницы; выявляли сопутствующие изменения в орбите; измеряли линейные размеры поврежденной и неповрежденной глазниц; оценивали степень смещения глазного яблока; определяли оптимальное положение будущего имплантата.

В послеоперационном периоде всем пациентам назначали стандартное медикаментозное лечение. Швы снимали на 5–7-е сутки после операции. Контрольный осмотр осуществляли через 1, 3, 6 мес и 1, 3 года, 5 лет после операции.

Статистическая обработка цифрового материала результатов исследования была проведена с использованием программы Microsoft Office Excel 2010, пакета программ Statistica 10.0 (StatSoft, Inc.) в соответствии с общепринятыми современными методами статистического анализа. Непараметрический метод — тест Манна–Уитни (U) для несвязанных групп — использовали в тех случаях, когда значения анализируемых данных не соответствовали нормальному закону распределения.

Результаты и обсуждение

На основании проведенного анализа результатов хирургического лечения 231 пациента с повреждениями скулоглазничного комплекса была выделена группа больных (n=102), которым требовалось хирургическое лечение по поводу посттравматической деформации СОК, из них 39 человек нуждались в реконструкции нижней стенки глазницы. Оценка результатов хирургического лечения у пациентов с посттравматической деформацией проводилась на основании клинико-рентгенологических данных и анализа послеоперационных осложнений.

Оптимальное восстановление анатомии СОК отмечено у 75,0% (42/56) пациентов 1-й группы (без виртуального планирования операции) и у 93,5% (43/46) пациентов 2-й группы (рис. 1–4). После реконструкции нижней стенки глазницы успешные результаты были у 68,2% (15/22) пациентов 1-й группы и у 88,2% (15/17) — 2-й группы, в остальных случаях отмечены различные осложнения.

В отдаленном послеоперационном периоде у 3 из 22 пациентов 1-й группы отмечены гипофтальм и энофтальм (3–4 мм) и у 1 человека — гипофтальм (5 мм). При анализе МСКТ глазниц этих пациентов обнаружено пролабирование дистального края имплантата в сторону верхнечелюстной пазухи, что явилось причиной повторной операции.

У 1 из 17 пациентов 2-й группы отмечен гипофтальм и энофтальм (3–4 мм) в отдаленном периоде, что также обусловило повторную операцию. Энофтальм в пределах 1–2 мм не причинял дискомфорта пациентам обеих групп, хирургического лечения не проводилось.

Через 3 мес после вмешательства диплопия сохранялась у 4 из 22 пациентов 1-й группы и у 2 из 17 пациентов 2-й группы. Восстановление бинокулярного зрения у них продолжалось до 6 мес, что было связано с характером травмы и сроками хирургического лечения.

Степень выраженности гипофтальма и энофтальма различной степени представлена у пациентов с посттравматической деформацией глазницы (см. таблицу).

При анализе отдаленных результатов лечения нами не отмечено воспалительных изменений вокруг имплантатов, а также потери зрения. Гиперофтальм наблюдался у 1 из 22 пациентов 1-й группы и у 1 из 17 пациентов 2-й группы, причем это были пациенты с выраженным посттравматическим гипофтальмом и энофтальмом. Во время операции у них проводилась

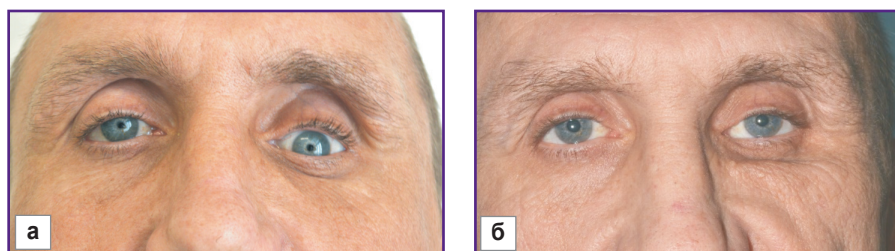


Рис. 1. Пациент К. Посттравматическая деформация левого скулоорбитального комплекса, выраженный гипо- и энофтальм слева:

а — до операции; *б* — после хирургического лечения

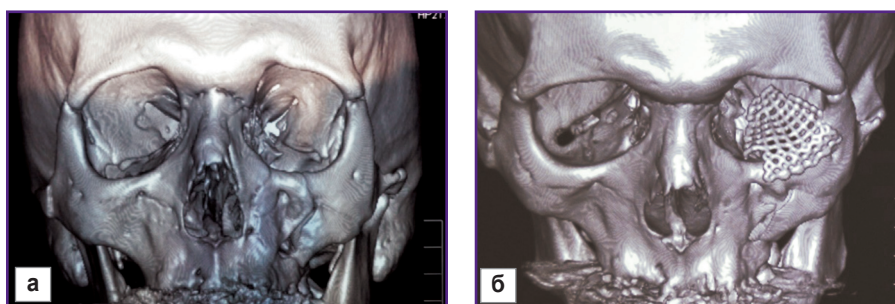


Рис. 2. Пациент К. 3D КТ-реконструкция черепа:

а — до операции; *б* — после операции (на нижнюю стенку левой глазницы и нижнеглазничный край, частично — на тело скуловой кости установлен титановый сетчатый имплантат)

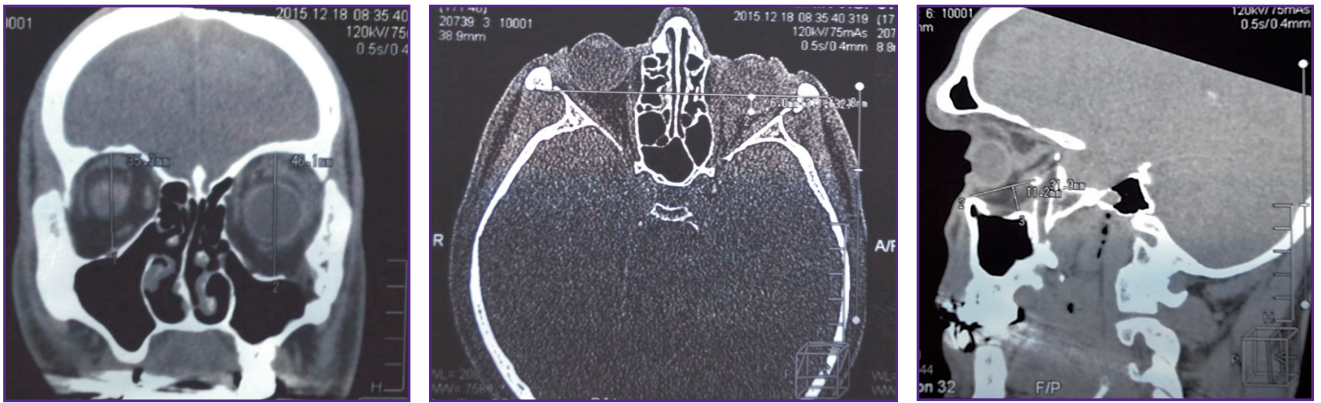


Рис. 3. Пациент К. МСКТ черепа до операции (фронтальный, аксиальный и сагиттальный срезы)

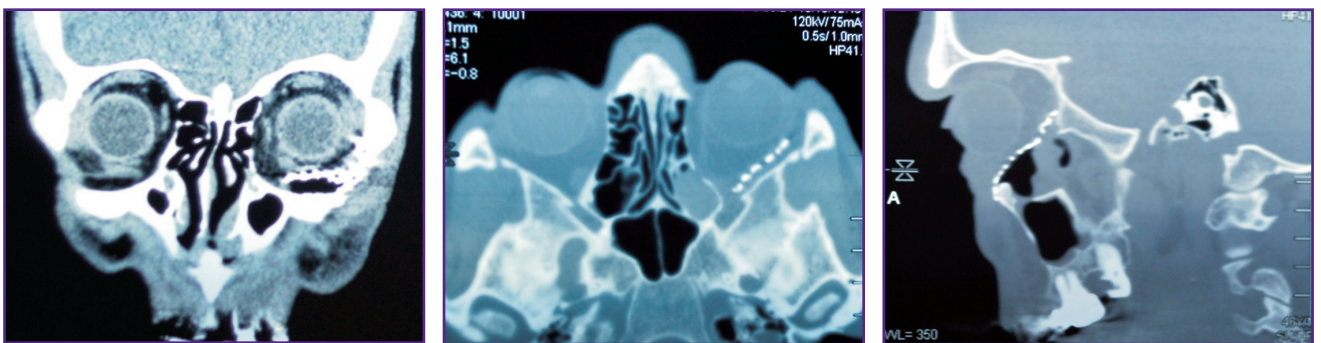


Рис. 4. Пациент К. МСКТ черепа после операции (визуализируется титановый имплантат на фронтальном, аксиальном и сагиттальном срезах)

Распределение пациентов по степени выраженности смещения глазного яблока до и после операции

Степень выраженности клинического признака	Гипофтальм				Энофтальм			
	1-я группа (n=22)		2-я группа (n=17)		1-я группа (n=22)		2-я группа (n=17)	
	до	после	до	после	до	после	до	после
0 (0 мм)	4	14	3	15	4	12	3	14
1-я (1–2 мм)	9	4	4	1	9	7	4	2
2-я (3–4 мм)	7	3	6	1	7	3	7	1
3-я (≥5 мм)	2	1	4	0	2	0	3	0

умеренная гиперкоррекция по вертикали металлическими имплантатами с целью стабилизации положения глазного яблока в отдаленном периоде. Нормализация положения глаза по вертикали у пациентов произошла через 3 мес после реабилитации.

Смещение имплантата отмечено у 2 пациентов из 1-й группы спустя 6 мес после операции. Данное осложнение было обусловлено наличием обширного дефекта нижней стенки орбиты, рубцовыми изменениями орбитальной клетчатки и смещением полимерного имплантата вследствие рубцевания тканей в верхнечелюстную пазуху. Пациентам потребовалось повторное хирургическое вмешательство в связи с развитием прогрессирующей диплопии. Анализ

причин смещения имплантата показал погрешности в планировании операции и в выборе видов и размеров имплантата, который не обеспечил достаточного перекрытия костного дефекта и жесткости опоры в дистальной зоне. Смещения имплантатов в сторону нижнего века не отмечено, так как все используемые полимерные и металлические конструкции стабильно фиксировались микровинтами к подлежащей кости.

В нашем исследовании усовершенствована методика анализа диагностических изображений при лучевом обследовании пациентов с травмой и разработан персонализированный подход к изготовлению имплантатов. На практике технология была апробирована пока у 2 пациентов с выраженной

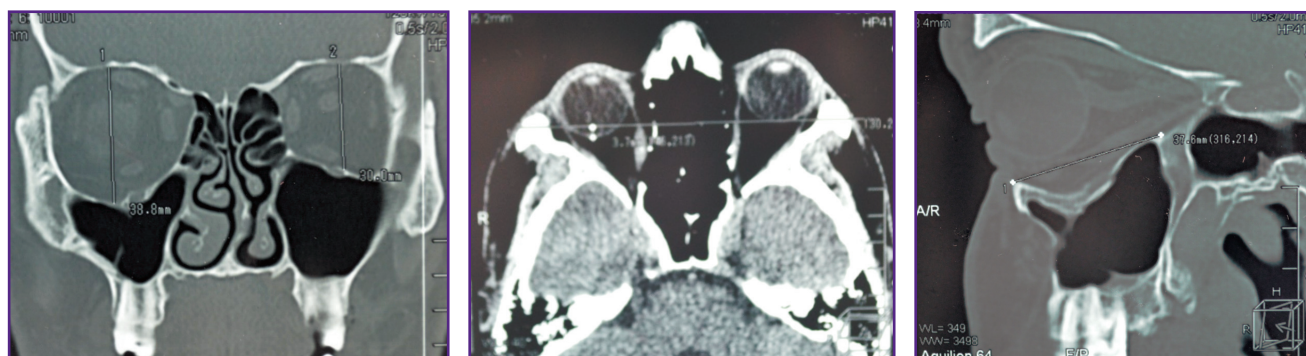


Рис. 5. Пациент Н. МСКТ черепа до операции (фронтальный, аксиальный и сагиттальный срезы)

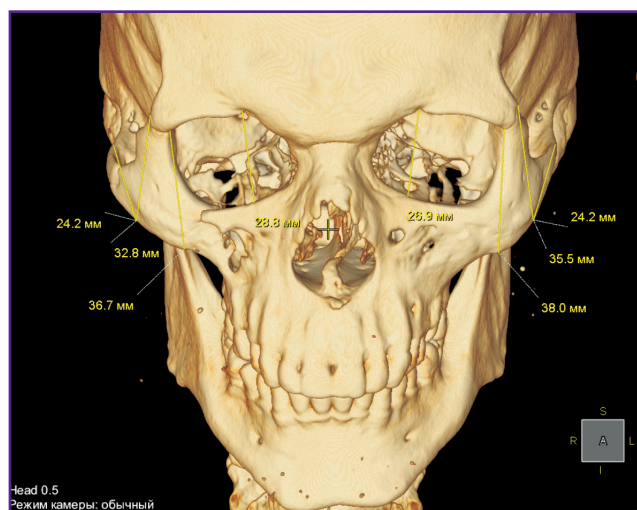


Рис. 6. Пациент Н. 3D КТ-реконструкция черепа. Этап компьютерного планирования операции и моделирования имплантатов

посттравматической деформацией СОК, обусловленной смещением отломков и наличием обширных костных дефектов нижней стенки глазницы. Оперативное вмешательство выполнено с использованием двух индивидуальных имплантатов скуловой кости и нижней стенки глазницы, изготовленных с помощью технологий компьютерного моделирования и 3D-печати.

Применение стандартных имплантатов у данных пациентов было сопряжено с высоким риском их прецизионного несоответствия объемным параметрам костных дефектов; выраженного смещения отломков и деформации, обусловленной давностью травмы; возможной потери коррекции в послеоперационном периоде; сохранения диплопии и энтофтальма (рис. 5).

Для планирования хирургической реконструкции скулоглазничного комплекса были использованы современные цифровые технологии, позволяющие вычислить размеры дефектов и деформаций, рассчитать их объемные параметры и определить форму будущих имплантатов:

на *первом этапе* по данным МСКТ головы пациента в программном обеспечении 3D Slicer создавали компьютерную 3D-модель лицевого скелета;

на *втором этапе* в программном обеспечении Autodesk Meshmixer выполняли гибридное параметрическое моделирование, коррекцию деформации, замещение костных дефектов с использованием «зеркальной копии» неповрежденной контралатеральной стороны черепа;

на *третьем этапе* с целью последующего изготовления индивидуальных имплантатов были созданы их трехмерные модели и выполнена топологическая оптимизация (рис. 6).

Имплантат для реконструкции скуловой кости моделировали с учетом характера посттравматической деформации скуловой зоны, декомпрессии подглазничного нерва и с обязательным нанесением опорных пунктов для соединения с глазничным имплантатом. Его толщина в зависимости от зоны реконструкции варьировала от 0,1 до 0,8 мм. Имплантат для реконструкции нижней стенки глазницы полностью перекрывал дефект кости, опирался дистально на орбитальное возвышение и имел необходимую толщину для устранения энтофтальма. Затем производили 3D-печать макета черепа и двух прототипов индивидуальных имплантатов. После этого с их помощью выполняли моделирование операции с использованием стандартного инструментария (рис. 7).

Далее на основе подготовленных прототипов индивидуальных имплантатов ф. «Экофлон» (С.-Петербург) были изготовлены имплантаты из политетрафторэтилена. При оперативном вмешательстве эти имплантаты фиксировали к подлежащим костным структурам титановыми микровинтами (рис. 8).

Послеоперационный период протекал без особенностей. Все имплантаты хорошо интегрировались с тканями, нагноения и их отторжения не наблюдалось (рис. 9, 10).

Использование в оперативном лечении пациентов цифровых технологий позволило оптимально устранить посттравматические деформации СОК, повысить точность реконструкции нижней стенки глазницы,

Рис. 7. Пациент Н. Этап моделирования операции с использованием макета черепа пациента и двух прототипов индивидуальных имплантатов:
 а — до установки прототипов индивидуальных имплантатов;
 б — после установки прототипов

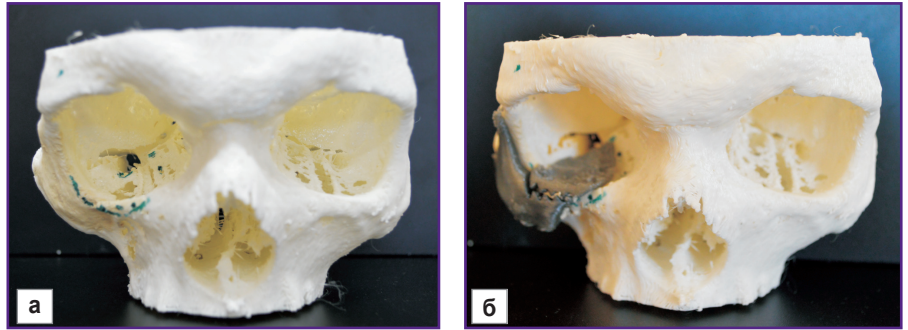


Рис. 8. Пациент Н. Фрагмент операции. Установлено два полимерных имплантата: на нижнюю стенку правой глазницы и скуловую кость

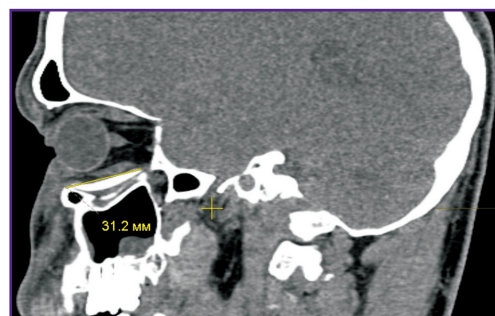
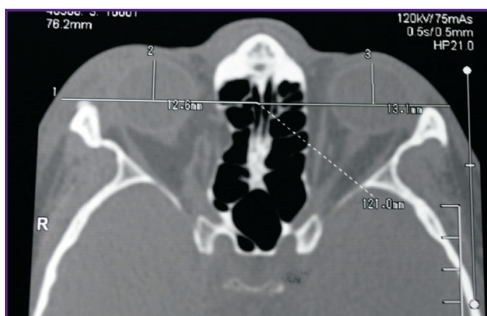
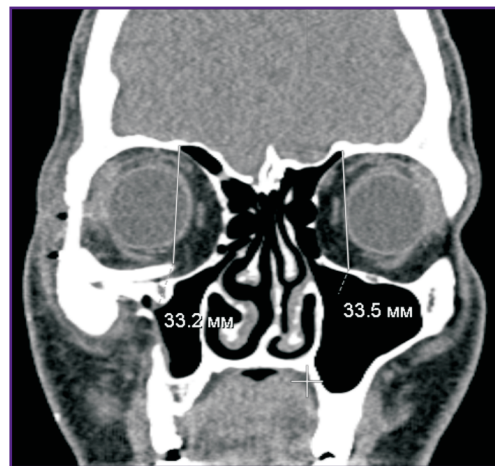
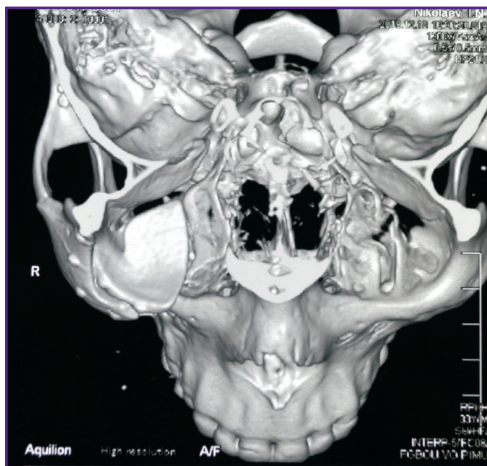
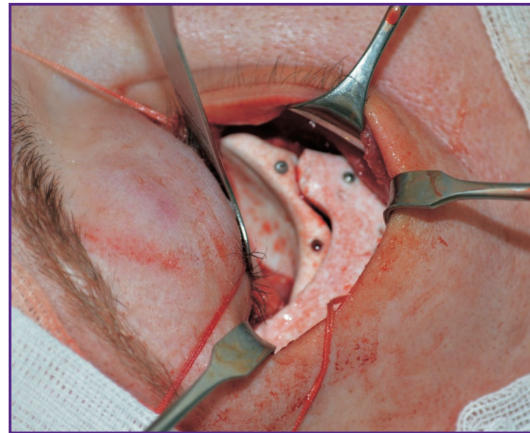


Рис. 9. Пациент Н. МСКТ черепа после операции. Визуализируется полимерный имплантат на нижней стенке правой глазницы

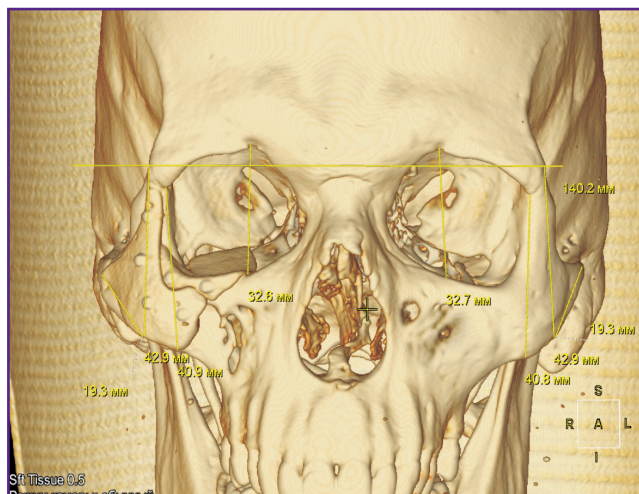


Рис. 10. Пациент Н. Компьютерная 3D-модель черепа после операции



Рис. 11. Пациент Н. с посттравматической деформацией правого скулоорбитального комплекса:

а — до операции; б — через 1 мес после операции

снизить продолжительность вмешательства и его объем, получить прогнозируемый результат (рис. 11).

Заключение

Применение цифровых технологий в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса по сравнению с использованием традиционных методик позволяет избежать проблемных вопросов позиционирования имплантата и развития осложнений при реконструкции, значительно снизить травматичность операции и ускорить реабилитацию пациентов.

Финансирование исследования. Работа не получила финансовой поддержки.

Конфликт интересов отсутствует.

Литература/References

1. Гундорова Р.А., Нероев В.В., Кашникова В.В. *Травмы глаза*. М: ГЭОТАР-Медиа; 2009.
Gundorova R.A., Neroev V.V., Kashnikova V.V. *Travmy glaza* [Eye injuries]. Moscow: GEOTAR-Media; 2009.
2. Дурново Е.А., Хомутичкина Н.Е., Мишина Н.В., Трофимов О.А. Особенности реконструкции стенок орбиты при лечении травматических повреждений лицевого скелета. *Медицинский альманах* 2013; 5(29): 159–161.
Durnovo E.A., Khomutinnikova N.E., Mishina N.V., Trofimov O.A. The peculiarities of the reconstruction of the walls of orbital cavity during the treatment of traumatic damages of facial skeleton. *Medicinskij al'manah* 2013; 5(29): 159–161.
3. Николаенко В.П., Астахов Ю.С. *Орбитальные переломы*. СПб: Эко-вектор; 2012; 436 с.
Nikolaenko V.P., Astakhov Yu.S. *Orbital'nye perelomy* [Orbital fractures]. Saint Petersburg: Eko-vektor; 2012; 436 p.
4. Scolozzi P., Jacquier P., Courvoisier D.S. Can clinical

findings predict orbital fractures and treatment decisions in patients with orbital trauma? Derivation of a simple clinical model. *J Craniofac Surg* 2017; 28(7): e661–e667, <https://doi.org/10.1097/scs.0000000000003823>.

5. Ko M.J., Morris C.K., Kim J.W., Lad S.P., Arrigo R.T., Lad E.M. Orbital fractures: national inpatient trends and complications. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg* 2013; 29(4): 298–303, <https://doi.org/10.1097/IOP.0b013e318295f91d>.

6. Груша Я.О. Современные аспекты реконструктивной хирургии при травмах орбиты. *Вестник офтальмологии* 2014; 130(6): 50–55.

Grusha Ya.O. Modern aspects of reconstructive surgery for orbital trauma. *Vestnik oftal'mologii* 2014; 130(6): 50–55.

7. Луцевич Е.Э., Альхумиди К. Современные аспекты диагностики и лечения переломов орбиты. *Вестник офтальмологии* 2013; 129(6): 89–95.

Lutsevich E.E., Al'khumidi K. Modern aspects of diagnostics and treatment of orbital fractures. *Vestnik oftal'mologii* 2013; 129(6): 89–95.

8. Strong E.B. Orbital fractures: pathophysiology and implant materials for orbital reconstruction. *Facial Plast Surg* 2014; 30(5): 509–517, <https://doi.org/10.1055/s-0034-1394099>.

9. Бакушев А.П., Сиволапов К.А. Хирургическое лечение пациентов с изолированными переломами стенок глазницы. *Офтальмология* 2015; 12(3): 48–52.

Bakushev A.P., Sivolapov K.A. Surgical treatment of patients with isolated fractures of orbit walls. *Oftal'mologiya* 2015; 12(3): 48–52.

10. Еолчиан С.А., Катаев М.Г., Карнаухова А.В. Устранение функциональных и эстетических нарушений при хирургическом лечении посттравматических дефектов и деформаций орбиты и периорбитальной области. *Эстетическая медицина* 2012; 11(4): 543–554.

Eolchiyan S.A., Kataev M.G., Karnaukhova A.V. Elimination of functional and aesthetic disorders in the surgical treatment of post-traumatic defects and deformations of the orbit and peri-orbital region. *Esteticheskaya meditsina* 2012; 11(4): 543–554.

11. Митрошенков П.Н. Сравнительная оценка эффективности пластики тотальных и субтотальных дефектов верхней и средней зон лица с использованием перфорированных экранов из титана и костных аутографтов. *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии* 2007; 4: 32–45.
- Mitrosheikov P.N. Comparative assessment of the efficiency of plastic correction of total and subtotal defects in the upper and mid-facial zones using perforated titanium plates and bone autografts. *Annaly plasticheskoy, esteticheskoy i rekonstruktivnoy hirurgii* 2007; 4: 32–45.
12. Хомутинникова Н.Е., Дурново Е.А., Мишина Н.В., Высельцева Ю.В. Ближайшие и отдаленные результаты лечения пациентов с переломами нижней стенки орбиты. *Стоматология* 2018; 97(5): 54–58, <https://doi.org/10.17116/stomat20189705154>.
- Khomutinnikova N.E., Durnovo E.A., Mishina N.V., Vyseltzeva Yu.V. Short- and long-term results of orbital floor fractures treatment. *Stomatologiya* 2018; 97(5): 54–58, <https://doi.org/10.17116/stomat20189705154>.
13. Clauser L., Galiè M., Pagliaro F., Tieghi R. Posttraumatic enophthalmos: etiology, principles of reconstruction, and correction. *J Craniofac Surg* 2008; 19(2): 351–359, <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e3180534361>.
14. Груша О.В., Груша Я.О. 500 пластик орбиты: анализ осложнений. *Вестник офтальмологии* 2006; 122(1): 22–24.
- Grusha O.V., Grusha Ya.O. Five hundred orbital plastic repairs: analysis of complications. *Vestnik oftal'mologii* 2006; 122(1): 22–24.
15. Лежнев Д.А., Давыдов Д.В., Костенко Д.И. Возможности современных томографических технологий в диагностике травм и посттравматических деформаций средней зоны лица. *Вестник рентгенологии и радиологии* 2013; 5: 005–008.
- Lezhnev D.A., Davydov D.V., Kostenko D.I. Capabilities of current tomographic technologies in the diagnosis of midfacial injuries and posttraumatic deformities. *Vestnik rentgenologii i radiologii* 2013; 5: 005–008.
16. Селезнев В.А., Буцан С.Б., Йигиталиев Ш.Н., Хохлачев С.Б., Ходячий А.Е., Черненко М.М. Виртуальное планирование костно-реконструктивных операций глазницы. *Российский электронный журнал лучевой диагностики* 2018; 8(3): 128–148.
- Seleznev V.A., Butsan S.B., Jigitaliyev Sh.N., Khokhlachev S.B., Hodyachiy A.E., Chernenkiy M.M. Virtual planning of orbital bone reconstruction surgery. *Rossiyskiy elektronnyy zhurnal luchevoy diagnostiki* 2018; 8(3): 128–148.
17. Карякин Н.Н., Горбатов Р.О. *3D-печать в медицине*. М: ГЭОТАР-Медиа; 2019; 240 с., <https://doi.org/10.33029/9704-5163-2-PRI-2019-1-240>.
- Karyakin N.N., Gorbatov R.O. *3D-pechat' v meditsine* [3D printing in medicine]. Moscow: GEOTAR-Media; 2019; 240 p., <https://doi.org/10.33029/9704-5163-2-PRI-2019-1-240>.
18. Хассан М.А., Ховрин А.А., Митрошенков П.Н., Кантемиров О.И., Щербовских А.Е. Трехмерное моделирование рентгенологического изображения лицевого скелета в реконструктивной хирургии дефектов лица. *Голова и шея* 2017; 1: 13–17.
- Khassan M.A., Khovrin A.A., Mitrosheikov P.N., Kantemirov O.I., Scherbovskikh A.E. 3-dimensional modelling of facial skull radiological image in reconstructive surgery of facial deformities. *Head and Neck* 2017; 1: 13–17.