

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ РЕКОНСТРУКТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ КОСТЕЙ ЧЕРЕПА

А. И. Довнар

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь



Введение. Пластика дефекта черепа аутоотрансплантатом считается оптимальным способом краниопластики. Однако при невозможности сохранения костного лоскута возникает необходимость использования искусственных материалов. Важнейшим показателем успешности краниопластических операций является низкий уровень послеоперационных осложнений, которые требовали бы повторных оперативных вмешательств.

Цель исследования. Оценить и сравнить результаты краниопластических операций с применением различных материалов.

Материал и методы. Одноцентровое ретроспективное исследование медицинских карт стационарных пациентов, оперированных в нейрохирургическом отделении УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи г. Гродно» по поводу наличия дефектов костей черепа за 16 лет (с января 2009 по декабрь 2024 года). Все пациенты были разделены на четыре группы. Первую группу составили пациенты, которым проводилась краниопластика аутокостью – 249 человек, вторая группа – пациенты, пластика которым выполнялась протакрилом – 70 человек. Третью группу (49 человек) составили пациенты с пластикой титановой пластиной и четвертую – 62 пациента с комбинированной пластикой (аутокость и титановая пластина).

Результаты. Осложнения после краниопластики наблюдались у 16 (3,7%) оперированных пациентов и встречались во всех четырех изучаемых группах. Наибольший процент был при комбинированном способе (4,8%) без статистической значимости ($p > 0,05$) по отношению к другим способам пластики дефекта черепа. Среди осложнений встречались: эпидуральная гематома – у 10 (2,3%) пациентов, остеомиелит костного лоскута – у 4 (1,0%) пациентов, внутримозговая гематома – 1 (0,2%) и эпидуральная эмпиема – 1 (0,2%) пациент.

Выводы. Использование искусственных трансплантатов для закрытий дефектов костей черепа статистически значимо ($p < 0,05$) уменьшает время выполнения оперативного вмешательства по сравнению с применением аутокости, ввиду сокращения затрат времени на извлечение костного аутоотрансплантата. Это способствует снижению количества осложнений и, кроме этого, исключает возникновение остеомиелита трансплантируемого костного лоскута.

Ключевые слова: краниопластика, аутоотрансплантат, череп, костный лоскут, остеомиелит

Для цитирования: Довнар, А. И. Сравнительная характеристика способов реконструктивного лечения дефектов костей черепа / А. И. Довнар // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2025. Т. 23, № 3. С. 239-246. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-3-239-246>

Введение

Наряду с трепанацией черепа краниопластика может считаться одной из самых ранних нейрохирургических операций [1]. Документально подтверждено, что пластика дефекта черепа выполнялась инками около 3000 лет до н. э. На протяжении истории использовались различные материалы для закрытия дефекта черепа. Краниопластика пластиной из золота, описанная G. Fallopius в XVI веке, широкого распространения не принесла в связи с дорогостоящим пластическим материалом [2]. На протяжении XVII–XVIII веков для закрытий дефектов костей черепа использовали ксенотрансплантаты. Однако в большинстве случаев происходило их отторжение [3]. В начале XX века многие хирурги предложили использовать аутоотрансплантаты из других костей скелета, но данные операции не нашли широкого применения из-за трудности их выполнения в те времена [4]. Во второй половине XX века получило развитие и внедрение полимерных пластических материалов в медицину. Наряду с этим в пластическую хирургию

черепа внедрялись пластины из металлов (платина, виталлийум, тантал, сталь, титан) [5].

Закрытие дефекта черепа производится не только с защитной и косметической целью, но и для нормализации гемато- и ликвородинамики [6, 7]. При несвоевременном закрытии дефекта черепа у пациентов возникает синдром трепанированного черепа, который проявляется головокружением, раздражительностью, постоянными или проходящими головными болями, усиливающимися при изменении атмосферного давления либо температуры окружающей среды [8]. Кроме этого, такие пациенты испытывают чувство неполноценности, страха повредить головной мозг, а также внешнее уродство [9].

По времени выполнения операции различают: первичную (до 2 суток), первично-отсроченную (до 2 недель), раннюю (до 3 месяцев) и позднюю (более 3 месяцев) [10]. В настоящее время считается, что краниопластику целесообразно проводить в более ранние сроки (до 60 дней после первичной операции). Это способствует уменьшению сроков заживления раны, профилактике

резорбции костного лоскута, эпилептических приступов и риска возможных инфекционных осложнений [11].

Пластика дефекта черепа аутотрансплантатом (собственным костным лоскутом черепа человека) является оптимальным способом закрытия дефекта [12]. Однако в ряде случаев во время операции не представляется возможным сохранение костного лоскута. Тогда возникает необходимость применения способа краниопластики с использованием искусственных материалов [13].

Идеальный пластический материал для краниопластики должен соответствовать не только всем необходимым требованиям реконструктивно-пластической хирургии (биосовместимость, пластичность, легкость), но и по своим физическим характеристикам (прочность, упругость, тепло- и электропроводность) не уступать костной ткани [14]. В настоящее время наиболее часто применяемым материалом в краниопластике является титан. Однако имеются недостатки при его применении: наличие артефактов на рентгеновской компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии, недостоверность результатов электроэнцефалографии, неравномерность распределения пучка излучения при лучевой терапии у пациентов с титановой пластиной после удаления злокачественных внутримозговых опухолей [15, 16, 17].

Согласно литературным данным процент различных осложнений краниопластики может достигать 40,4% [18, 19]. Показатели случаев резорбции аутологичного костного лоскута у взрослого населения варьируют от 0,8% до 17,4%. Инфекционные осложнения в области оперативного вмешательства наблюдаются с частотой от 2,3% до 21,7% случаев [18, 20].

Цель исследования – оценить и сравнить результаты краниопластических операций с применением различных материалов.

Материал и методы

Произведено одноцентровое ретроспективное исследование пациентов, оперированных по поводу наличия дефектов костей черепа в нейрохирургическом отделении УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи г. Гродно» за 16 лет (с января 2009 по декабрь 2024 года). Всем пациентам выполнялось закрытие дефектов костей черепа. Общее число пациентов составило 430, количество операций – 436. Из них 364 мужчины (84,7%), 66 женщин (15,3%); средний возраст обследованных равнялся $43,6 \pm 13,7$ лет. При этом 386 пациентов (89,8%) были трудоспособного возраста. Восемью пациентам выполнялась одновременная краниопластика с обеих сторон и двум пациентам осуществлялось поэтапное (через 5 суток) закрытие дефектов костей с обеих сторон ввиду их обширности.

Всем пациентам в предоперационном периоде было проведено комплексное лабораторное и клинко-инструментальное обследование, которое включало общий и биохимический ана-

лиз крови, общий анализ мочи, коагулограмму, группу крови и резус фактор, электрокардиографию, неврологический осмотр, нейроофтальмологический осмотр, осмотр анестезиолога, а также была выполнена компьютерная томография головы на аппарате Philips Mx 8000 Dual (до января 2021 года) или на аппарате Siemens SOMATOM go Up (с февраля 2021 года). При необходимости проводился осмотр смежных специалистов.

По результатам предоперационной компьютерной томографии дефекты костей черепа подразделялись на малые – площадь до 9 см^2 , средние – площадь от 10 см^2 до 29 см^2 , большие – площадь от 30 см^2 до 60 см^2 и обширные – площадью более 60 см^2 .

Оперативные вмешательства по закрытию дефектов черепа выполнялись под многокомпонентной сбалансированной анестезией с искусственной вентилицией легких и миорелаксацией. Осложнения, связанные с анестезией либо интубацией трахеи, не наблюдались.

Хирургическая техника выполнения операций производилась по следующим этапам:

1. Разрез мягких тканей по «старому» послеоперационному рубцу с иссечением последнего, либо без иссечения его (в зависимости от косметического состояния рубца). Отсепаровывался и поднимался кожно-апоневротический лоскут над дефектом черепа. В дальнейшем выполнялось рассечение рубцов и спаек между мягкими тканями и твердой мозговой оболочкой (менингиолиз).

2. Второй этап операции зависел от вида применяемого краниопластического материала.

- а. При использовании аутокости для закрытия дефекта черепа извлекался аутотрансплантат либо из-под апоневротического пространства на голове, либо из-под широкой фасции бедра. После чего аутокость устанавливалась в дефект черепа «стык в стык» с фиксацией костными швами.

- б. Применение протакрила требовало смешивания порошка (полимер) с жидкостью (мономер) в соотношении 2:1 и моделирование имплантата. Последний помещался в дефект «стык-стык» и фиксировался лигатурными швами к краю кости.

- в. При выполнении краниопластики титановой пластиной «Медбиотех» проводилось наложение ее на дефект черепа и фиксация винтами к краям костного дефекта.

- г. Комбинированная пластика заключалась в извлечении и установке аутотрансплантата в костный дефект, фиксации костными швами с последующей установкой титановой пластины «Медбиотех» на незакрытые участки дефекта черепа.

3. Послеоперационная рана послойно ушивалась, устанавливался дренаж под кожно-апоневротический лоскут головы.

Дренаж удалялся на следующие сутки после операции. Всем пациентам в послеоперационный период на 1 сутки выполнялась рентгеновская компьютерная томография головы для

оценки стояния импланта в дефекте черепа и исключения внутримозговых гематом. Перевязки пациентам осуществлялись на первые сутки и в дальнейшем через день до снятия швов. Швы снимались на 8–12 сутки после операции.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием прикладной программы Statistica 10.0. Описание показателей в статье представлено в виде средней арифметической и ошибки среднего арифметического ($M \pm m$). Сравнение в выборках выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Основными жалобами пациентов при поступлении в стационар являлись наличие дефекта черепа (100%), постоянная (13,8%) или периодическая (70,2%) головная боль, слабость в конечностях (8,1%), нарушение речи (7,9%).

По мировым данным частота выполнения краниопластики составляет 25 операций на 1 миллион жителей в год [21]. Учитывая постепенное снижение численности населения Гродненской области, на протяжении изучаемых 16 лет для оценки распространенности посттравматических дефектов черепа был проведен расчет количества выполненных краниопластических операций на 100 тысяч населения в год. Результаты представлены в виде диаграммы на рисунке 1.

Как видно из таблицы 1 наибольшее количество пациентов было с дефектами костей черепа в височно-теменной области (47,9%), что связано с широко выполняемыми декомпрессивными трепанациями черепа с резекцией чешуи височной кости. Данный вид операций выполняется пациентам с тяжелой черепно-мозговой травмой

Таблица 1 – Распределение пациентов по зоне локализации дефекта черепа

Table 1 – Distribution of patients according to the area of localization of the skull defect

Область локализации дефекта	Количество, абс.	%
Лобная (лобно-орбитальная)	36	8,4
Лобно-височная	20	4,6
Лобно-теменная	22	5,1
Лобно-височно-теменная	49	11,4
Височная	44	10,2
Височно-теменная	206	47,9
Теменная	37	8,6
Теменно-затылочная	11	2,6
Затылочная	5	1,2
Всего	430	100

с целью предупреждения либо лечения наиболее часто встречаемого вида дислокации – височно-тенториального вклинения. Дефекты костей черепа в височной (10,2%), теменной (8,6%), лобной (8,4%) и затылочной (1,2%) областях были образованы после трепанаций при локализации патологического очага (опухоль, гематома, абсцесс) непосредственно в данных долях головного мозга.

Преимущественное большинство пациентов имели большие (45,3%) или обширные (34,2%) костные дефекты. Пациентам с малыми дефектами черепа (4,6%) оперативные вмешательства выполнялись только с косметической целью, при этом большинство данных дефектов локализовались вне волосистой области головы.

Все пациенты в зависимости от способа краниопластики и использованного пластического

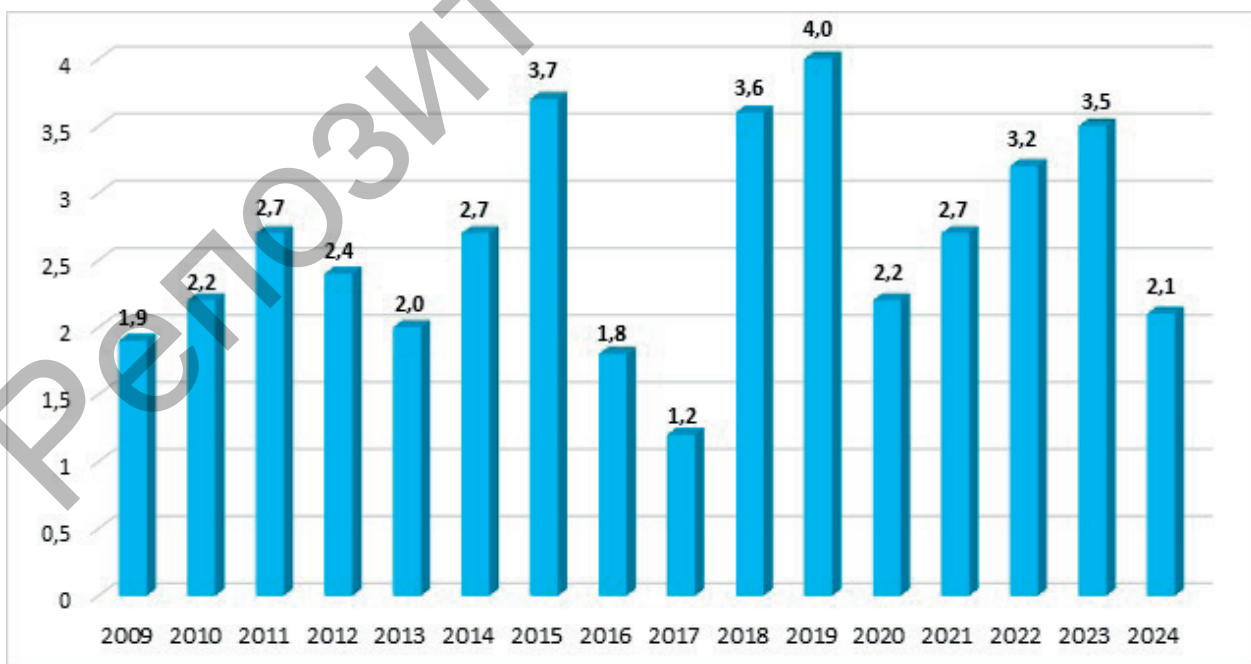


Рисунок 1 – Диаграмма распределения выполненных краниопластических операций на 100 тысяч населения Гродненской области в 2009–2024 годах

Figure 1 – Distribution diagram of performed cranioplasty operations per 100,000 population of the Grodno region in 2009–2024

материала были разделены на четыре группы (табл. 2). Первую группу составили пациенты, которым проводилась краниопластика аутокостью – 249, вторая группа – пациенты, пластика которым выполнялась протакрилом – 70. Третью группу (49 пациентов) составили пациенты с пластикой титановой пластиной и четвертую – 62 пациента с комбинированной пластикой (аутокость и титановая пластина).

Площадь закрываемого дефекта черепа у пациентов при комбинированной краниопластике была статистически значимо большей по отношению к трем другим группам ($p < 0,05$). Значимой разницы в площади дефектов у пациентов с использованием протакрила и титановой пластины не обнаружено ($p = 0,08$), однако данные способы краниопластики, как правило, применялись при меньших по размеру дефектах. Применение комбинированной краниопластики удлиняло продолжительность операции в 1,5 раза в сравнении с использованием протакрила ($p = 0,000001$) и титановой пластины ($p = 0,000001$) и в 1,3 раза в сравнении с применением аутокости ($p = 0,000001$).

Распределение применяемых способов краниопластики в изучаемые годы представлено в виде диаграммы на рисунке 2.

Как видно из диаграммы на протяжении 16 лет большую часть краниопластик выполняли с использованием аутокости. Применение про-

такрила постепенно уменьшалось и последнее оперативное вмешательство с его использованием было выполнено в 2016 году, при этом у данного пациента наблюдалось осложнение – острая эпидуральная гематома. Первая краниопластика титановой пластиной «Медбиотех» в нашем стационаре была выполнена в 2012 году. При этом титановая пластина применялась как для закрытия всего дефекта черепа, так и использовалась в виде фрагмента при комбинированных пластиках или во время первичной операции при резекции части костного лоскута (вдавленный перелом черепа). Несмотря на широкое применение титана в мире, процент выполняемых краниопластик с использованием титановой пластины за последние 5 лет составляет от 22,9% (2023 г.) до 40,9% (2020 г.).

Наблюдаемые осложнения (представлены в табл. 3) были разделены на ранние (с момента окончания операции и до выписки из стационара) и поздние (после выписки).

Осложнения после краниопластики наблюдались у 16 (3,7%) оперированных пациентов. При этом наибольший их процент был при комбинированном способе пластики (4,8%). Однако осложнения наблюдались во всех четырех группах и их встречаемость в данной группе не была статистически значимой ($p > 0,05$) по отношению к другим способам пластики дефекта. Среди осложнений встречались эпидуральная ге-

Таблица 2 – Сравнительная характеристика показателей изучаемых групп пациентов
Table 2 – Comparative characteristics of the indicators of the studied groups of patients

Показатель/ характеристика	1-я группа, n=249	2-я группа, n=70	3-я группа, n=49	4-я группа, n=62	Статистическая значимость различий, p-value
Возраст, лет	46,12±14,3	36,1±10,9	42,8±11,6	42,4±12,2	0,000001 ¹⁻² 0,16 ¹⁻³ 0,06 ¹⁻⁴ 0,003 ²⁻³ 0,003 ²⁻⁴ 0,85 ³⁻⁴
Пол: мужчины, абс. (%) женщины, абс. (%)	197 (79,1%) 52 (20,9%)	69 (98,6%) 1 (1,4%)	43 (87,8%) 6 (12,2%)	55 (88,7%) 7 (11,3%)	0,0001 ¹⁻² 0,16 ¹⁻³ 0,000001 ¹⁻⁴ 0,01 ²⁻³ 0,02 ²⁻⁴ 0,88 ³⁻⁴
Площадь дефекта, см ³ : малый – до 9 см ³ средний – 10–29 см ³ большой – 30–60 см ³ обширный – более 60 см ³	8 (3,2%) 20 (8,1%) 133 (53,4%) 88 (35,3%)	10 (14,3%) 28 (40,0%) 24 (34,3%) 8 (11,4%)	2 (4,1%) 18 (36,7%) 17 (34,7%) 12 (24,5%)	0 (0,0%) 2 (3,2%) 21 (33,9%) 39 (62,9%)	0,000001 ¹⁻² 0,0002 ¹⁻³ 0,004 ¹⁻⁴ 0,08 ²⁻³ 0,000001 ²⁻⁴ 0,00003 ³⁻⁴
Продолжительность операции, мин	101,54±28,52	85,0±28,1	85,6±28,5	127,5±37,2	0,00002 ¹⁻² 0,0004 ¹⁻³ 0,000001 ¹⁻⁴ 0,91 ²⁻³ 0,000001 ²⁻⁴ 0,000001 ³⁻⁴

Примечание – ¹⁻² – сравнение групп 1 и 2; ¹⁻³ – сравнение групп 1 и 3; ¹⁻⁴ – сравнение групп 1 и 4; ²⁻³ – сравнение групп 2 и 3; ²⁻⁴ – сравнение групп 2 и 4; ³⁻⁴ – сравнение групп 3 и 4.

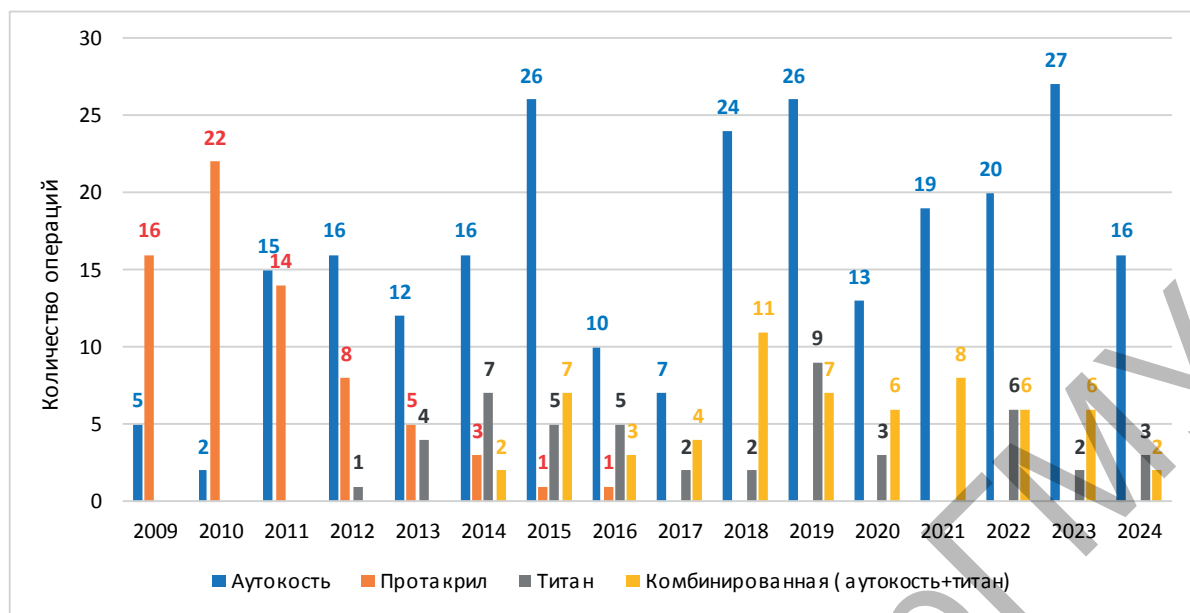


Рисунок 2 – Диаграмма распределения применяемых материалов для краниопластики в Гродненской области в 2009–2024 годах

Figure 2 – Distribution diagram of materials used for cranioplasty in the Grodno region in 2009-2024

Таблица 3 – Послеоперационные осложнения изучаемых групп пациентов

Table 3 – Postoperative complications of the studied groups of patients

Показатель/ характеристика	1-я группа, n=249	2-я группа, n=70	3-я группа, n=49	4-я группа, n=62	Статистическая значимость различий, p-value
Количество осложнений, абс. (%)	10 (4,0%)	2 (2,9%)	1 (2,0%)	3 (4,8%)	0,64 ¹⁻² 0,64 ¹⁻³ 0,79 ¹⁻⁴ 0,80 ²⁻³ 0,57 ²⁻⁴ 0,45 ³⁻⁴
Ранние осложнения, абс. (%)	7 (2,8%)	2 (2,9%)	1 (2,0%)	2 (3,2%)	1,0 ¹⁻² 0,75 ¹⁻³ 0,88 ¹⁻⁴ 0,78 ²⁻³ 0,90 ²⁻⁴ 0,71 ³⁻⁴
Поздние осложнения, абс. (%)	3 (1,2%)	0	0	1 (1,6%)	0,81 ¹⁻⁴

Примечание – ¹⁻² – сравнение групп 1 и 2; ¹⁻³ – сравнение групп 1 и 3; ¹⁻⁴ – сравнение групп 1 и 4; ²⁻³ – сравнение групп 2 и 3; ²⁻⁴ – сравнение групп 2 и 4; ³⁻⁴ – сравнение групп 3 и 4.

матомы – у 10 (2,3%) пациентов, остеомиелит костного лоскута – у 4 (1,0%), внутримозговая гематома – у 1 (0,2%) и эпидуральная эмпиема – у 1 (0,2%) пациента. Эпидуральная гематома, как осложнение краниопластики, возникла в послеоперационном периоде как у пациентов после пластики аутокостью (5 случаев), протакрилом (2 случая), так и после выполнения комбинированной пластики с использованием титановой пластины (1 случай). Остеомиелит костного лоскута и эпидуральная эмпиема наблюдались у 4 пациентов после краниопластики аутокостью и в 1 случае при комбинированной краниопластике.

Таким образом, с целью уменьшения продолжительности операционного вмешательства, которое зачастую удлиняется в связи с

трудностью моделирования импланта, извлечением и фиксацией аутокости и как исход – увеличивается вероятность возникновения гнойных осложнений, перспективным является 3D-моделирование с возможностью построения индивидуального импланта в дооперационный период [22]. Вторым важным фактором является поиск нового перспективного материала, который обладал бы всеми необходимыми качествами для краниопластики.

Выводы

1. В настоящее время наиболее широко используется аутокость для пластики дефекта черепа при возможности сохранения данного костного лоскута в тканях организма при первичной

операции. Применение титановых пластин в последние годы увеличивается, при этом титан является наиболее предпочтительным материалом для закрытия дефекта черепа у пациентов с поврежденным или негодным для пластики костным лоскутом.

2. Использование искусственных трансплантатов для закрытий дефектов костей черепа значимо ($p < 0,05$) уменьшает время выполнения оперативного вмешательства по сравнению с применением аутокости, ввиду сокращения затраты времени операции на извлечение костного

аутоотрансплантата. Это способствует снижению количества осложнений и, кроме этого, исключает возникновение остеомиелита трансплантируемого костного лоскута.

3. Дальнейшее развитие краниопластики связано с поиском новых материалов для пластики дефекта черепа и широким применением 3D-моделирования, что приведет к дооперационному формированию индивидуального имплантата, а, следовательно, к сокращению времени операции и уменьшению количества осложнений.

Литература

1. A case series of early and late cranioplasty-comparison of surgical outcomes / A. Bjornson, T. Tajsic, A. G. Kolias [et al.] // *Acta neurochirurgica*. – 2019. – Vol. 161, № 3. – P. 467-472. – doi: 10.1007/s00701-019-03820-9.
2. Abdelaziz Mostafa Elkatatny, A. A. Cranioplasty: A New Perspective / A. A. Abdelaziz Mostafa Elkatatny, K. A. Eldabaa // *Open Access Maced J Med Sci*. – 2019. – Vol. 7, № 13. – P. 2093-2101. – doi: 10.3889/oam-jms.2019.489.
3. Cranioplasty: A Comprehensive Review of the History, Materials, Surgical Aspects, and Complications / A. Alkhaibary, A. Alharbi, N. Alnefaie [et al.] // *World Neurosurg*. – 2020. – Vol. 139. – P. 445-452. – doi: 10.1016/j.wneu.2020.04.211.
4. Cranioplasty / A. A. Ong, J. P. Manning, A. G. Vincent [et al.] // *Facial Plast Surg*. – 2021. – Vol. 37, № 6. – P. 698-702. – doi: 10.1055/s-0041-1735560.
5. Современные материалы для реконструкции костей свода черепа / А. А. Офицеров, Н. В. Боровкова, А. Э. Тальпов, И. Н. Пономарев // *Трансплантология*. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 234-243. – doi: 10.23873/2074-0506-2019-11-3-234-243. – edn: XWGLDC.
6. Thimukonda, J. J. Next-generation personalized cranioplasty treatment / J. J. Thimukonda, M. Baldia, B. Basu // *Acta Biomater*. – 2022. – Vol. 154. – P. 63-82. – doi: 10.1016/j.actbio.2022.10.030.
7. Царукаев, Б. А. Тактика хирургического лечения пациентов с дефектами черепа после декомпрессивной краниоэктомии и с ликвородинамическими нарушениями / Б. А. Царукаев, А. Д. Кравчук, Я. А. Латышев // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. – 2023. – Т. 87, № 6. – С. 114119. – doi: 10.17116/neiro202387061114. – edn: EQEEVG.
8. Custom 3D-Printed External Cranial Orthotic for Prevention and Treatment of Syndrome of the Trephined / G. A. Leach, R. A. Dean, D. R. Cleary [et al.] // *J Craniofac Surg*. – 2023. – Vol. 34, № 7. – P. E682-684. – doi: 10.1097/SCS.00000000000009658. – edn: DBCMXQ.
9. Особенности проведения пластики послеоперационных дефектов костей свода черепа у пациентов на различных этапах реабилитации / М. Д. Варюхина, А. Н. Воробьев, Д. В. Левин [и др.] // *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. – 2022. – Т. 4, № 2. – С. 83-89. – doi: 10.36425/rehab108760.
10. Хирургия дефектов черепа: обзор современных методик, материалов и аддитивных технологий / А. В. Яриков, А. П. Фраерман, В. А. Леонов [и др.] // *Амурский медицинский журнал*. – 2019. – Т. 28, № 4. – С. 65-77. – doi: 10.22448/AMJ.2019.4.65-77. – edn: TFHYXR.
11. Cranioplasty: A Multidisciplinary Approach / H. Mee, F. Anwar, I. Timofeev [et al.] // *Front Surg*. – 2022. – Vol. 9. – e864385. – doi: 10.3389/fsurg.2022.864385.
12. Elshirbiny, M. F. Autograft cranioplasty for skull defects in children / M. F. Elshirbiny, A. Ahmed, M. M. Amen // *Interdisciplinary Neurosurgery*. – 2023. – Vol. 33. – e101789. – doi: 10.1016/j.inat.2023.101789.
13. Clinical Outcomes of Cranioplasty Using a Customized Artificial Bone Flap Made by a 3D Printing Technique / J. H. Lee, Y. W. Shim, S. Kim [et al.] // *J Neurointensive Care*. – 2021. – Vol. 4, № 2. – P. 52-57. – doi: 10.32587/jnic.2021.00388.
14. Siracusa, V. State-of-Art of Standard and Innovative Materials Used in Cranioplasty / V. Siracusa, G. Maimone, V. Antonelli // *Polymers*. – 2021. – Vol. 13, № 9. – P. 1452. – doi: 10.3390/polym13091452.
15. Comparison of the amount of artifacts induced by zirconium and titanium implants in cone-beam computed tomography images / A. Shokri, F. Vafae, L. Haghighat [et al.] // *BMC Med Imaging*. – 2022. – Vol. 22, № 1. – P. 156. – doi: 10.1186/s12880-022-00884-5.
16. Biswas, S. Effects of metallic cranioplasty on electroencephalographic recordings: an illustrative case / S. Biswas, G. Alarcon, A. Valentin // *Clin Neurophysiol*. – 2013. – Vol. 124, № 3. – P. 626-627. – doi: 10.1016/j.clinph.2012.07.011.
17. The impact of metal implants on the dose and clinical outcome of radiotherapy (Review) / Y. Liang, H. Xu, W. Tang [et al.] // *Mol Clin Oncol*. – 2024. – Vol. 21, № 4. – P. 66. – doi: 10.3892/mco.2024.2764.
18. Shepetovsky, D. Complications of cranioplasty in relationship to traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis / D. Shepetovsky, G. Mezzini, L. Magrassi // *Neurosurg Rev*. – 2021. – Vol. 44, № 6. – P. 3125-3142. – doi: 10.1007/s10143-021-01511-7.
19. Routine but risky: a multi-centre analysis of the outcomes of cranioplasty in the Northeast of England / I. C. Coulter, J. D. Pesic-Smith, W. B. Cato-Addison [et al.] // *Acta neurochirurgica*. – 2014. – Vol. 156, № 7. – P. 1361-1368. – doi: 10.1007/s00701-014-2081-1.
20. Postoperative infection after cranioplasty in traumatic brain injury: a single center experience / M. Ha, J. H. Lee, H. J. Choi [et al.] // *J Trauma Inj*. – 2022. – Vol. 35, № 4. – P. 255-260. – doi: 10.20408/jti.2022.0043.
21. Bikram, S. Surgical Outcome of Exvivo Preserved Autologous Cranioplasty - A Novel Approach / S. Bikram, K. C. Bidur, T. Amit // *Nepal Journal of Neuroscience*. – 2019. – Vol. 16, № 3. – P. 43-49. – doi: 10.3126/njn.v16i3.27355.
22. Довнар, А. И. Создание персонализированного черепного импланта из материала «Суперфлувис» / А. И. Довнар // *Неврология и нейрохирургия*.

Восточная Европа. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 50-58. – doi: 10.34883/PI.2024.14.1.045. – edn: OCMVIP.

References

1. Bjornson A, Tajsic T, Kolias AG, Wells A, Naushahi MJ, Anwar F, Helmy A, Timofeev I, Hutchinson PJ. A case series of early and late cranioplasty-comparison of surgical outcomes. *Acta neurochirurgica*. 2019;161(3):467-472. doi: 10.1007/s00701-019-03820-9.
2. Abdelaziz Mostafa Elkatatny AA, Eldabaa KA. Cranioplasty: A New Perspective. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019;7(13):2093-2101. doi: 10.3889/oam-jms.2019.489.
3. Alkhaibary A, Alharbi A, Alnefaie N, Oqalaa Almubarak A, Aloraidi A, Khairy S. Cranioplasty: A Comprehensive Review of the History, Materials, Surgical Aspects, and Complications. *World Neurosurg*. 2020;139:445-452. doi: 10.1016/j.wneu.2020.04.211.
4. Ong AA, Manning JP, Vincent AG, Namin AW, Wang W, Ducic Y. Cranioplasty. *Facial Plast Surg*. 2021;37(6):698-702. doi: 10.1055/s-0041-1735560.
5. Ofitserov AA, Borovkova NV, Talypov AE, Ponomarev IN. Modern materials for the reconstruction of the cranial vault bones. *Transplantologia. The Russian Journal of Transplantation*. 2019;11(3):234-243. doi: 10.23873/2074-0506-2019-11-3-234-243. edn: XWGLDC. (Russian).
6. Thimukonda JJ, Baldia M, Basu B. Next-generation personalized cranioplasty treatment. *Acta Biomater*. 2022;154:63-82. doi: 10.1016/j.actbio.2022.10.030.
7. Tsarukaev BA, Kravchuk AD, Latyshev YaA. Surgical treatment of patients with skull defects and cerebrospinal fluid flow disorders after previous decompressive craniectomy. *Burdenkos Journal of Neurosurgery*. 2023;87(6):114119. doi: 10.17116/neiro202387061114. edn: EQEEVG. (Russian).
8. Leach GA, Dean RA, Cleary DR, Steinberg JA, Gosman AA. Custom 3D-Printed External Cranial Orthotic for Prevention and Treatment of Syndrome of the Trephined. *J Craniofac Surg*. 2023;34(7):e682-e684. doi: 10.1097/SCS.00000000000009658.
9. Varyukhina MD, Vorobyev AN, Levin DV, Ilyina AA, Kolesov DL, A.A. Shaibak AA, Radutnaya ML, Yakovlev AA, Gorelova ES. Features of Cranial Bone Reconstruction in Patients at Various Stages of Rehabilitation. *Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2022;4(2):83-89. doi: 10.36425/rehab108760. edn: DBCMXQ. (Russian).
10. Yarikov AV, Fraerman AP, Leonov VA, Stolyarov II, Gunkin IV, Tsygankov AM. Skull defect surgery: a review of current techniques, materials and additive technologies. *Amur Medical Journal*. 2019;4(28):65-77. doi: 10.22448/AMJ.2019.4.65-77. edn: TFHYXR. (Russian).
11. Mee H, Anwar F, Timofeev I, Owens N, Grieve K, Whiting G, Alexander K, Kendrick K, Helmy A, Hutchinson P, Kolias A. Cranioplasty: A Multidisciplinary Approach. *Front Surg*. 2022;9:864385. doi: 10.3389/fsurg.2022.864385.
12. Elshirbiny MF, Ahmed A, Amen MM. Autograft cranioplasty for skull defects in children. *Interdisciplinary Neurosurgery*. 2023;33:101789. doi: 10.1016/j.inat.2023.101789.
13. Lee JH, Shim YW, Kim S, Lee WH, Lee KS, Paeng SH, Pyo SY. Clinical Outcomes of Cranioplasty Using a Customized Artificial Bone Flap Made by a 3D Printing Technique. *J Neurointensive Care*. 2021;4(2):52-57. doi: 10.32587/jnic.2021.00388.
14. Siracusa V, Maimone G, Antonelli V. State-of-Art of Standard and Innovative Materials Used in Cranioplasty. *Polymers*. 2021;13(9):1452. doi: 10.3390/polym13091452.
15. Shokri A, Vafae F, Haghighat L, Shahabi S, Farhadian M, Jamalpour MR. Comparison of the amount of artifacts induced by zirconium and titanium implants in cone-beam computed tomography images. *BMC Med Imaging*. 2022;22(1):156. doi: 10.1186/s12880-022-00884-5.
16. Biswas S, Alarcon G, Valentin A. Effects of metallic cranioplasty on electroencephalographic recordings: an illustrative case. *Clin Neurophysiol*. 2013;124(3):626-627. doi: 10.1016/j.clinph.2012.07.011.
17. Liang Y, Xu H, Tang W, Du X. The impact of metal implants on the dose and clinical outcome of radiotherapy (Review). *Mol Clin Oncol*. 2024;21(4):66. doi: 10.3892/mco.2024.2764.
18. Shepetovsky D, Mezzini G, Magrassi L. Complications of cranioplasty in relationship to traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. 2021;44(6):3125-3142. doi: 10.1007/s10143-021-01511-7.
19. Coulter IC, Pesic-Smith JD, Cato-Addison WB, Khan SA, Thompson D, Jenkins AJ, Strachan RD, Mukerji N. Routine but risky: a multi-centre analysis of the outcomes of cranioplasty in the Northeast of England. *Acta neurochirurgica*. 2014;156(7):1361-1368. doi: 10.1007/s00701-014-2081-1.
20. Ha M, Lee JH, Choi HJ, Kim BC, Yu S. Postoperative infection after cranioplasty in traumatic brain injury: a single center experience. *J Trauma Inj*. 2022;35(4):255-260. doi: 10.20408/jti.2022.0043.
21. Bikram S, Bidur KC, Amit T. Surgical Outcome of Exvivo Preserved Autologous Cranioplasty – A Novel Approach. *Nepal Journal of Neuroscience*. 2019;16(3):43-49. doi: 10.3126/njn.v16i3.27355.
22. Dovnar AI. Creation of a personalized cranial implant with “Superfluvis” material. *Neurology and Neurosurgery. Eastern Europe*. 2024;14(1):50-58. doi: 10.34883/PI.2024.14.1.045. edn: OCMVIP. (Russian).

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF METHODS OF RECONSTRUCTIVE TREATMENT OF SKULL BONE DEFECTS

A. I. Dovnar

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

Background. Cranial defect repair by autograft is considered to be the optimal method of cranioplasty. However, if it is impossible to preserve the bone flap, it becomes necessary to use artificial materials. The most important indicator of a successful cranioplasty operation is the low level of postoperative complications that would require repeated surgical interventions.

Aim of the research. To evaluate and compare the results of cranioplasty operations using different materials.

Material and methods. A single-center retrospective study of the medical records of inpatients operated on in the neurosurgical department of the Grodno City Clinical Emergency Hospital for skull bone defects within 16 years (from January 2009 to December 2024) was conducted. All patients were divided into 4 groups. The first group consisted of patients who underwent cranioplasty with autogenous bone (249 individuals), the second group included patients who underwent plastic surgery with protacryl (70 individuals). The third group (49 individuals) consisted of patients with titanium plate plastic surgery and the fourth group included 62 patients with combined plastic surgery (autogenous bone and titanium plate).

Results. Complications after cranioplasty were observed in 16 (3.7%) operated patients and occurred in all four study groups. The highest percentage was with the combined method (4.8%) but without statistical significance ($p > 0.05$) in relation to other methods of skull defect plastic surgery. Complications included epidural hematoma in 10 (2.3%) patients, osteomyelitis of the bone flap in 4 (1.0%) patients, intracerebral hematoma in 1 (0.2%) patient and epidural empyema in 1 (0.2%) patient.

Conclusions. The use of artificial grafts to close defects in the bones of the skull significantly ($p < 0.05$) reduces the time required to perform surgery compared with the use of an autogenous bone, due to the reduction in time spent on bone graft harvesting. This helps to reduce the number of complications and, in addition, eliminates the occurrence of osteomyelitis of the transplanted bone flap.

Keywords: cranioplasty, autograft, skull, bone flap, osteomyelitis.

For citation: Dovnar AI. Comparative characteristics of methods of reconstructive treatment of skull bone defects. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2025;23(3):239-246. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-3-239-246>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом.

Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the local ethics committee.

Об авторе / About the author

Довнар Андрей Игоревич / Dovnar Andrei, e-mail: dovnarneiro@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5535-2036

Поступила / Received: 20.03.2025

Принята к публикации / Accepted for publication: 23.05.2025