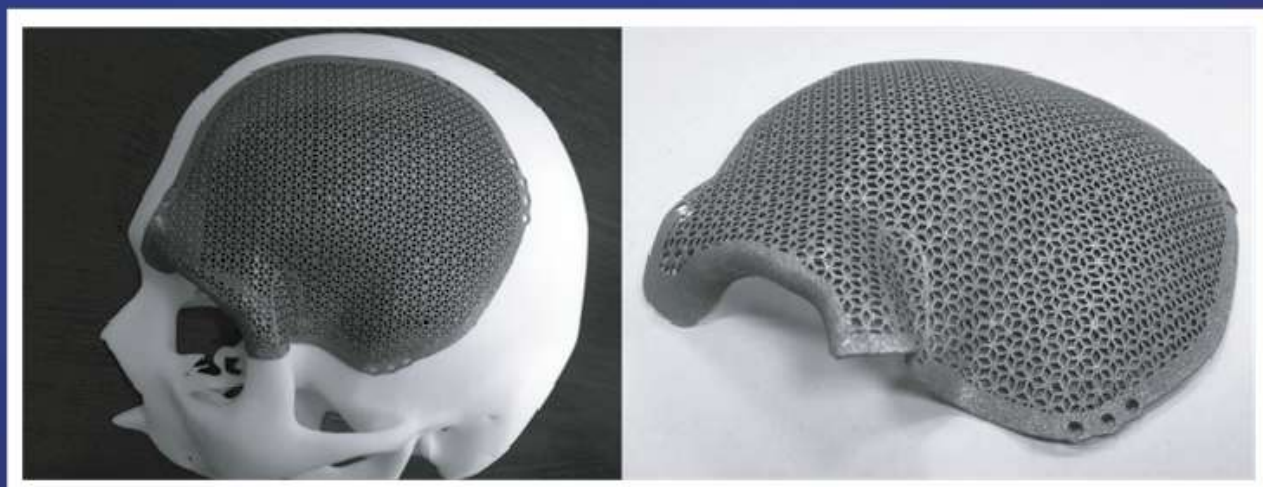


С.В. Мишинов

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ЧЕРЕПА



Учебное пособие

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии
и ортопедии им. Я. Л. Цивьяна» Министерства здравоохранения
Российской Федерации

С.В. Мишинов

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ЧЕРЕПА

Учебное пособие

Новосибирск
2026

УДК 616.714.1 — 089.844 (075)
ББК 54.58
М — 71

*Издается по решению Ученого совета
ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России
(протокол от 13.03.2026 г. № 4)*

Рецензенты:

Шнякин Павел Геннадьевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии с курсом ПО ФГБОУ ВО «КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, руководитель регионального сосудистого центра КГБУЗ «Краевая клиническая больница», главный внештатный нейрохирург МЗ Красноярского края, г. Красноярск

Шагинян Гиа Гарегиневич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой сочетанных и комбинированных повреждений ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Москва

**Пособие подготовил сотрудник ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна»
Минздрава России:**

Мишинов Сергей Валерьевич — начальник научно-исследовательского отдела проектной и инновационной деятельности, врач-нейрохирург, доктор медицинских наук; e-mail: smishinov@niito.ru

Хирургическое лечение дефектов черепа: учебное пособие / С. В. Мишинов. — Новосибирск, ФГБУ «ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна» Минздрава России, 2026. — 40 с.

В учебном пособии освещены основные аспекты классификации дефектов черепа, показаний и противопоказаний к реконструктивным вмешательствам, направленным на их закрытие; обозначены косметические и клинические аспекты краниопластики; описаны основные осложнения оперативных вмешательств, приведены современные подходы к изготовлению имплантатов для закрытия дефектов черепа.

Пособие предназначено для клинических ординаторов, студентов, аспирантов, врачей нейрохирургов, врачей неврологов, а также для врачей других профилей. Распространяется бесплатно.

УДК 616.714.1 — 089.844 (075)
ББК 54.58

ISBN 978-5-6055135-0-6

© С.М. Мишинов, 2026
© ННИИТО, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
Эпидемиология дефектов черепа.....	5
Классификация.....	6
Косметические и клинические аспекты краниопластики.....	8
Показания к проведению краниопластики и сроки её выполнения.....	11
Современные методики оперативных вмешательств по закрытию дефектов костей черепа.....	13
Исходы, риски и осложнения реконструктивных вмешательств при дефектах черепа.....	18
ДИАГНОСТИКА.....	22
КОНСЕРВАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ.....	24
ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ.....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	30
ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ.....	36
ОТВЕТЫ К ТЕСТОВЫМ ВОПРОСАМ.....	38

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Краниопластика — это хирургическая операция по восстановлению целостности костей черепа после трепанации, травмы или врожденного дефекта.

Краниэктомия (Резекционная трепанация) — это хирургическая процедура, при которой безвозвратно удаляется часть костей черепа.

Краниотомия (Костно-пластическая трепанация) — это хирургическая процедура, при которой резецированный участок черепа после завершения основного хирургического этапа устанавливается в область сформированного дефекта черепа и фиксируется при помощи специальных устройств.

Декомпрессионная трепанация черепа — краниэктомия, выполняемая с обязательным вскрытием твердой мозговой оболочки и выполнением её пластики.

Имплантат — класс изделий медицинского назначения, используемых для вживления в организм в качестве протезов, заменителей утраченных тканей.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЧМТ — черепно-мозговая травма

ДЧ — дефект черепа

DMLS — Direct Metal Laser Sintering (прямое лазерное спекание или сплавление металлов)

EBM — Electron Beam Melting (электронно-лучевое плавление)

SLA — Stereolithography (стереолитография)

SLS — Selective Laser Sintering (селективное лазерное спекание)

FDM — Fused Deposition Modeling (метод послойного наплавления)

ВВЕДЕНИЕ

Эпидемиология дефектов черепа

В настоящий момент на территории России отсутствует реестр больных с дефектами костей черепа. В связи с этим точной федеральной статистики о числе больных нуждающихся в краниопластике нет. Имеются точечные эпидемиологические исследования, которые не лишены ограничений. Так, в исследовании Копорушко Н. А. и соавт. [1] указываются следующие данные. За период с 2013 по 2017 годы включительно на амбулаторный этап из стационаров города Новосибирска было выписано 819 человек, потенциально нуждавшихся в закрытии имеющихся у них костных дефектов черепа. Распространенность данной патологии за исследуемый пятилетний период составила в среднем 10,5 случаев на 100 000 населения в год. Среди причин выполнения краниэктомий более половины (~54%) приходилось на тяжелую и среднетяжелую черепно-мозговую травму (ЧМТ), второе и третье место (~ по 20%) делили новообразования центральной нервной системы и церебральная сосудистая патология. Двусторонние посттравматические дефекты в абсолютном большинстве встречались у больных, перенесших ЧМТ. Приведенные данные согласуются с данными литературы, указывающей на доминирование травмы головы среди причин краниэктомий.

ЧМТ остается одной из наиболее острых медицинских и социальных проблем. Ее актуальность обусловлена большой ее распространенностью среди населения, значительными потерями трудоспособности и инвалидизацией, высокой смертностью, а также тем, что она охватывает наиболее социально и экономически активную часть общества — молодых и людей среднего возраста. В России травмы в целом занимают второе место среди причин смерти и являются основной причиной утраты трудоспособности. Тяжелые формы ЧМТ приводят к летальному исходу в 60–80% случаев. По литературным данным, в России ежегодно около 600 тысяч человек получают ЧМТ, что составляет до четырёх и более случаев на тысячу населения. Примерно 50 тысяч из них погибают, и столько же становятся инвалидами, хотя реальные цифры могут быть выше [2]. В развитых странах

несмотря на то, что травмы уступают по смертности сердечно-сосудистым и онкологическим заболеваниям, ЧМТ наносит наибольший суммарный экономический и медико-социальный ущерб обществу [3].

Для получения достоверных данных о распространенности ЧМТ проводятся специальные исследования, охватывающие все случаи травм на конкретных территориях. Отмечается, что частота ЧМТ различается по регионам и часто недооценивается из-за отсутствия централизованного учета пострадавших.

Пациенты, перенесшие декомпрессионную трепанацию, после выписки из стационара, как правило, находятся под амбулаторным наблюдением по месту жительства. Значительная доля данной когорты пациентов как было указано выше являются инвалидами. Реконструктивная хирургия, направленная на устранение приобретенного дефекта костей черепа, обладает потенциалом для частичного восстановления утраченных функций и реинтеграции пациента в активную трудовую и социальную среду.

Классификация

В рамках клинических рекомендаций по реконструктивной хирургии дефектов черепа, утвержденных Ассоциацией нейрохирургов России предложена классификация дефектов черепа (ДЧ). Она подразумевает ряд характеристик дефектов, а именно причину, размеры, форму, количество, локализацию, сторону дефекта, расположение относительно крыши и основания черепа, состояние окружающей костной ткани в зоне дефекта, характер функционирования зоны дефекта, состояние мягких тканей в области дефекта, сопутствующий посттравматический мозговой субстрат, ведущий клинический синдром [4].

Размер ДЧ имеет значение для определения показаний к операции и учитывается при выборе материала и метода реконструкции. В исследованиях отечественных авторов, как правило, за основу распределений дефектов по их размерам используется указанная выше классификация [5]. В исследовании С. А. Чобулова [5] также дополнительно был введен критерий гигантских дефектов костей черепа площадью более 120 см^2 , который в последующем несколько изменил градацию дефектов по размерам

[4], сформировав группы малых — до 30 см², больших — до 60 см², обширных — до 120 см² и гигантских — свыше 120 см².

В работах зарубежных авторов ранжирование дефектов в зависимости от их площади значительное варьирует, что говорит об отсутствии единой классификации. Сводные метрики ранжирования дефектов костей черепа в анализированных исследованиях представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Ранжирование размеров дефектов костей черепа в исследованиях

Авторы	Малые	Средние	Большие	Гигантские
Распределение в зависимости от площади дефекта				
Schwarz et al. [6]	≤70 см ²	71–90 см ²	91–110 см ²	>110 см ²
Williams et al. [7]	0–40 см ²	41–80 см ²	81–100 см ²	>100 см ²
Fischer et al. [8]	<50 см ²	50–100 см ²	>100 см ²	–
Mukherjee et al. [9]	<60 см ²	60–100 см ²	>100 см ²	–
Uygun et al. [10]	<25 см ²	25–200 см ²	>200 см ²	–
Некатегоризованное бинарное разделение				
Lindner et al. [11]	<100 см ²		>100 см ²	
Распределение в зависимости от прямолинейных размеров дефекта				
Rosinski et al. [12]	<5 см	5–10 см	>10 см	–
Maqbool et al. [13]	<3 см	3–6 см	6–10 см	>10 см
Amy Li et al. [14]	Малые: <5 см		Большие: >5 см	

Как видно из проведенного анализа публикаций, стандартизированной классификации размеров дефектов костей черепа не существует. При этом обоснование приводимым интервалам для классификации дефектов в зависимости от их размера дают Safak Uygun et al. (Турция) [10], аргументируя их ролью для последующего выбора материала для краниопластики. Помимо этого, в большинстве исследований, базирующихся на определении площади, не указывается методология её определения. Так Julius Nöhne et al. (Германия, Египет) [15] предлагают подсчитывать площадь ДЧ по формуле площади эллипсоида ($S = \pi \times a \times b$ [см²], где a — наибольший полу диаметр, b — наименьший полу диаметр эллипсоида).

Косметические и клинические аспекты краниопластики

Одним из важных составляющих оценки результатов реконструктивных операций на черепе является удовлетворенность косметическими исходами самого больного. Для оценки удовлетворенности результатами хирургического лечения разработан ряд специальных опросников, большинство из них делает акцент на общем самочувствии и качестве жизни оперированных пациентов. В эстетической хирургии имеются адаптированные опросники для каждого отдельного раздела: маммопластика, подтяжка лица, пластика носа и т. д. Для оценки результатов реконструктивных оперативных вмешательств на черепе имеется опросник, разработанный Fischer С. М. et al. (2012) [8]. Однако у авторов отсутствуют результаты балльной стратификации и валидации предложенной шкалы.

Пациенты, перенесшие резекцию костей черепа в перiorбитальной области жалуются на обезображивающие дефекты [16] и настаивают на проведении краниопластики. Больные работоспособного возраста, в силу возникших последствий оперативного лечения, приобретают статус инвалида, соответственно, эффективность их реабилитации и возврат к полноценной трудовой деятельности являются важными социально-экономическими задачами.

Анализ литературы показывает, что наиболее часто отрицательные косметические результаты отмечаются в лобно-височных областях, поскольку, с одной стороны, эти зоны не закрыты волосным покровом и хорошо различимы как окружающими, так и самими больными. С другой стороны, дополнительный вклад привносит послеоперационная атрофия височной мышцы, как правило, усугубляемая при повторных операциях, соответственно реконструктивные вмешательства довольно часто не приносят желаемых косметических результатов как для больного, так и для хирурга [17].

В литературе не встречается информация о достоверных предикторах атрофии височной мышцы, однако не вызывает сомнения, что манипуляции с ней в той или иной мере приведут к уменьшению её объёма. В качестве потенциальных факторов, способствующих дистрофическим процессам, можно выделить следующие: 1) отсутствие фиксации мышцы к месту её исход-

ного крепления при проведении краниэктомии, вследствие чего она сокращается и смещается книзу, сморщивается, перестает принимать участие в жевательном акте и постепенно замещается соединительной тканью; 2) пересечение поверхностной височной артерии при краниэктомии или при краниопластике и нарушение адекватного кровоснабжения; 3) термическое повреждение самой мышцы и мелких нервов в её толще при отсепаровке от кости при помощи коагуляции. Провести достоверный учёт данных факторов при операциях для дальнейшего их анализа представляется крайне сложным, поскольку они встречаются как при первичной, так и при повторной операции в области сформированного дефекта. Для нивелирования косметических изъянов, связанных с атрофией височной мышцы, апробировались различные методики: инъекции гиалуроновой кислоты [18]; фрагменты собственной кости, укладываемые под мышцу [19]; использование полиэфирной сетки (Mersilene Mesh) [20]; укладывание жирового лоскута в височную ямку [21]; установка дополнительных имплантатов [22].

Некоторые авторы предлагают модифицировать кривизну имплантата при краниопластике с учетом того, что атрофия височной мышцы в любом случае разовьётся после операции. Тем не менее, в производстве индивидуальных имплантатов при компьютерном моделировании применяют подход отображения поверхности черепа со здоровой стороны.

Динамика когнитивных функций после краниопластики представляет высокий интерес, однако одновременно с этим является малоизученным аспектом. Улучшение ментальных функций приводит к повышению качества жизни пациентов, соответственно вносит свой вклад в реабилитацию больных с дефектами черепа. Для объективизации результатов помимо клинического интервью используют ряд тестов (оценку ситуативной и личностной тревожности по Спилбергеру-Ханину, нейропсихологическое исследование по А. Р. Лурии, тест 10 слов, Монреальскую шкалу оценки когнитивных функций (MoCA), оценку по шкале MMSE (Mini Mental State Examination), батарею лобной дисфункции (FAB), шкалу депрессии Бека). Исследования демонстрируют, что после выполненной краниопластики отмечается снижение

уровня депрессии, снижение ситуативной и личностной тревожности. Одновременно с этим происходит улучшение когнитивных функций и положительная динамика в эмоциональном состоянии пациентов.

Положительная динамика в когнитивных функциях ассоциирована с улучшением показателей перфузии мозга, что подтверждают, как отдельные клинические наблюдения, так и систематические обзоры литературы. S. Chibbaro и соавт. [23] приводят данные об улучшении неврологического и когнитивного статуса у 92% из 24 пациентов спустя 6 месяцев после выполненной краниопластики, что связывают с улучшением показателей кровотока по средней мозговой артерии как в систолическую, так и в диастолическую фазу.

Улучшение церебральной гемодинамики является важным индикатором в положительной динамике клинических проявлений, однако не следует забывать, что в основе лежит улучшение метаболизма. Так P. A Winkler и соавт. [24] демонстрируют, что после краниопластики наблюдается улучшение метаболической активности не только в ипсилатеральном полушарии, но и на противоположной дефекту стороне.

Положительный эффект на церебральную перфузию был продемонстрирован не только при проведении перфузионной компьютерной томографии, но при проведении SPECT (Single-photon emission computed tomography) с радиофармпрепаратом [25], авторы солидарны с научным сообществом в части подтверждения положительных эффектов от краниопластики на неврологические и когнитивные функции.

Проведение краниопластики, в особенности ранней, приводит к скорейшей нормализации внутричерепного давления, регуляция которого страдает после проведения краниэктомии.

Ряд исследований, посвященных комплексным эффектам краниопластики указывают на улучшение ликвороциркуляции, нормализацию внутричерепного и церебрального перфузионного давления, а также улучшение неврологического и общего статуса пациентов.

Показания к проведению краниопластики и сроки её выполнения

Согласно клиническим рекомендациям по реконструкции дефектов костей черепа, показания к краниопластике чётко не определены и чаще всего доминируют косметические обстоятельства, основными критериями считаются размеры и локализация дефекта. С другой стороны, длительное персистирование ДЧ приводит к целому ряду негативных явлений: судорожный синдром, пролабирование мозгового вещества в дефект с возможным ущемлением коры головного мозга, либо его западение, вплоть до коллапса и смещения срединных структур мозга, развитие синдрома трепанированных. Краниопластика предотвращает воздействие атмосферного давления на мозговое вещество, улучшает мозговую кровоток и ликвороциркуляцию, что приводит к клиническим и неврологическим улучшениям [26,27].

Grant и Norcross в 1939 г. в работе, посвященной краниопластике [28], приводят показания для её проведения, которые остаются актуальными и сегодня: 1) сильная головная боль и дискомфорт в области дефекта; 2) эпилепсия из-за травмы, вызвавшей дефект; 3) обезображивающий вид пациента; 4) пульсация дефекта, сопровождающаяся болевыми ощущениями; 5) опасность травмы в области дефекта.

D. Stula [27] в качестве показаний для краниопластики определяет следующее: 1) предотвращение или устранение коллапсов полушарий или смещения средней линии; 2) лечение обширных ликворных кист; 3) защита от механических воздействий; 4) восстановление контура черепной кости и косметического внешнего вида; 5) размер дефекта костей черепа более 4 см². Противопоказания: 1) повышенное внутричерепное давление и пролабирование мозгового вещества; 2) неудовлетворительное состояние кожных покровов (грубые рубцовые деформации и т.п.); 3) невозможность адекватного закрытия раны на фоне устанавливаемого имплантата; 4) признаки локальной или генерализованной инфекции; 5) дефекты менее 2 см в диаметре, покрытые толстым слоем мягких тканей/мышц.

Перечисленные противопоказания носят скорее относительный характер, поскольку в настоящий момент имеются методики,

позволяющие проводить косметические вмешательства с наращиванием площади адекватного кожного покрова с применением дерматензии. Этап краниопластики совмещают с проведением кожной пластики, иссекая неадекватный кожный покров и перемещая сформированный лоскут. Ситуации, сопровождающиеся пролабированием мозгового вещества, также возможно корректировать либо консервативной терапией, либо путем предшествующих вмешательств — установки вентрикулоперитонеального шунта с программируемым клапаном, что предпочтительнее, либо с клапаном фиксированного давления, установки кистоперитонеального шунтирования — в зависимости от имеющихся тканевых изменений со стороны мозга.

Сроки выполнения краниопластики

Как указано в клинических рекомендациях по реконструкции дефектов костей черепа, оптимальное время проведения краниопластики остаётся предметом дискуссий. Общая тенденция сводится к проведению закрытия дефекта костей черепа в короткие сроки — от 1 до 6 мес. с момента выполнения краниэктомии. Audin et al. [29] в качестве оптимального для краниопластики обозначают интервал от 3 до 6 мес., в случае наличия инфекции хирургическая пауза может продлиться до 1 года с момента купирования признаков воспаления. В результате проведенного систематического анализа Yadla et al. [30] заключают, что краниопластика, проведенная в срок до трёх месяцев после краниэктомии, достоверно не уменьшает риски развития инфекционных осложнений по сравнению с аналогичными вмешательствами, выполненными после трёх месяцев.

В работе Amy Li et al. [14] указывается, что в группе с самым длительным сроком (>90 дней) до краниопластики отмечался самый высокий уровень осложнений по сравнению с ранними (в течение 42 дней) и промежуточными (43–90 дней) группами. Однако в подгруппе пациентов, перенесших краниэктомию по экстренным показаниям, включая инсульт и травму, время до краниопластики существенно не влияло на осложнения, связанные с раной, хотя и влияло на число осложнений в целом.

Проведенное Piedra et al. в 2014 г. моноцентровое исследование сроков краниопластики после декомпрессивной краниэктомии по

поводу травмы выявило более низкие показатели инфицирования в группе раннего вмешательства (<12 недель), по сравнению с группой поздних операций (≥ 12 недель), однако эффекты были статистически незначимыми [31]. Malcolm et al. [32] провели метаанализ 25 небольших ретроспективных обсервационных исследований, а также определили, что не было статистической разницы в вероятности общих осложнений или инфекций между ранней (<3 мес.) и поздней краниопластикой; однако они обнаружили, что ранняя краниопластика значительно повышала возможность развития гидроцефалии. Напротив, в другом исследовании Thavarajah et al. [33] оценивалась 10-летняя ретроспективная серия из 82 случаев. Было обнаружено, что при краниопластике после травмы, выполненной в срок до 6 мес., отмечен более высокий уровень инфицирования, в результате чего авторы рекомендовали проводить краниопластику минимум через 6 мес. после краниэтомии.

Другое исследование, выполненное в рамках одного учреждения, проведенное Schuss et al. [34], и анализирующее 280 оперативных вмешательств, показало, что ранняя краниопластика (≤ 2 мес.) была достоверным предиктором послеоперационных осложнений после краниопластики.

В отечественной литературе в исследовании Д. В. Цеха с соавт. [35] указывается, что краниопластику следует проводить в ранние сроки — до двух месяцев после выполненной трепанации по поводу ЧМТ.

Как показывает анализ литературных источников, до сих пор нет однозначных выводов об оптимальных сроках выполнения краниопластики, хотя в случаях предшествующих инфекционных осложнений авторы единодушны в необходимости хирургической паузы.

Современные методики оперативных вмешательств по закрытию дефектов костей черепа

Методы проведения краниопластики можно разделить на две основные группы: с использованием индивидуальных, заблаговременно изготовленных имплантатов, и с применением стандартных заготовок — титановых сеток или полимерных смесей, которые моделируются и формируются непосредственно во время

оперативного вмешательства. Для этого, исходя из анатомической области черепа, которая восстанавливается, используется специальный хирургический инструмент, посредством которого хирург задаёт кривизну, а также размер имплантата путем обрезания излишних фрагментов титановой заготовки. В случае использования полимерных материалов хирург вручную придает им необходимую форму в период фазы полимеризации имплантата, когда последний обладает пластичностью. По мере окончания полимеризации и затвердевания полимера, модификация имплантата возможна лишь с помощью высокооборотных дрелей. Таким образом, в случае использования полимерных имплантатов из акриловых пластмасс хирург ограничен во времени для моделирования необходимых размеров и кривизны получаемого имплантата. Необходимость интраоперационного моделирования имплантата обусловлена тем, что кривизна черепа у пациентов варьирует. Но еще более существенным обстоятельством является то, что не существует каким-либо образом стандартизированных дефектов костей черепа, они отличаются в зависимости от патологии, по поводу которой исходно выполнялась краниэктомия, и могут значительно варьировать по площади — от нескольких квадратных сантиметров до нескольких сотен квадратных сантиметров. Данным обстоятельством обусловлено отсутствие серийных имплантатов для краниопластики, возможных к имплантации без какой-либо модификации. Интраоперационное моделирование имплантата увеличивает продолжительность оперативного вмешательства по сравнению с заранее изготовленными изделиями.

Стандартные имплантаты

Стандартные материалы, как было указано выше, представляют собой заготовки, из которых во время операции хирург формирует имплантат. Из всего разнообразия (ПММА, Рекост, Реперен, Codubix, гидроксиапатит, динамические сетки из титанового сплава) чаще всего в практике используют первый и последний. Применение титановых заготовок, по сравнению с ПММА, сокращает время оперативного вмешательства на 25–30 мин. Ряд авторов для улучшения эстетических характеристик предлагает использовать интраоперационную навигацию для верификации

необходимой кривизны формируемого имплантата.

Персонализированным подходом с применением стандартных изделий является использование титановых сетчатых имплантатов с заданной кривизной. В этом случае в качестве имплантатов используют титановые сетчатые сферические пластины с радиусом сфер R 100, 130, 150, 170 мм производства ЗАО «Конмет». В ходе указанных исследований из серии томограмм выбирали наиболее информативные изображения, в графическом редакторе формировали окружности стандартных радиусов (R 100, 130, 150, 170 мм) и путем их наложения на зону костного дефекта проводили выбор оптимального размера сферы.

Индивидуальные имплантаты

С внедрением в практику CAD/CAM-подходов в моделировании и трёхмерной печати в прототипировании, активное развитие получило индивидуальное медицинское производство. Его суть сводится к изготовлению имплантата для конкретного пациента с конкретным дефектом костей черепа на основе цифровых томографических данных. При указанном виде производства в качестве сырья используются те же материалы: PMMA, PEEK, Рекост, Codubix, гидроксиапатит и титан-алюминий-ванадиевый сплав. В случае последнего сам имплантат может быть получен либо путём формования по анатомической модели из листового титана (стандартной динамической титановой сетки), либо путем трёхмерной печати на промышленных установках аддитивного производства.

Первая работа по применению CAD/CAM технологий для закрытия дефектов костей черепа была опубликована Ono et al. в 1993 г. [36], авторы докладывают о применении четырех индивидуальных имплантатов из гидроксиапатита.

В пользу применения индивидуальных имплантатов высказываются многие авторы. Мотивацией для их использования являются большие размеры дефекта [6,35], сокращение длительности операции, снижение числа осложнений, лучшие косметические результаты [15], снижение количество винтов для фиксации имплантата.

Bonda et al. [37] в своем обзоре указывают на то, что использование индивидуальных имплантатов, полученных на основе способов трехмерного моделирования и печати, является наиболее очевидной перспективой реконструктивной нейрохирургии.

Zanotti et al. [38] в качестве главного вывода своего исследования говорят о том, что индивидуальные краниальные имплантаты должны стать золотым стандартом оперативных вмешательств в случаях дефектов костей черепа, превышающих 25 см², также указывая, что данный тип имплантатов позволяет достичь хороших косметических результатов. Использование индивидуальных изделий важно не только с клинических позиций, но и соответствует стратегии научно-технологического развития Российской Федерации о переходе к персонализированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения (утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).

Полимерные индивидуальные имплантаты

Пионером в направлении создания индивидуальных имплантатов в России являлся академик РАН, д-р мед. наук, профессор А. А. Потапов [16]. Технология заключается в создании имплантатов по цифровой модели черепа больного с дефектом(–ами) костей черепа и последующим использованием стереолитографических анатомических моделей черепа и пресс-форм. Индивидуальный имплантат получается путём прессования полиметилметакрилата в полученные пресс-формы, после отвердевания, извлечения из пресс-форм и сверки с областью дефекта на стереолитографической модели имплантат стерилизуется и готов к хирургическому использованию.

По мере появления новых методов прототипирования и трёхмерной печати для создания пресс-форм начали использовать сверхвысокомолекулярный полиэтилен [5], силикон [39].

В работе Tan et al. [40] указывают, что создание индивидуальных имплантатов может осуществлять и сам хирург, владеющий навыками простого компьютерного моделирования. Авторы предлагают использовать низкобюджетный настольный 3D FDM-принтер для изготовления пресс-форм из PLA-пластика, в которые формуется биосовместимый полимер (авторы использовали Surgical Simplex P Radiopaque bonecement, произведенный Styker Corporation). Таким образом, хирург может самостоятельно изготовить интересующий его индивидуальный имплантат, не прибегая к чьей-либо помощи.

Индивидуальные имплантаты из титанового сплава

Создавать указанные изделия можно как прямым, так и опосредованным путем. К первому относится трёхмерная печать из порошка титанового сплава, ко второму — создание изделий из уже произведенных динамических титановых сеток. Учитывая современные тенденции по увеличению площади дефекта для достижения лучших исходов декомпрессивных трепанаций, производители динамических титановых имплантатов увеличили размеры производимых стандартных заготовок с 100×100 мм до 200×200 мм, что позволяет использовать их для предоперационного формирования по анатомической модели черепа больного, получаемой при помощи трёхмерной печати методом SLA, SLS или FDM. Указанные имплантаты могут быть изготовлены как на медицинском производстве, так и непосредственно самим хирургом.

Способы создания индивидуальных имплантатов методом формирования по анатомической модели черепа больного и с использованием пресс-форм также не лишены недостатков. По мере выполнения оперативного вмешательства, остаются изделия (анатомическая модель черепа, пресс-форма), которые более не используются и требуют утилизации. В настоящее время в медицинской промышленности активно развивается направление трёхмерной печати, которое является наиболее экономичным с позиции использования материалов. Технологии DMLS и EBM позволяют использовать в качестве исходного сырья порошок титанового сплава (Ti64ELi) и производить медицинские имплантаты, минуя какие-либо побочные продукты. В связи с введением в клиническую практику указанных методов производства с 2015 г. в литературе начали появляться работы, посвященные использованию индивидуальных краниальных имплантатов, полученных путём трёхмерной печати. Как показывает анализ литературы, в случаях обширных, гигантских и сложных по архитектонике дефектов костей черепа использование индивидуальных имплантатов является оптимальным, особенно с учетом последующих косметических исходов.

Исходы, риски и осложнения реконструктивных вмешательств при дефектах черепа

Клинический результат краниопластики представляет собой совокупную оценку качества жизни больного и динамику симптомов до и после выполненного хирургического вмешательства, направленного на закрытие дефекта костей черепа. В конечном счете, клинический исход, как правило, определяется выживаемостью имплантата и выживаемостью пациента. Различные исследовательские коллективы устанавливают различные конечные точки для оценки результатов хирургических вмешательств, однако все едины во мнении, что результат лечения определяется как однозначно неудовлетворительный, если возникли осложнения, приведшие к удалению имплантата. В клинических испытаниях результат часто определяется положительным, если пациент удовлетворен косметическим внешним видом, а осложнение, в случае его возникновения, устранено с помощью консервативного или оперативного лечения. Также стоит отметить, что современная научная литература скудна в отношении использования валидированных опросников качества жизни для оценки клинических результатов после краниопластики.

Клинические исследования, касающиеся краниопластики, в основном базируются на ретроспективных данных. Были проведены отдельные проспективные клинические испытания для оценки результатов краниопластики с использованием различных материалов [17]. Ряд авторов исследует ранее существовавшие заболевания или другие факторы риска, предрасполагающие к послеоперационным осложнениям. Другие сосредоточились на определении оптимального времени проведения краниопластики. Что касается различных материалов, доступных для краниопластики, данные исследований отражают институциональные предпочтения. Использование различных материалов позволяет авторам проводить сравнительный анализ между подгруппами. Для систематизации данных о выполненных краниопластиках в настоящее время создаются крупные многоцентровые базы данных и национальные реестры, анализ больших данных из подобных источников позволит предсказывать исходы хирургических операций.

Риски оперативных вмешательств

Анализ рисков любых оперативных вмешательств является залогом успешного хирургического лечения, в особенности, когда речь идёт об имплантации различных конструкций по определению чужеродных для человеческого организма. Для функционирующей системы предсказаний рисков необходимо создание единых реестров/регистров больших и оперативных вмешательств по закрытию дефектов костей черепа, о которых было указано выше. В настоящее время хирурги могут полагаться на различные научные работы, которые порой представляют противоречивые заключения, касающиеся как потенциальных предикторов рисков оперативных вмешательств, так и спектра распределения осложнений. Активное развитие в научной литературе систематических обзоров, количество которых значительно возросло за последние 10 лет, позволяет объективизировать получаемые данные от различных исследовательских коллективов.

Большинство авторов анализируют факторы риска, которые могут влиять на частоту: 1) инфекций; 2) развития тяжелых осложнений, требующих повторных операций; 3) удаления имплантата; 4) развития трофических нарушений в области оперативного вмешательства. В ходе проведенных исследований устанавливают различные варианты взаимосвязей: снижение частоты гематом при использовании титановых имплантатов по сравнению с прочими; повышение риска инфекционных осложнений при длительных вмешательствах, повторных операциях, больших по площади дефектах; наличии сопутствующей патологии; пожилого возраста пациента [9].

Park et al. [41] указывают на наибольшую частоту инфекционных осложнений в группе больных с дефектами костей черепа более 125 см² (37,5%; $p < 0,01$), в то время как в группе с размером дефектов до 75 см² частота инфекций была 6,9% и 11,1% — в группе с площадью дефекта от 75 до 125 см². В связи с этим категорически нельзя игнорировать периоперационную антибиотикопрофилактику, а также возможное орошение раны растворами антисептиков. Однако, наряду с этим, были представлены и противоположные заключения, указывающие на отсутствие достоверных данных, свидетельствующих о том, что

размер дефекта влияет на процент осложнений после операции.

Обнажение имплантата в результате трофических нарушений кожно-апоневротического лоскута и несостоятельности послеоперационных рубцов — существенно значимое осложнение, приводящее, как правило, к удалению установленного имплантата, которое описано примерно в 14% случаев краниопластики с применением титановых имплантатов. Maqbool et al. [13] указывают на значение 14%, при этом достоверными предикторами обнажения титанового имплантата являются радиотерапия, предшествующая краниопластике (OR = 19,67; p = 0,018), пластика перемещенным лоскутом (OR = 6,50; p = 0,046), атрофия мягких тканей головы (OR = 10,71; p = 0,040). Радиотерапия, проводившаяся после краниопластики, транспозиция кожно-апоневротического лоскута, свободное эпидуральное пространство под имплантатом не являются достоверными причинами для развития обнажения имплантата, хотя в некоторых случаях на фоне перечисленных состояний может формироваться рассматриваемое осложнение.

Thien et al. [42] описывают обнажение титановых имплантатов в 13,9% случаев, что потребовало повторных реконструктивных вмешательств. К похожим выводам относительно радиотерапии приходят и другие исследователи, которые также в качестве риск-факторов выделяют предшествующую инфекцию, близость лобных и решетчатых пазух, более длительное время операции и бифронтальный дефект.

Стоит с вниманием отнестись к тому факту, что повторные операции повышают риск обнажения имплантата из-за истончения кожно-апоневротического лоскута. Похожие выводы приводят Lee et al. [43], которые заключают, что количество предыдущих операций может быть независимым фактором риска послеоперационных осложнений.

Kumar et al. [44] приводят данные, что плохое состояние мягких тканей над имплантатом (трофические нарушения, такие как множественные рубцы и истонченный лоскут) практически повсеместно приводит к инфекционным и трофическим нарушениям и требует последующего удаления имплантата. Также важным фактором, приводящим к трофическим нарушениям и последующему некрозу кожно-апоневротического лоскута,

и, как следствие, к обнажению имплантата, является чрезмерное натяжение краёв раны при зашивании. Для предотвращения данного осложнения следует использовать методику «tension free» и методики перемещения, вращения лоскута.

Сравнение имплантатов из разных материалов не позволяет однозначно выделить идеальное сырьё, демонстрирующее минимальные хирургические риски. Также авторы высказывают гипотезу, что структура имплантата, способствующая лучшей интеграции в окружающие ткани (пористость, шершавость), может влиять на снижение послеоперационных трофических нарушений и, как следствие, на снижение частоты инфицирования имплантата.

Осложнения хирургических вмешательств

Осложнения после краниопластики являются нередким явлением, которое значительно варьирует в различных исследованиях, достигая показателя 36,5% в целом по группе исследования [45]. Большинство осложнений возникает в течение первых трех месяцев после операции.

В настоящее время в литературе имеется большое количество данных, указывающих на процент развития осложнений [5,7,9,11,42]. Их можно объединить согласно наиболее часто встречающимся и описанным состояниям (таблица 2).

Таблица 2 — Наиболее часто описываемые осложнения после краниопластик с применением титановых имплантатов по данным литературы

Осложнение	Частота встречаемости, %
Общее число осложнений	9,2–36,5
Инфекции	2,6–34,6
Реоперации	3,9–18,5
Обнажение имплантата	0,7–14,0
Гематомы	1,8–13,9
Скопление транссудата	0,4–41,0
Ликворея	0,4–2,7
Судорожные приступы	2,1–9,2
Удаление имплантата	4,4–7,7

В различных исследованиях авторы описывают осложнения по мере их выявления, то есть не существует строго регламентированного списка осложнений краниопластики, согласно которому следует анализировать результаты хирургического лечения, однако инфекционные осложнения всегда освещаются вне зависимости от размеров выборок и типов исследования, поскольку они, как правило, играют важную роль в необходимости проведения повторных ревизионных оперативных вмешательств и выживаемости устанавливаемых имплантатов.

Подводя итог данному разделу, следует отметить, что существуют расхождения в определении осложнений и их частоте. Практически все авторы сообщают о проценте неудач краниопластики и определяют эту неудачу как удаление имплантата. Некоторые авторы, тем не менее, используют термин «осложнение, требующее повторной операции», что не всегда позволяет делать однозначный вывод о потере имплантата.

Анализ осложнений краниопластик представляет непростую задачу из-за обилия научных работ и противоречивости заключений. Несмотря на многочисленные исследования, посвященные использованию различных материалов, авторы не могут прийти к однозначному выводу о превосходстве одного материала над другим, при этом достаточно часто указывают на высокий инфекционный риск при использовании аутокостного лоскута. С уверенностью можно утверждать, что каждый материал имеет свои положительные и отрицательные стороны, вытекающие из их физико-химических свойств, исходя из которых, хирурги отдают предпочтение тому или иному имплантату, в зависимости от клинической картины, доступности изделий и желания самого пациента.

ДИАГНОСТИКА

Жалобы и анамнез

При сборе анамнеза необходимо выяснить:

- генез и давность выполнения краниэктомии;
- наличие неврологического дефицита, характеристики болевого синдрома, наличие и выраженность синдрома трепанированного черепа, наличие эписиндрома;
- динамику развития симптоматики;
- хронологию диагностических и лечебных мероприятий;
- динамику данных томографических исследований;
- наличие сопутствующей патологии, лекарственной непереносимости.

Следует обратить внимание на давность выполнения краниэктомии, поскольку данный параметр должен являться основным при госпитализации больных для хирургического лечения, направленного на закрытие дефекта костей черепа.

Физикальное обследование

Проводится общее клиническое обследование пациента с оценкой неврологического статуса и состояния кожных покровов в области дефекта костей черепа, исключения признаков инфекционных очагов.

Пальпация области дефекта позволит установить наличие невидимой пульсации мозга, а также заподозрить наличие остеомиелита в случае болезненности области костных краёв дефекта.

Инструментальная диагностика

При наличии дефектов черепа больным проводится МРТ и МСКТ.

МРТ позволяет идентифицировать и классифицировать изменения со стороны мозгового вещества, МСКТ позволяет визуализировать дефект в том числе в 3D режиме (Рисунок 1).

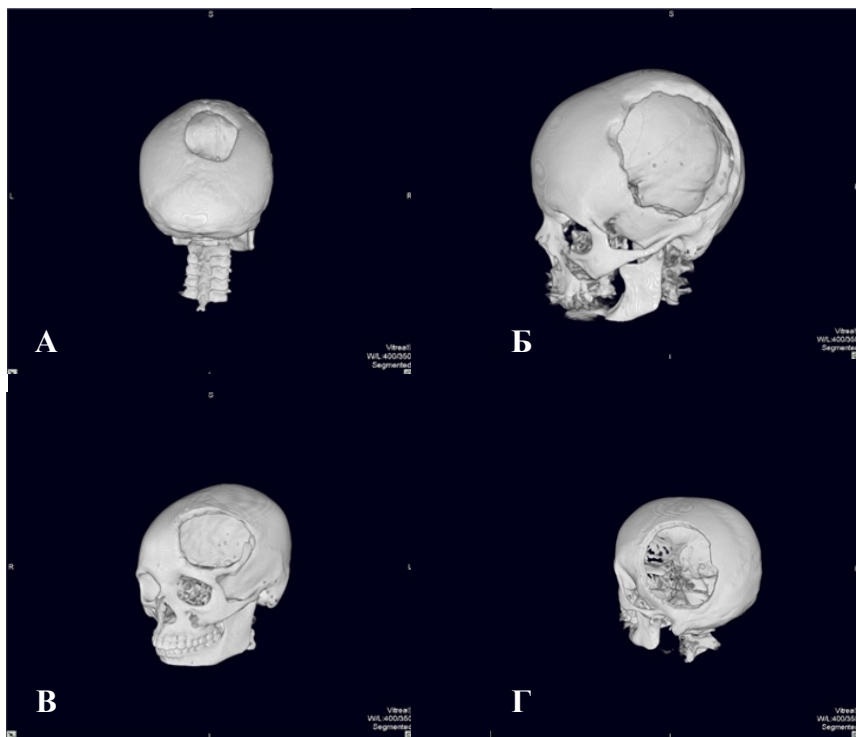


Рисунок 1 — МСКТ головного мозга больных в 3D представлении с дефектами черепа: А — в правой теменной области; Б — в левой лобно-теменно-височной области; В — в левой лобно-височной области; Г — в левой теменно-височно-затылочной области

КОНСЕРВАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Истинно консервативного лечения дефектов костей черепа не существует, поскольку спонтанное закрытие возможно только крайне малых дефектов: ~ 1 см в диаметре. Это обусловлено чрезвычайно низким темпом регенерации плоских костей черепа. Поэтому под консервативным лечением больных с дефектами костей черепа подразумевается терапия клинических проявлений — синдрома трепанированных. Также консервативное лечение направлено на реабилитацию больных по поводу имеющихся

неврологических нарушений, связанных с исходной патологией, по поводу которой была выполнена краниэктомия.

Исключительно консервативное лечение показано при наличии противопоказаний для проведения краниопластики: 1) повышенное внутричерепное давление и пролабирование мозгового вещества; 2) неудовлетворительное состояние кожных покровов (грубые рубцовые деформации и т. п.); 3) невозможность адекватного закрытия раны на фоне устанавливаемого имплантата; 4) признаки локальной или генерализованной инфекции; 5) дефекты менее 2 см в диаметре, покрытые толстым слоем мягких тканей/мышц.

Во всех остальных случаях больным показано хирургическое лечение.

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Закрытие дефектов костей черепа может проводиться с применением стандартных имплантатов — заготовок, либо с применением индивидуально смоделированных персонализированных изделий.

Исходя из локализации костного дефекта, выбирается положение больного на операционном столе и хирургический доступ. Как правило, выполняется подковообразный разрез мягких тканей по ходу старого послеоперационного рубца. Острым путем мягкие ткани с височной мышцей отделяются от твердой мозговой оболочки. Кожно-мышечно-апоневротический лоскут отводится к основанию черепа, выделяются края костного дефекта. Далее хирургом формируется имплантат, воссоздавая нормальную конфигурацию черепа. Учет анатомических особенностей костей черепа осуществляется визуально в процессе операции без использования дополнительных методик моделирования, таких как шаблоны или навигационная станция. Если размер пластины из перфорированного титана позволяет полностью закрыть костный дефект, то его фиксируют самосверлящими винтами внахлест к краям кости. Если размер одной пластины недостаточен, то используют внахлест две перфорированные пластины, фиксированные в центре костного дефекта между собой нитями шелка. Изготовленный имплантат также фиксируется к кости самосверлящими винтами. Височная мышца укладывается на поверхность пластины, после чего производится послойное ушивание раны.

При проведении оперативного вмешательства с применением индивидуального титанового имплантата, полученного методом трёхмерной печати, производственный процесс выглядит следующим образом: на начальном (предоперационном) этапе пациенту выполняется мультисрезовая компьютерная томография головы (Рисунок 2, а). В итоге получают послойные срезы черепа с толщиной среза 0,5 мм и шагом 1 мм, полученная серия цифровых снимков в формате DICOM экспортируется в программу построения трехмерной модели. На втором этапе с помощью соответствующего программного обеспечения на основе полученных снимков создаётся объёмная модель черепа больного (Рисунок 2, б), после чего инженер по модели создаёт виртуальный имплантат для закрытия дефекта. На третьем этапе методом DMLS печати изготавливается имплантат из порошка титанового сплава (Рисунок 3, а, Рисунок 3, б). С целью дополнительного контроля на данном этапе SLS методом из полиамида изготавливается фрагмент черепа больного в области дефекта. Анатомическая модель позволяет на дооперационном этапе убедиться в конгруэнтности имплантируемой пластины.

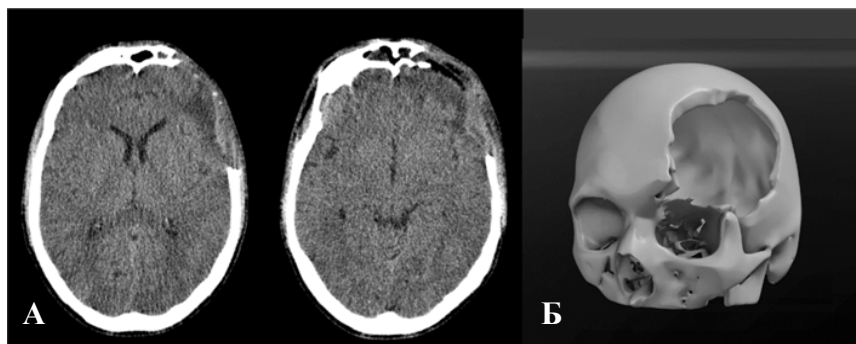


Рисунок 2 — Компьютерная томограмма больного (а) и виртуальная трехмерная модель (б), построенная на основе полученных КТ снимков

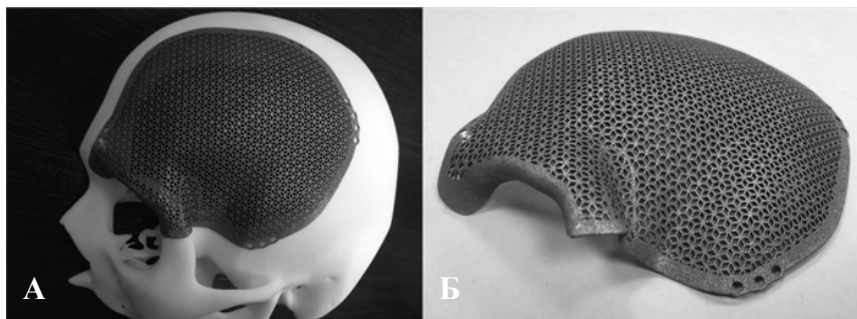


Рисунок 3 — Титановый имплантат совмещён с моделью черепа больного (а), титановый имплантат, изготовленный методом DMLS трёхмерной печати (б)

Оперативное вмешательство с применением индивидуального имплантата выполняется в классической манере, описанной выше. После операции больным выполняется контрольная МСКТ головы (Рисунок 4).

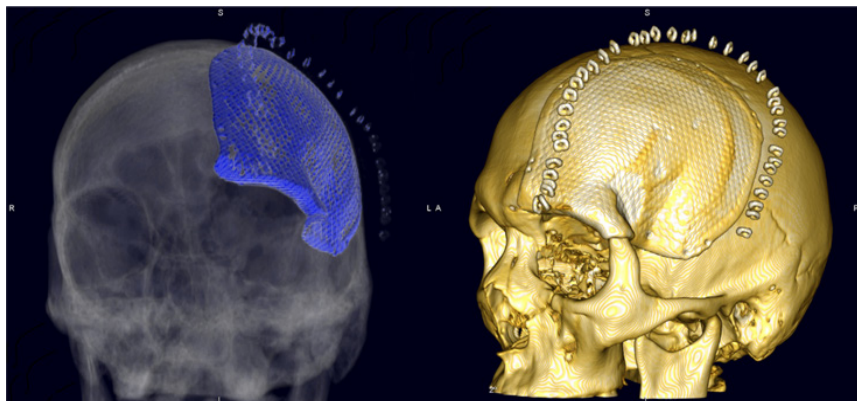


Рисунок 4 — Послеоперационная компьютерная томография, выполненная в первые сутки после оперативного вмешательства

Фотополимерная стереолитография позволяет изготавливать имплантаты интраоперационно. Помимо создания точных моделей черепа, данная технология позволяет получать пресс-формы — инструменты для изготовления имплантатов, точно повторяющих форму дефекта. Эти имплантаты могут быть изготовлены непосредственно в ходе операции или на этапе предоперационного планирования с последующей стерилизацией. Подтверждена высокая точность таких имплантатов, что приводит к сокращению времени операции и достижению хороших косметических результатов. Метод признан экономически эффективным, а также способствует минимальной инвазивности и сокращению сроков госпитализации. Особую значимость пресс-формы приобретают при реконструкции сложных дефектов черепа, включая парабазальные, базальные и краниофациальные области, где они обеспечивают точное воспроизведение анатомической кривизны.

Поиск более совершенных способов изготовления имплантатов непосредственно во время операции для восстановления дефектов черепа привел к внедрению пресс-форм из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Этот материал зарекомендовал себя благодаря своим выдающимся свойствам, таким как:

- Способность выдерживать любые механические воздействия, включая интенсивное прессование, делает его идеальным для формования имплантатов.

- Биологическая нейтральность. Отсутствие необходимости в разделительных агентах упрощает процедуру и гарантирует чистоту имплантата.

- Соответствие медицинским стандартам. Наличие специальных медицинских и пищевых марок подтверждает его безопасность для использования в организме.

- Прецизионность и эргономичность. Позволяет создавать имплантаты с высокой точностью и легкостью, независимо от их сложности.

Сочетание компьютерного моделирования, аддитивных технологий для создания 3D-моделей патологических зон и самих имплантатов, а также разработка оснастки, кардинально изме-

нили подходы к хирургии черепно-мозговых травм. Улучшенное интраоперационное производство имплантатов с помощью новых пресс-форм открывает возможности для более успешного восстановления сложных и обширных дефектов. Несмотря на значительные достижения в реконструктивной нейрохирургии, активный поиск и разработка инновационных технологий краниопластики продолжаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тема краниопластики довольно широко представлена в отечественной и мировой литературе, в которой освещены многочисленные аспекты по выбору оптимальных материалов для имплантатов, технологий их изготовления, техники операций. Появление технологий создания индивидуальных имплантатов для закрытия дефектов костей черепа вывело оказание помощи на качественно новый уровень, однако до сих пор единственным критерием выбора типа имплантата является конфигурация и площадь дефекта. В случаях сложных, обширных и гигантских дефектов предпочтение отдается персонализированным подходам. Тем не менее при расположении дефекта в зоне височной мышцы, даже при условии небольшой его площади, создаются условия для развития атрофии мышцы и косметического изъяна даже на фоне симметрично восстановленной поверхности костей черепа. В ходе заблаговременного проектирования индивидуальных имплантатов появляется возможность модификации его кривизны и предупреждения развития неудовлетворительного косметического исхода. Таким образом, краниопластика сегодня всё больше приобретает эстетические черты, в связи с чем необходимо изучение её основ для достижения хороших клинических исходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эпидемиологические данные приобретенных дефектов черепа у больных, перенесших черепно-мозговую травму, на примере крупного промышленного города (Новосибирска) / В. В. Ступак, Н. А. Копорущко, С. В. Мишинов [и др.] // Поли-травма. — 2019. — № 1. — С. 6–10.
2. Сергеев В. А. Сравнительное клинико-психологическое исследование больных с отдалёнными последствиями черепно-мозговой травмы, осложнёнными алкогольной зависимостью: автореф. дис. д-ра мед. наук. Челябинск, 2006. 32 с.
3. Шумаускас Р. К. Эпидемиология травмы черепа и головного мозга в г. Вильнюсе, организация медицинской помощи и совершенствование лечения данных больных: автореф. дис. канд. мед. наук. СПб., 1998. 23 с.
4. Нейрохирургия: национальное руководство / Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени Н. Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации; [Герасимова Е. В. и др.]; под редакцией Д. Ю. Усачёва [и др.]. — Москва: НМИЦ нейрохирургии. Т. 2. Черепно-мозговая травма. — 2022. — 515 с.
5. Чобулов, С. А. Компьютерное и интраоперационное моделирование имплантатов в реконструктивной хирургии дефектов черепа: специальность 14.01.18 «Нейрохирургия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / С. А. Чобулов. — Москва, 2020. — 128 с.
6. Cranioplasty after decompressive craniectomy: is there a rationale for an initial artificial bone-substitute implant? A single-center experience after 631 procedures / F. Schwarz, P. Dünisch, J. Walter [et al.] // The Journal of Neurosurgery. — 2016. — Vol.124, № 3. — P. 710–715. DOI: 10.3171/2015.4.JNS159.
7. Williams, L. R. Custom-made titanium cranioplasty: early and late complications of 151 cranioplasties and review of the literature / L. R. Williams, K. F. Fan, R. P. Bentley // The International Association of Oral and Maxillofacial Surgeon. — 2015. — Vol. 44, № 5. — P. 599–608. DOI: 10.1016/j.ijom.2014.09.006.
8. Aesthetic outcome in patients after polymethyl-methacrylate (PMMA) cranioplasty — a questionnaire-based single-centre study

/ C. M. Fischer, J. K. Burkhardt, J. Sarnthein [et al.] // Neurological Research. — 2012. — Vol. 34, № 3. — P. 281–285. DOI: 10.1179/1743132812Y.0000000007.

9. Complications of titanium cranioplasty—a retrospective analysis of 174 patients / S. Mukherjee, B. Thakur, I. Haq [et al.] // Acta Neurochir (Wien). — 2014. — Vol. 156, № 5. — P. 989–998, discussion 998. DOI: 10.1007/s00701-014-2024-x.

10. Management of cranial bone defects: a reconstructive algorithm according to defect size / S. Uygur, T. Eryilmaz, O. Cukurluoglu [et al.] // The Journal of Craniofacial Surgery. — 2013. — Vol. 24, № 5. — P. 1606–1609. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3182a2101c.

11. Cranioplasty using custom-made hydroxyapatite versus titanium: a randomized clinical trial / D. Lindner, K. Schlothofer-Schumann, B. C. Kern [et al.] // Journal of Neurosurgery. — 2017. — Vol. 126, № 1. — P. 175–183. DOI: 10.3171/2015.10.JNS151245.

12. A retrospective comparative analysis of titanium mesh and custom implants for cranioplasty / C.L Rosinski, S. Patel, B. Geever [et al.] // Neurosurgery. — 2020. — Vol. 86, № 1. — E15–22. DOI: 10.1093/neuros/nyz358.

13. Risk factors for titanium mesh implant exposure following cranioplasty / T. Maqbool, A. Binhammer, P. Binhammer, O. M. Antonyshyn // The Journal of Craniofacial Surgery. — 2018. — Vol. 29, № 5. — P. 1181–1186. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004479.

14. Cranioplasty complications and costs: a national population-level analysis using the marketscan longitudinal database / A. Li, T. D. Azad, A. Veeravagu [et al.] // World Neurosurgery. — 2017. — Vol. 102. — P. 209–220. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.03.022.

15. Outcomes of cranioplasty with preformed titanium versus freehand molded polymethylmethacrylate implants / J Höhne, K. Werzmirzowsky, C. Ott [et al.] // Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery. — 2018. — Vol. 79, № 3. — P. 200–205. DOI: 10.1055/s-0037-1604362.

16. Реконструктивная и минимально инвазивная хирургия последствий черепно-мозговой травмы / А. Н. Коновалов, А. А. Потапов, Л. Б. Лихтерман [и др.]. — Москва: Антидор, 2012. — 320 с.

17. A prospective study of computer-aided design and manufacture of titanium plate for cranioplasty and its clinical outcome / J. Joffe, M. Harris, F. Kahugu [et al.] // *British Journal of Neurosurgery*. — 1999. — Vol. 13, № 6. — P. 576–580. DOI: 10.1080/02688699943088.

18. Juhász, M. L. Temporal fossa defects: techniques for injecting hyaluronic acid filler and complications after hyaluronic acid filler injection / M. L. Juhász, E. S. Marmur // *The Journal of Cosmetic Dermatology*. — 2015. — Vol. 14, № 3. — P. 254–259. DOI: 10.1111/jocd.12155.

19. Effectiveness of temporal augmentation using a calvarial onlay graft during pterional craniotomy / Y. S. Kim, H. S. Yi, H. K. Kim, Y. S. Han // *Archives of Plastic Surgery* — 2016. — Vol. 43, № 2. — P. 204–9. DOI: 10.5999/aps.2016.43.2.204.

20. Atherton, D. D. Augmentation of temporal fossa hollowing with Mersilene mesh / D. D. Atherton, N. Joshi, N. Kirkpatrick // *The Journal of llastic, reconstructive & aesthetic surgery*. — 2010. — Vol. 63, № 10. — P. 1629–1634. DOI: 10.1016/j.bjps.2009.09.022.

21. Contemporary techniques for the correction of temporal hollowing: augmentation temporoplasty with the classic dermal fat graft / C. H. McNichols, D. A. Hatef, P. Cole [et al.] // *The Journal of Craniofacial Surgery*. — 2012. — Vol. 23. — P. e234–238.

22. Augmentation of the craniofacial skeleton with porous hydroxyapatite granules / D. D. Atherton, N. Joshi, N. Kirkpatrick [et al.] // *Plastic and Reconstructive Surgery*. — 1993. — Vol. 91. — P. 15–22.

23. Impact de la cranioplastie sur l'hémodynamique cérébrale comme facteur pronostic de l'amélioration clinique chez les patients craniectomisés pour traumatisme crânien grave [The impact of early cranioplasty on cerebral blood flow and its correlation with neurological and cognitive outcome. Prospective multi-centre study on 24 patients] / S Chibbaro, F. Vallee, K. Beccaria K. [et al.] // *Revue neurologique (Paris)*. — 2013. — Vol. 169, № 3. — P. 240–248. DOI: 10.1016/j.neurol.2012.06.016.

24. Influence of cranioplasty on postural blood flow regulation, cerebrovascular reserve capacity, and cerebral glucose metabolism / P.A Winkler, W. Stummer, R. Linke [et al.] // *Journal of*

Neurosurgery. — 2000. — Vol. 93, № 1. — P. 53–61. DOI: 10.3171/jns.2000.93.1.0053.

25. The effect of cranioplasty following decompressive craniectomy on cerebral blood perfusion, neurological, and cognitive outcome / A. H. Shahid, M. Mohanty, N. Singla [et al.] // *Journal of Neurosurgery*. — 2018. — Vol. 128, № 1. — P. 229–235. DOI: 10.3171/2016.10.JNS16678.

26. Hoffmann, B. Tailored implants for alloplastic cranioplasty—clinical and surgical considerations / B. Hoffmann, A. Sepehrnia // *Acta Neurochirurgica*. — suppl. 93. — P. 127–129.

27. Stula, D. Cranioplasty: indications, techniques, and results. — Wien, New York: Springer-Verlag, 1984. — 114 p.

28. Grant, F. C. Repair of cranial defects by cranioplasty / F. C. Grant, F. N. Norcross // *Annals of Surgery*. — 1939. — Vol. 110, № 4. — P. 488–512.

29. Cranioplasty: review of materials and techniques / S. Aydin, B. Kucukyuruk, B. Abuzayed [et al.] // *Journal of Neurosciences in Rural Practice*. — 2011. — Vol. 2, № 2. — P. 162–167. DOI: 10.4103/0976-3147.83584.

30. Effect of early surgery, material, and method of flap preservation on cranioplasty infections: a systematic review / S. Yadla, P. G. Campbell, R. Chitale [et al.] // *Neurosurgery*. — 2011. — Vol. 68, № 4. — P. 1124–1129, discussion 1130. DOI: 10.1227/NEU.0b013e31820a5470.

31. Gordon, C. R. Temporal augmentation with methyl methacrylate / C. R. Gordon, M. J. Yaremchuk // *Aesthetic Surgery Journal*. — 2011. — Vol. 31, № 7. — P. 827–833. DOI: 10.1177/1090820X11417425.

32. Complications following cranioplasty and relationship to timing: A systematic review and meta-analysis / J. G. Malcolm, R. S. Rindler, J. K. Chu [et al.] // *The Journal of Clinical Neuroscience*. — 2016. — Vol. 33. — P. 39–51.

33. The minimum time for cranioplasty insertion from craniectomy is six months to reduce risk of infection — a case series of 82 patients / D. Thavarajah, P. De Lacy, A. Hussien, A. Sugar // *The British Journal of Neurosurgery*. — 2012. — Vol. 26, № 1. — P. 78–80.

34. Cranioplasty after decompressive craniectomy: the effect

of timing on postoperative complications / P. Schuss, H. Vatter, G. Marquardt [et al.] // *Journal of Neurotrauma*. — 2012. — Vol. 29. — P. 1090–1095.

35. Цех, Д. В. Определение сроков вмешательств по закрытию дефектов свода черепа / Д. В. Цех, В. П. Сакович, М. М. Бухер // *Гений ортопедии*. — 2011. — № 1. — С. 44–47.

36. Treatment of extensive cranial bone defects using computer-designed hydroxyapatite ceramics and periosteal flaps / I. Ono, H. Gunji, F. Kaneko [et al.] // *Plastic and Reconstructive Surgery*. — 1993. — Vol. 92, № 5. — P. 819–830.

37. The recent revolution in the design and manufacture of cranial implants: modern advancements and future directions / D. J. Bonda, S. Manjila, W. R. Selman, D. Dean // *Neurosurgery*. — 2015. — Vol. 77, № 5. — P. 814–824, discussion 824. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000899.

38. Cranioplasty: review of materials / B. Zanotti, N. Zingaretti, A. Verlicchi [et al.] // *The Journal of Craniofacial Surgery*. — 2016. — Vol. 27, № 8. — P. 2061–2072. DOI: 10.1097/SCS.00000000000003025.

39. Особенности моделирования, изготовления и установки полимерных имплантатов для закрытия дефекта черепа после декомпрессивной трепанации / Д. Н. Окишев, С. А. Чербыло, А. Н. Коновалов [и др.] // *Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко*. — 2022. — Т. 86, № 1. — С. 17–27. DOI: 10.17116/neiro20228601117.

40. Tan, E. T. The feasibility of producing patient-specific acrylic cranioplasty implants with a low-cost 3D printer / E. T. Tan, J. M. Ling, S. K. Dinesh // *Journal of Neurosurgery*. — 2016. — Vol. 124, № 5. — P. 1531–1537. DOI:10.3171/2015.5.jns15119.

41. Large defect may cause infectious complications in cranioplasty / J. S. Park, K. S. Lee, J. J. Shim [et al.] // *The Journal of Korean Neurosurgical Society*. — 2007. — Vol. 42. — P. 89–91.

42. Comparison of polyetheretherketone and titanium cranioplasty after decompressive craniectomy / A. Thien, N. K. King, B. T. Ang [et al.] // *World Neurosurgery*. — 2015. — Vol. 83, № 2. — P. 176–80. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.06.003.

43. Analysis of the factors influencing bone graft infection after

cranioplasty / C. H. Lee, C. H. Chung, S. Lee [et al.] // The Journal of Trauma and Acute Care Surgery. — 2012. — Vol. 73, № 1. — P. 255–260.

44. Warfare-related craniectomy defect reconstruction: early success using custom alloplast implants / A. Kumar, J. P. Bradley, R. Harshbarger [et al.] // Plastic and Reconstructive Surgery. — 2011. — Vol. 127, № 3. — P. 1279–1287.

45. Complications of cranioplasty / N. K. Sahoo, K. Tomar, A. Thakral, N. M. Rangan // The Journal of Craniofacial Surgery. — 2018. — Vol. 29, № 5. — P. 1344–1348. DOI: 10.1097/SCS.0000000000004478.

ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

1. Основной причиной формирования послеоперационных дефектов костей черепа является:

- А. Черепно-мозговая травма;
- Б. Опухоли черепа и оболочек мозга;
- В. Последствия перенесенных нарушений мозгового кровообращения;
- Г. Врожденные дефекты костей черепа.

2. По классификации, рекомендуемой Ассоциацией нейрохирургов России, к большим относятся дефекты костей черепа площадью:

- А. До 30 см²;
- Б. От 30 до 60 см²;
- В. От 60 до 120 см²;
- Г. Свыше 120 см².

3. Какие из перечисленных нейропсихологических тестов можно применять при обследовании больных с послеоперационными дефектами костей черепа?

- А. Тест по Спилбергеру-Ханину;
- Б. Тест 10 слов;
- В. Монреальская шкала оценки когнитивных функций (MoCA);
- Г. Оценка по шкале MMSE (Mini Mental State Examination);
- Д. Батарея лобной дисфункции (FAB);
- Е. Шкала депрессии Бека;
- Ж. Все вышеперечисленные.

4. Укажите, какой из параметров не является показанием для оперативного вмешательства по закрытию дефекта костей черепа по Stula?

- А. Предотвращение или устранение коллапсов полушарий или смещения средней линии;
- Б. Лечение обширных ликворных кист;
- В. Размер дефекта костей черепа менее 4 см²;
- Г. Защита от механических воздействий;
- Д. Восстановление контура черепной кости и косметического внешнего вида.

5. Укажите наиболее оптимальные интервалы для проведения краниопластики после выполненной краниэктомии по поводу черепно-мозговой травмы:

- А. До 1 месяца;
- Б. 1–3 месяца;
- В. 3–6 месяцев;
- Г. 6–12 месяцев;
- Д. 12–24 месяца.

6. Перечислите два наиболее часто применяемых материала для краниопластики, используемых в практике:

- А. Полиметилметакрилат (PMMA);
- Б. Рекост;
- В. Реперен;
- Г. Codubix;
- Д. Гидроксиапатит (НА);
- Е. Имплантаты из титанового сплава (TiAlV).

Несколько правильных ответов

7. Укажите технологии трёхмерной печати, при помощи которых возможно прямое создание биосовместимых имплантатов:

- А. SLA;
- Б. SLS;
- В. FDM;
- Г. DMLS;
- Д. EBM.

Несколько правильных ответов

8. Укажите технологии трёхмерной печати, при помощи которых возможно создание пресс-форм для индивидуальных имплантатов:

- А. SLA;
- Б. SLS;
- В. FDM;
- Г. DMLS;
- Д. EBM.

Несколько правильных ответов

9. В каком проценте случаев после краниопластики по данным литературы возможно развитие дебюта судорожных приступов?

- А. До 2%;
- Б. 2–4%;
- В. 4–10%;
- Г. 10–15%;
- Д. 15–20%.

10. В каком проценте случаев после краниопластики по данным литературы развиваются осложнения, приводящие к удалению установленных имплантатов?

- А. До 2%;
- Б. 2–4%;
- В. 4–8%;
- Г. 8–13%;
- Д. 13–20%.

ОТВЕТЫ К ТЕСТОВЫМ ВОПРОСАМ

1 — А; 2 — Б; 3 — Ж; 4 — В; 5 — В; 6 — А, Е; 7 — Г, Д; 8 — А, Б, В; 9 — Б; 10 — В.

Учебное пособие

Мишинов Сергей Валерьевич

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ЧЕРЕПА

Подписано в печать 13.03.2026

Формат 60 × 84/16.

Тираж 100 экз.

Заказ № 043026

Отпечатано: ИП Копыльцов П.И., ИНН 3665824412

394086, г. Воронеж,

ул. Любы Шевцовой, 34

+7 (995) 494-84-77

www.stroki.vrn.ru

ISBN 978-5-6055135-0-6



9 785605 513506 >