



<https://doi.org/10.34883/PI.2024.14.4.014>



Юсупов А.Ф., Ходжаев Д.Х. ✉

Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр
микрохирургии глаза, Ташкент, Узбекистан

Сравнительный анализ методов реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица в зависимости от объема посттравматической деформации

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Юсупов А.Ф. – дизайн исследования, редактирование текста статьи; Ходжаев Д.Х. – проведение операций, написание текста статьи.

Подана: 28.10.2024

Принята: 11.11.2024

Контакты: dilshodkhujakhodjaev@gmail.com

Резюме

Цель. Сравнительный анализ методов реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица в зависимости от объема посттравматической деформации с использованием 3D-технологий при планировании операций.

Было обнаружено, что применение 3D-технологий для планирования операции и изготовления индивидуальных имплантатов для устранения дефектов стенок орбиты и замещения костных структур позволяет проводить эффективные реконструктивные операции пациентам со сложными комбинированными деформациями, а также сократить время и стоимость их реабилитации. Правильный выбор имплантационного материала и метода реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица с учетом объема подлежащих устранению деформаций обеспечивает высокое качество медицинской и социальной реабилитации пациентов.

Ключевые слова: реконструкции костных тканей орбиты, посттравматическая деформация орбиты, 3D-технологии при планировании операций, реконструктивная хирургия

Azamat F. Yusupov, Dilshodkhuzha Kh. Khodzhaev ✉

Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center for Eye Microsurgery,
Tashkent, Uzbekistan

Comparative Analysis of Methods for Reconstruction of Bone Tissue of the Orbit and Middle Facial Zone Depending on the Amount of Post-Traumatic Deformity

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Yusupov A. – study design, editing the text of the article; Khodzhaev D. – conducting operations, writing the text of the article.

Submitted: 28.10.2024

Accepted: 11.11.2024

Contacts: dilshodkhujakhodjaev@gmail.com

Abstract

The purpose of the study is a comparative analysis of methods for reconstructing bone tissue of the orbit and midface depending on the amount of post-traumatic deformity using 3D technologies when planning operations. It was found that the use of 3D technologies for surgical planning and the manufacture of individual implants to eliminate defects in the orbital walls and replace bone structures makes it possible to perform effective reconstructive surgeries for patients with complex combined deformities, as well as reduce the time and cost of their rehabilitation. The correct choice of implantation material and method of reconstruction of bone tissue of the orbit and midface, taking into account the volume of deformations to be eliminated, ensures high quality of medical and social rehabilitation of patients.

Keywords: reconstruction of orbital bone tissue, post-traumatic deformation of the orbit, 3D technologies when planning operations, reconstructive surgery

■ ВВЕДЕНИЕ

Расположенный в средней части лица орбитально-верхнечелюстно-скуловой комплекс (ОВСК) выполняет важную функциональную и эстетическую роль, что создает большие трудности для хирургической реконструкции и коррекции деформаций в этой области. Ранящий агент больших размеров, обладающий высокой кинетической энергией, вызывает перелом не только края и дна орбиты, но и других костей лица, вплоть до формирования панфациальных переломов [2, 3]. Такого рода травмы требуют особого подхода в тактике лечения пострадавших [7, 8]. Реконструктивные операции на структурах орбиты выполняются различными специалистами: нейрохирургами – на лобно-орбитальной области [10, 17, 21], офтальмологами – на нижней стенке орбиты [5, 6, 9, 20], челюстно-лицевыми хирургами – на средней зоне лицевого скелета [1, 14, 31]. Выполнение какой-либо одной задачи узким специалистом повышает качество работы, но в случаях комбинированных деформаций рассматриваемой зоны приводит к увеличению количества вмешательств и сроков реабилитации



пациента [15, 30]. Изолированные или сочетанные с переломами других костей лица деформации стенок орбиты являются одними из наиболее часто встречающихся переломов средней зоны лица [12]. Частота встречаемости составляет 10–25% от общего числа переломов лица, наиболее распространены они в возрастной группе от 30 до 40 лет [13]. До 70% орбитальных переломов ассоциируется с теми или иными повреждениями глазного яблока, других костей лица.

Для восстановления уникальной и сложной анатомии орбиты требуется изготовление имплантатов со сложными формами [11, 24, 29]. Новые технологии в области визуализации и компьютерного планирования операций могут помочь хирургу в решении этой задачи [4, 37]. Одной из таких технологий является использование компьютерного планирования для создания зеркального наложения изображений (MIO) на компьютерную томографию реставрируемой области. Для этого необходимо продублировать противоположную, нетравмированную область лица и наложить ее скелет на область перелома со смещением [25, 32]. Использование методов зеркальной визуализации с помощью трехмерного компьютерного томографического сканирования (3D CT) и 3D-печати для реконструкции переломов орбиты может улучшить результат и максимально функционально и эстетически воссоздать травмированную орбиту [19, 22, 23, 26–28, 34, 35].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести сравнительный анализ методов реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица в зависимости от объема посттравматической деформации с использованием 3D-технологий при планировании операций.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 23 пациента с анофтальмическим синдромом с сопутствующим посттравматическим переломом одной или двух стенок орбиты в сочетании с косметически заметными деформациями костных структур средней зоны лица, которые обратились в отделение офтальмопластической, реконструктивной хирургии и глазного протезирования Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра микрохирургии глаза и частной глазной клиники «Саиф Оптима» города Ташкента, Узбекистан. Возраст пациентов варьировал от 18 до 75 лет, в среднем составил 47 ± 2 года.

Согласно Хельсинкской декларации все пациенты были проинформированы о масштабах исследования и подписали форму информированного письменного согласия.

Оценка офтальмологической симптоматики осуществлялась при первичном обращении и динамическом наблюдении, после выполнения реконструктивных вмешательств на структурах орбит и изготовления индивидуального глазного протеза. Офтальмологический осмотр включал в себя стандартные и дополнительные методы исследования.

Дооперационная оценка симметричности структур орбиты проводилась в следующих клинических проекциях: прямой, при взгляде вверх, боковой и полупрофиль.

Всем пациентам производилась МСКТ орбиты и средней зоны лица с толщиной среза 2 мм. Дистопия мягких и костных тканей орбиты и средней зоны лица определялась в трех плоскостях (аксиальной, фронтальной и сагиттальной).

Для определения характера, локализации, степени тяжести повреждения костных структур орбиты и средней зоны лица пользовались классификацией Г.А. Гребнева и соавторов (2022 г.) [5].

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от примененного метода реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица.

Критерии включения пациентов:

- 1) возраст старше 18 лет;
- 2) наличие тяжелой проникающей травмы глазного яблока, анофтальма или субатрофии глазного яблока;
- 3) травматическая деформация орбиты и средней зоны лица.

Критерии исключения пациентов:

- 1) возраст до 18 лет;
- 2) беременность;
- 3) лактация;
- 4) наличие сопутствующих заболеваний организма, которые могут повлиять на результаты диагностических исследований;
- 5) участие пациента в других клинических исследованиях в течение последних 30 дней;
- 6) отсутствие информированного письменного согласия пациента на участие в клиническом исследовании;
- 7) воспалительные и дегенеративные заболевания органа зрения;
- 8) аутоиммунные и синдромальные заболевания глаза;
- 9) врожденные аномалии органа зрения.

Из обследованных пациентов были сформированы группы в соответствии с критериями отбора.

В 1-й группе (12 пациентов, 12 орбит) реконструкцию производили с использованием сферических вкладышей-имплантатов орбитальных (ВИО) «Экофлон» (рис. 1) и политетрафторэтиленовых имплантатов для замещения дефектов костных тканей (ИКТ) (рис. 2).

Во 2-й группе (11 пациентов, 11 орбит) имплантаты изготавливались с использованием 3D-метода зеркальной со здоровой стороны визуализации и распечаткой на 3D-принтере прототипа модели черепа. Имплантат изготавливался из акриловой пластмассы холодной полимеризации для ортодонтических аппаратов. Во всех случаях энуклеации или отсроченного формирования ОДК использовались ВИО «Экофлон». Данные имплантаты были зарегистрированы в Государственном центре экспертизы и стандартизации лекарственных средств, изделий медицинского назначения и медицинской техники РУз (рег. номер ТВ/Х 04262/03/21 и ТВ/Х 06309/06/23 соответственно).

Изготовление модели имплантата для средней зоны лицевого скелета и орбиты осуществлялось с помощью систем быстрого прототипирования с использованием технологии FDM (Fused Deposition Modeling) аддитивного производства, по предложенной технологии Азизова М.М. и соавторов [11]. Технология FDM подразумевает создание трехмерных объектов за счет нанесения последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Нагревающая головка с фильерами (экструдер) расплавляет тонкую пластиковую нить и послойно укладывает ее согласно данным математической 3D-модели [11]. Пошаговый порядок изготовления 3D-имплантата представлен на рис. 3.



Рис. 1. Сферический вкладыш-имплантат орбитальный (ВИО) «Экофлон»
Fig. 1. Spherical orbital implant liner (OIL) "Ecoflon"



Рис. 2. Имплантат для замещения дефектов костных тканей (ИКТ) «Экофлон»
Fig. 2. Implant for bone tissue defects replacement (IBT) "Ecoflon"



Рис. 3. Порядок действий при изготовлении индивидуализированного прецизионного имплантата для восполнения костного дефекта стенок орбиты и средней зоны лица
Fig. 3. Procedure of actions during the manufacturing of the individualised precision implant for the bone defect replacement of the orbital walls and the middle zone of the face

Для оценки эффективности реабилитационных мер до и после проведенного лечения проводилось исследование качества жизни пациентов с использованием разработанного нами опросника [17].

Критерии оценки эффективности по пятибалльной системе мы разделили на две группы: первую оценивал врач-офтальмолог, а вторую сам пациент. Сбор данных осуществлялся путем анкетирования пациентов прямым способом в сроки: перед операцией, через 6 месяцев после хирургического лечения сразу после изготовления индивидуального глазного протеза, через 12 месяцев и через 3 года ношения протеза.

Врач-офтальмолог при осмотре каждого пациента, пришедшего на глазное протезирование, фиксировал результаты осмотра. Затем пациенту задавались вопросы о его субъективных ощущениях и ответы фиксировались в карте. В ходе тестирования пациенту предлагалось выразить свое отношение к каждому вопросу, выбрав один из ответов. Сумма баллов по всем пунктам анкеты составляет «суммарный показатель качества жизни», который позволяет судить о степени снижения КЖ в целом. Чем больше количество баллов, тем выше КЖ.

Для оценки качества жизни включенных в работу пациентов использовались методы, которые были разделены на клинические, косметические и психологические.

Клинические методы оценивают состояние конъюнктивальной полости, ее сводов и качества опорно-двигательной культи (КонП и ОДК). Максимальная сумма баллов – 38.

С косметической точки зрения оценивалась симметричность протезированного и парного глаза (СимП) и удовлетворенность ощущением комфорта (УОК). Максимальная сумма баллов при оценке СимП составляет 90. При оценке УОК максимальная сумма баллов составила 65.

Психологический компонент здоровья (ПКЗ) состоит из оценок психического здоровья; ролевого функционирования, обусловленного эмоциональным состоянием; социального функционирования и жизненной активности. Максимальная сумма баллов составляет 85.

Результаты представлены в виде оценок в баллах, составленных таким образом, что более высокая оценка указывает на более высокий уровень КЖ. Возможная максимальная суммарная оценка по всем тестам – 278, что соответствует 100% качества жизни.

На основании выполненных исследований создана компьютерная база данных в системе Excel-2017.

Весь полученный материал подвергнут статистической обработке, проводившейся с использованием программы Statistica 10.0 (Stat Soft).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что во всех случаях глазное яблоко было потеряно как орган. В 9 (39,1%) случаях глаз отсутствовал. В 14 случаях (60,8%) был субатрофирован в различной степени выраженности. Травма явилась результатом ДТП в 7 (30,4%) случаях, бытовая травма в область орбиты – у 4 (17,4%) пациентов, падения с высоты – у 3 (13,1%), орбитокраниального или краниоорбитального ранения на производстве – у 9 (39,1%). Возраст пострадавших на момент травмы варьировал от 4 до 45 лет (медиана – 26 лет), преобладали лица мужского пола (М – 17; Ж – 6).

Таблица 1
Характеристика повреждений костных структур орбиты и средней зоны лица по группам
Table 1
Characteristics of the injuries of the bone structures of the orbit and the middle zone of the face by groups

Костная структура орбиты и средней зоны лица	1-я группа (пластины «Экофлон»)		2-я группа (акриловые 3D-импланты)	
	пациенты	%	пациенты	%
	12	100	11	100
Нижняя стенка (A4)	12	100	11	100
Медиальная стенка (D2)	5	41,6	8	72,7
Нижний край орбиты (A3)	–	0	10	90,9
Наружный край орбиты (A2)	1	8,3	4	36,7
Смещение скуловой кости (A1)	1	8,3	5	45,4

Деформация нижней стенки орбиты присутствовала во всех случаях в обеих группах. Перелом медиальной стенки орбиты в первой группе обнаружен у 5 (41,6%) пациентов, а во второй группе у 8 (72,2%). Деформации нижнего края орбиты в первой группе не выявлено, тогда как почти в 91% случаев (10 пациентов) она была обнаружена во второй группе. Деформация наружного края орбиты была выявлена всего у одного (8,3%) пациента первой группы при 4 пациентах (36,78%) во второй. Смещение костей средней зоны лица было диагностировано во второй группе в 5 случаях (45,4%) и всего лишь у одного пациента в первой группе (табл. 1).

Как видно из табл. 2, большая часть пациентов первой группы (75%) имели деформацию только одной структуры, тогда как у 91,4% пациентов второй группы были определены значительные смещения трех и более костных структур орбиты и средней зоны лица.

Данные МСКТ в формате DICOM пересылались фирме-производителю для создания имплантата соответствующего дизайна совместно с инженерами. Окончательный вариант дизайна имплантата согласовывался с оперирующим хирургом. Производство имплантатов представлено в разделе «Материалы и методы».

В табл. 3 представлены данные о произведенных операциях по реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица. Анализ полученных данных показал,

Таблица 2
Характеристика комбинированных повреждений костных тканей орбиты и средней зоны лица по группам
Table 2
Characteristics of the combined injuries of the bone tissues of the orbit and the middle zone of the face by groups

Количество одномоментно поврежденных костных структур	1-я группа (пластины «Экофлон»)		2-я группа (акриловые 3D-импланты)	
	Пациент	%	Пациент	%
	12	100	11	100
4	–	–	3	27,7
3	1	8,4	7	63,7
2	2	16,6	1	8,4
1	9	75	–	–

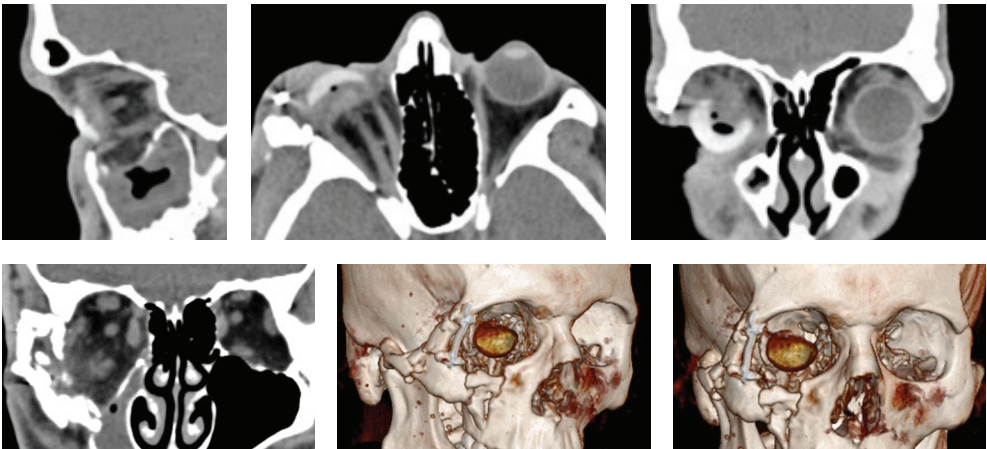


Рис. 4. МСКТ-картина костных тканей орбиты и средней зоны лица
 Fig. 4. MSCT picture of the bone tissues of the orbit and the middle zone of the face



Рис. 5. Цифровая 3D-модель имплантата для реконструкции нижней стенки и нижнего края орбиты
 Fig. 5. Digital 3D model of the implant for reconstruction of the inferior wall and the lower edge of the orbit

Таблица 3
 Структура проведенных операций по реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица по группам
 Table 3
 Structure of the performed operations on the reconstruction of the bone tissues of the orbit and the middle zone of the face by groups

Операция реконструкции костной структуры орбиты и средней зоны лица	1-я группа (пластины «Экофлон»)		2-я группа (акриловые 3D-имплантаты)	
	Пациент	%	Пациент	%
	12	100	11	100
Нижняя стенка	12	100	11	100
Медиальная стенка	5	41,6	6	54,5
Нижний край орбиты	–		10	90,9
Наружный край орбиты	–		6	54,5
Скуловая кость	–		5	45,5
Отсроченное формиров. ОДК (вкладыш «Экофлон»)	9	75	–	–
Энуклеация с формиров. ОДК (вкладыш «Экофлон»)	3	25	11	100

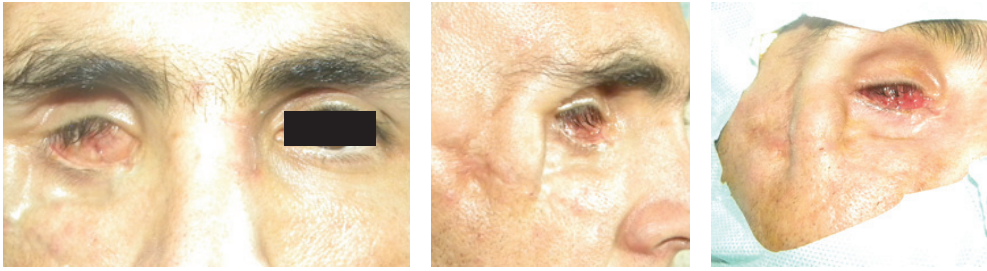


Рис. 6. Пациент Д. 26 лет. 1-я группа. Состояние до операции. Анофтальм, перелом нижней, медиальной стенок орбиты, наружного и нижних краев орбиты, смещение скуловой кости
Fig. 6. Patient D. 26 years old. Group 1. Preoperative condition. Anophthalmos. Fracture of the inferior, medial wall of the orbit, external and inferior margins of the orbit, displacement of the zygomatic bone



Рис. 7. Пациент Д. 26 лет. 1-я группа. Состояние после операции. Произведена реконструкция нижней стенки орбиты. Отсроченное формирование ОДК. Заполнение височной и скуловой зоны имплантатами, смоделированными из пластин для замещения костных тканей «Экофлон»
Fig. 7. Patient D. 26 years old. Group 1. Postoperative condition. Reconstruction of the lower wall of the orbit was performed. Delayed formation of the ODK. Filling of the temporal and zygomatic area with implants modelled from Ecoflon bone tissue replacement plates

что в первой группе, несмотря на наличие деформаций структур орбиты, имеющих сложную анатомическую форму, таких как края орбиты и скуловые кости (табл. 1), их восстановление не производилось.

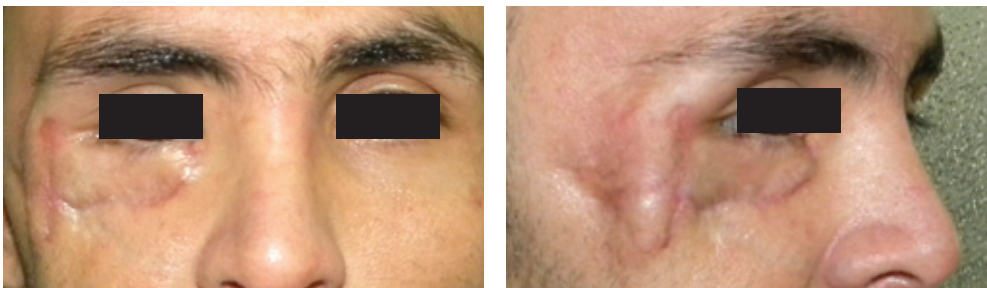


Рис. 8. Пациент Д. 26 лет. 1-я группа. Состояние после индивидуального глазного протезирования
Fig. 8. Patient D. 26 years old. Group 1. Condition after customised ocular prosthetics

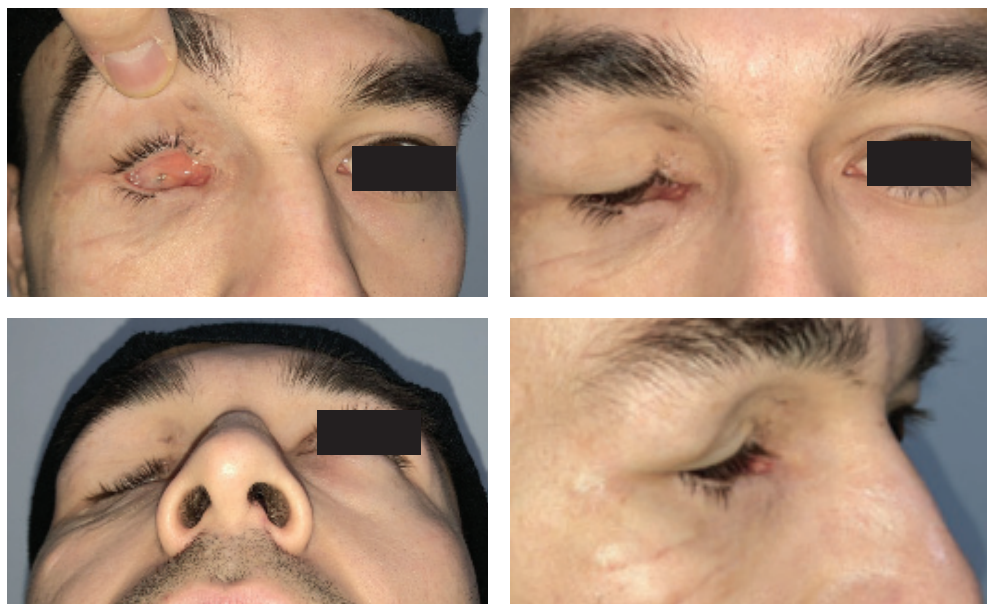


Рис. 9. Пациент О. 30 лет. 2-я группа. Состояние до операции. Анофтальм, перелом нижней, медиальной стенок орбиты, наружного и нижних краев орбиты, смещение скуловой кости
Fig. 9. Patient O. 30 years old. Group 2. Preoperative condition. Anophthalmos. Fracture of the inferior and medial walls of the orbit, the external and inferior edges of the orbit, displacement of the zygomatic bone

Во второй группе изготовление имплантатов на основе 3D-технологий позволило восстановить нормальные контуры не только стенок орбиты (нижняя – 11 (100%), медиальная – 6 (54,5%)), но и ее краев. Так, у 10 пациентов (90,9%) был восстановлен контур нижнего края орбиты, а у 5 пациентов (45,5%) – реконструирована скуловая кость, являющаяся одним из важных элементов, формирующих правильные контуры средней зоны лица.

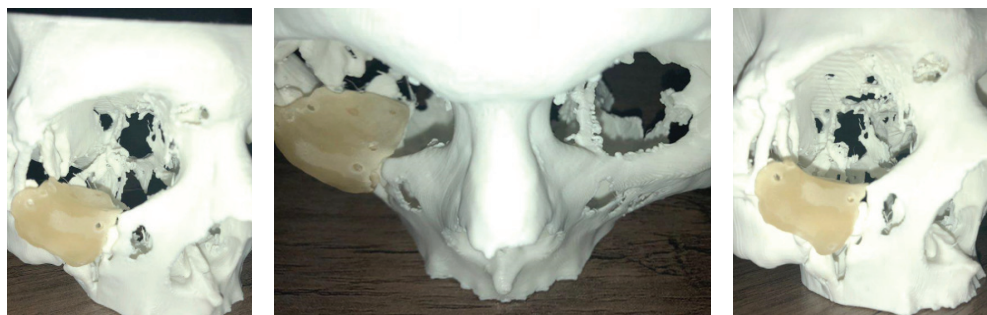


Рис. 10. Изготовленная акриловая 3D-модель имплантата для реконструкции нижней стенки и нижнего края орбиты, установленная на модель черепа пациента
Fig. 10. Manufactured acrylic 3D model of the implant for reconstruction of the lower wall and the lower edge of the orbit placed on the patient's skull model

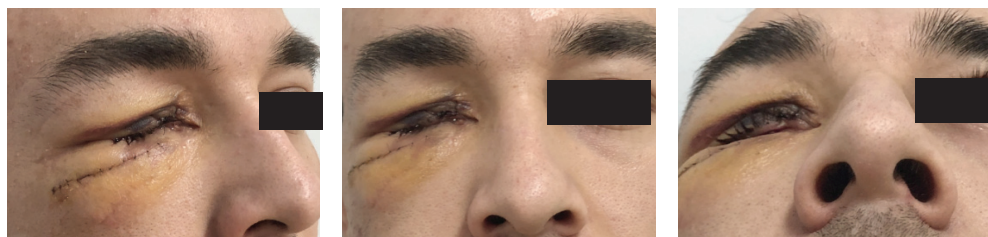


Рис. 11. Пациент О. 30 лет. 2-я группа. Состояние после операции. Анофтальм, перелом нижней, медиальной стенок орбиты, наружного и нижних краев орбиты, смещение скуловой кости
Fig. 11. Patient O. 30 years old. Group 2. Postoperative condition. Anophthalmos. Fracture of the inferior and medial walls of the orbit, external and inferior edges of the orbit, displacement of the zygomatic bone

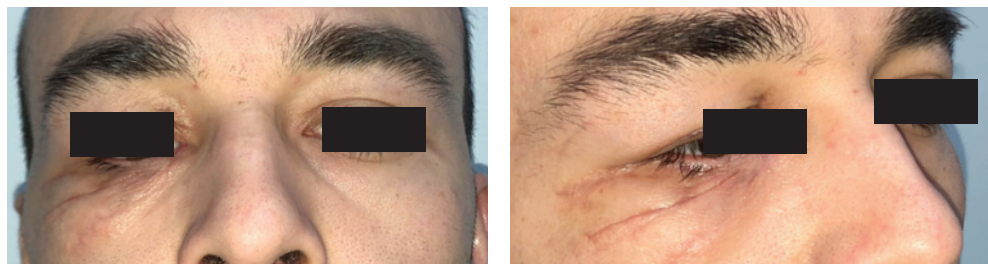


Рис. 12. Пациент О. 30 лет. 2-я группа. Состояние после операции и индивидуального глазного протезирования. Анофтальм, перелом нижней, медиальной стенок орбиты, наружного и нижних краев орбиты, смещение скуловой кости
Fig. 12. Patient O. 30 years old. Group 2. Condition after surgery and customised ocular prosthesis. Anophthalmos. Fracture of the inferior and medial walls of the orbit, the external and inferior edges of the orbit, displacement of the zygomatic bone

При исследовании КЖ пациентов перед началом лечения в обеих группах выявлены низкие параметры как по показателям психического, так и физического здоровья. Но во второй группе показатели были несколько ниже.

В сроки 6 месяцев после хирургического лечения и изготовления индивидуального глазного протеза показатели физического и психического компонентов здоровья в первой группе оказались в 1,2 раза выше ($p < 0,05$) (рис. 13), а во второй группе в 3 раза выше ($p < 0,05$) по сравнению с показателями до начала лечения (рис. 14).

При повторном анкетировании и обследовании пациентов в срок через 12 месяцев после изготовления протеза наблюдалось улучшение показателей по всем параметрам (рис. 13, 14).

При обследовании через 3 года после ношения глазного протеза показатели УОК чуть снизились, что было связано с истечением срока годности акрилового глазного протеза. Это проблема легко решалась заменой протеза на новый или полировкой поверхности старого протеза. Но показатели ПКЗ остались стабильно высокими.

Индивидуализация орбитальных имплантатов исторически достигалась путем предварительного формирования любого биоматериала во время операции и, таким образом, зависела от опыта и навыков отдельного хирурга. Авторы Бит Хаммер,

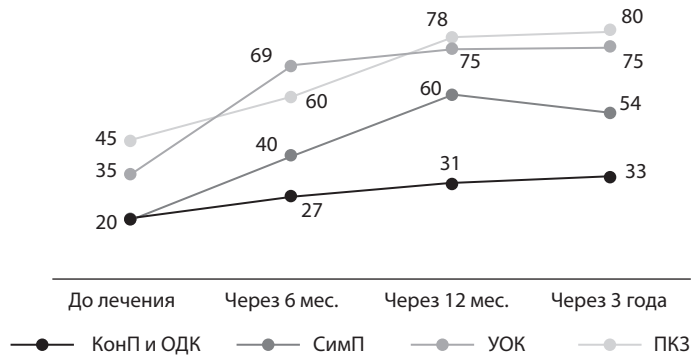


Рис. 13. Результаты исследования качества жизни в 1-й группе
Fig. 13. Results of the quality of life study in group 1

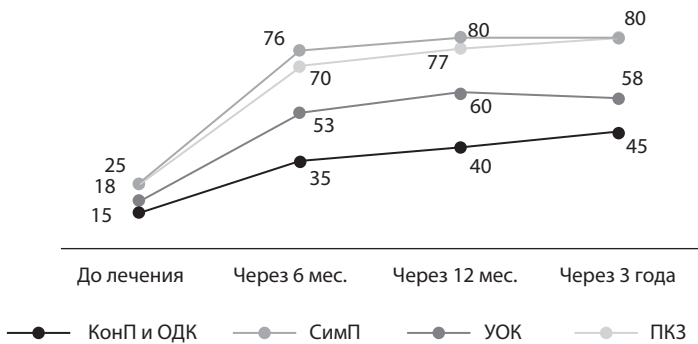


Рис. 14. Результаты исследования качества жизни во 2-й группе
Fig. 14. Results of the quality of life study in group 2

Джо Грусс, Пол Мэнсон и другие использовали свой собственный способ предварительной обработки или формовки неиндивидуальной эталонной модели с выдающимися результатами. С дальнейшим развитием технологий 3D-печати стало доступно все больше индивидуализированных биомodelей данной (деформированной) анатомии пациента или виртуально скорректированной анатомии для формирования индивидуального имплантата из непреформированного биоматериала как предоперационно, так и интраоперационно [15, 16]. Эта методика до сих пор является действенным и адекватным методом, позволяющим освоить практически все виды коррекции черепно-лицевых деформаций. Новейшие технологии позволяют даже создавать на 3D-принтере биомodelи для конкретных пациентов, которые можно автоклавируют. Оптимальное положение имплантата можно определить исходя из особенностей пациента и дефекта, можно даже оценить готовые имплантаты нескольких размеров или разных производителей [20–22].

По данным авторов [18–19], индивидуальные имплантаты, изготовленные с помощью CAD/CAM, все чаще используются для реконструкции орбиты. Титановые



сетчатые конструкции доказали свои благоприятные характеристики материала для реконструкции орбит. Селективное лазерное плавление титанового порошка позволяет изготавливать высокоточные титановые сетчатые конструкции любой сложности и геометрии.

На сегодняшний день такие имплантаты для конкретного пациента можно изготовить в течение нескольких дней от планирования хирургической реконструкции, что дает возможность использовать их даже для первичных, а не исключительно для вторичных оперативных вмешательств. Вышеупомянутые параметры функционализации и профилактического дизайна максимально включены в конструкцию имплантата, так что не только «идеальная крышка может быть изготовлена для отдельной кастрюли», но и «идеальная крышка может сидеть в идеальном положении». Точная посадка имплантата, использование хирургических шаблонов, включение «старых» положений винтовых отверстий из первичной реконструкции (во вторичных случаях), а также использование навигационных маркеров или линеек – все это помогает в достижении данной цели [23, 24].

Согласно вышеизложенным данным, в работе была изучена эффективность использования 3D-технологий при планировании и проведении хирургических реконструктивных вмешательств, что показало повышение качества жизни пациентов через 6 месяцев после хирургического лечения и изготовления индивидуального глазного протеза, показатели физического и психического компонентов здоровья в первой группе оказались в 1,2 раза выше ($p < 0,05$), а во второй группе в 3 раза выше ($p < 0,05$) по сравнению с показателями до начала лечения. Через 3 года после реконструкции и индивидуального протезирования показатели УОК были несколько ниже, что связано с ухудшением состояния акрилового глазного протеза, при этом показатели ПКЗ оставались стабильно высокими.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение 3D-технологий для планирования операции и изготовление индивидуальных имплантатов для устранения дефектов стенок орбиты и замещения костных структур позволяет производить эффективные реконструктивные операции пациентам со сложными комбинированными деформациями, а также сократить время и стоимость их реабилитации.

Правильный выбор имплантационного материала и метода реконструкции костных тканей орбиты и средней зоны лица с учетом объема подлежащих устранению деформаций обеспечивает высокое качество медицинской и социальной реабилитации пациентов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Azarchenko K. *Comparative evaluation of surgical treatment methods for zygomatico-orbital complex fractures* (Phd Thesis). St. Petersburg. 1998:19 p.
2. Volkov V. *Combined mechanical injuries to the visual organ during the Great Patriotic War of 1941–1945 and at present. Treatment of facial injuries in victims with multiple and combined trauma*. L.: LNIITO. 1986:124–130.
3. Gorbachev D., Danilichev V. *Orbital injuries. Modern ophthalmology: Manual for doctors*. St. Petersburg: Piter. 2000:460–496.
4. Gorbunov A. *Possibilities of computed tomography in complex diagnostics of eye and orbit injuries* (Phd Thesis). L. 1988:20 p.
5. Grebnev G., Sviridenko A., Krasikov A. *Comparative characteristics of classifications of midface injuries. Experimental and theoretical studies*. 2021;25(4):307–313.
6. Grusha Ya. *Modern aspects of reconstructive surgery for orbital injuries. Bulletin of Ophthalmology*. 2014;130(6):50–55.

7. Eolchiyan S., Kataev M., Serova N., Sergeeva L. Reconstruction of the fronto-orbital region and elimination of basal meningoencephalocele in traumatic brain injury. *Proceedings of the IV Congress of Neurosurgeons of Russia*. Moscow. 2006:329.
8. Eolchiyan S., Kataev M., Serova N., Sergeeva L. Reconstructive surgery for combined orbital trauma. *Collection of materials from the national congress PLASTIC SURGERY*. Moscow. 2011:104–105.
9. Kugoeva E., Aslanova A., Kulieva Z. Features of the clinical picture of combined injuries to the organ of vision and the adnexa of the eye in conditions of peaceful and combat injuries. *Bulletin of Ophthalmology*. 2002;4:11–13.
10. Levchenko O. *Surgical treatment of cranio-orbital injuries in the acute period of traumatic brain injury* (Phd Thesis). M. 2012: 43 p.
11. Azizov M., Makhkamov K., Gubaydullin R., Reshetchenko A. Computer engineering and additive technologies in neurosurgery: manufacturing of craniofacial implants using automated design and 3D printing. *Shoshilinch tibbiyot axborotnomasi*. 2018;11(4):39–45.
12. Makhkamov K., Boymenov Sh., Azizov M., Mazkamov M., Nasimov S. Use of modern biopolymers in reconstructive surgeries of the craniofacial region. Literature review. *Bulletin of Emergency Medicine*. 2022;15(1):70–75.
13. Nikolaenko V., Astakhov Yu. Part 1. Epidemiology and classification of orbital fractures. Clinical presentation and diagnostics of orbital floor fractures. *Ophthalmological Bulletin*. 2009;11(2):56–70.
14. Sidorenko E., Gorbunova E., Lekishvili M., Barakina O. Surgical treatment of traumatic orbital injuries in children. *Vestn. oftalmology*. 2005;121(2):41–42.
15. Stuchilov V. *Clinic, diagnostics and treatment of victims with trauma of the zygomatic-orbital region* (Phd Thesis). Perm. 1988:18 p.
16. Khodjaev D., Khodjaeva M. Surgical correction of facial asymmetry in patients with post-radiation atrophy of the anophthalmic orbit after treatment of retinoblastoma – Ekaterinburg. *Proceedings of the 5th Euro-Asian Conference on Ophthalmic Surgery*. 2009:237–238.
17. Yusupov A., Khodjaev D., Saidoripova F. Assessment of the quality of life of patients with anophthalmos before and after a set of rehabilitation measures. *Bulletin of TMA*. 2023;12:155–157.
18. Antonelli V., Cremoni A.M., Campobassi A., Pascarella R., Zofrea G., Servadei F. Traumatic encephalocele related to orbital roof fracture: report of six cases and literature review. *Surg Neurol*. 2002;57:117–25.
19. Ataulah S., Whitehouse R.W., Stelmach M. et al. Missed orbital wall blow-out fracture as a cause of post-enucleation socket syndrome. *Eye*. 1999;13(pt 4):541–544.
20. Bruns N., Krettek C. 3D-Druck in der Unfallchirurgie: Planung, Druck und Aufbereitung [3D-printing in trauma surgery: Planning, printing and processing]. *Unfallchirurg*. 2019;122:270–7. (in German)
21. Essig H., Dressel L., Rana M., Rana M., Kokemueller H., Ruecker M. et al. Precision of posttraumatic primary orbital reconstruction using individually bent titanium mesh with and without navigation: a retrospective study. *Head Face Med*. 2013;9:18.
22. Eufinger H., Wehmöller M., Harders A., Heuser L. Prefabricated prostheses for the reconstruction of skull defects. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1995;24:104–10.
23. Eufinger H., Wehmöller M., Machten S., Heuser L., Harders A., Kruse D. Reconstruction of craniofacial bone defects with individual alloplastic implants based on CAD/CAM-manipulated CT-data. *J Craniomaxillofac Surg*. 1995;23:175–81.
24. Fuessinger M.A., Schwarz S., Neubauer J., Cornelius C.P., Gass M., Poxleitner P. et al. Virtual reconstruction of bilateral midfacial defects by using statistical shape modeling. *J Craniomaxillofac Surg*. 2019;47:1054–9.
25. Hodjaev D., Hodjaeva M. *Retinablastom tedavi sonrası anoftalmi orbitanın postradiasyon atrofi olgularda cerrahi rehabilitasyonundaki bizim tecrübe*. Antalya. 2010, TOD 44 Ulusal Oftalmoloji Kongresi Son Duyuru ve Özet Kitabı, 172.
26. Hohlweg-Majert B., Schön R., Schmelzeisen R., Gellrich N.C., Schramm A. Navigational maxillofacial surgery using virtual models. *World J Surg*. 2005;29:1530–8.
27. Gellrich N.C., Dittmann J., Spalthoff S., Jehn P., Tavassol F., Zimmerer R. Current strategies in post-traumatic orbital reconstruction. *J Maxillofac Oral Surg*. 2019;18:483–9.
28. Gellrich N.C., Schramm A., Hammer B., Rojas S., Cufi D., Lagrèze W. et al. Computer-assisted secondary reconstruction of unilateral posttraumatic orbital deformity. *Plast Reconstr Surg*. 2002;110:1417–29.
29. Gellrich N.C., Rahlf B., Jehn P., Spalthoff S., Korn P. Outcome and quality of life after individual computer-assisted reconstruction of the midface. *Laryngorhinootologie*. 2022;101(S01):90–102.
30. Gruss J.S., Van Wyck L., Phillips J.H., Antonyshyn O. The importance of the zygomatic arch in complex midfacial fracture repair and correction of posttraumatic orbitozygomatic deformities. *Plast Reconstr Surg*. 1990;85:878–90.
31. Nikunen M., Rajantie H., Marttila E., Snäll J. Implant malposition and revision surgery in primary orbital fracture reconstructions. *J Craniomaxillofac Surg*. 2021;49:837–44.
32. 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;73:1113–8.
33. Strong E.B. Orbital fractures: pathophysiology and implant materials for orbital reconstruction. *Facial Plast Surg*. 2014;30:509–17.
34. Singh D.D., Schorn L., Strong E.B., Grant M., Schramm A., Hufendiek K. et al. Computer-assisted secondary orbital reconstruction. *Craniomaxillofac Trauma Reconstr*. 2021;14:29–35.
35. Schreurs R., Wilde F., Schramm A., Gellrich N.C. Intraoperative feedback and quality control in orbital reconstruction: the past, the present, and the future. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2021;29:97–108.
36. Thiele O.C., Nolte I.M., Mischkowski R.A., Safi A.F., Perrin J., Zinser M. et al. Craniomaxillofacial patient-specific CAD/CAM implants based on cone-beam tomography data – a feasibility study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2018;46:1461–4.
37. Wilde F., Lorenz K., Ebner A.K., Krauss O., Mascha F., Schramm A. Intraoperative imaging with a 3D C-arm system after zygomatico-orbital complex fracture reduction. *J Oral Maxillofac Surg*. 2013;71:894–910.
38. Zeller A.N., Neuhaus M.T., Gessler N., Skade S., Korn P., Jehn P. et al. Self-centering second-generation patient-specific functionalized implants for deep orbital reconstruction. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2020;122:372–80.
39. Zimmerer R.M., Ellis E. 3rd, Aniceto G.S., Schramm A., Wagner M.E., Grant M.P. et al. A prospective multicenter study to compare the precision of posttraumatic internal orbital reconstruction with standard preformed and individualized orbital implants. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44:1485–97.