



Анализ краниопластик на территории г. Новосибирска за 2016–2022 гг.

©С.В. Мишинов^{1*}, А.В. Калиновский², Д.А. Рзаев², М.Н. Зарубин³, Ж.А. Назаров³,
А.Г. Бобылев⁴, М.А. Баранов⁴, Р.С. Киселев⁵, С.В. Чернов⁵, В.В. Ступак¹

¹ Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, Новосибирск, Россия

² Федеральный центр нейрохирургии г. Новосибирска, Новосибирск, Россия

³ Городская клиническая больница № 1, Новосибирск, Россия

⁴ Государственная Новосибирская областная клиническая больница, Новосибирск, Россия

⁵ НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Россия

* С.В. Мишинов, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, 630091, Новосибирск, ул. Фрунзе 17, smishinov@yandex.ru

Поступила в редакцию 1 апреля 2023 г. Исправлена 17 апреля 2023 г. Принята к печати 26 мая 2023 г.

Резюме

Введение: Исследования, посвященные реконструктивным нейрохирургическим вмешательствам, не теряют своей актуальности по причине наличия когорты больных с дефектами костей черепа, в частности, после черепно-мозговых травм (ЧМТ). Для увеличения эффективности специализированной помощи для данной категории пациентов, необходимо проведение исследований, направленных на оценку охвата населения оперативными вмешательствами.

Цель: Анализ выполненных реконструктивных нейрохирургических вмешательств в стационарах города Новосибирска.

Методы: Многоцентровое наблюдательное ретроспективное нерандомизированное исследование проведено за период с 2016 по 2022 г. на базе 5 нейрохирургических отделений г. Новосибирска, выполняющих краниопластику. Из общего числа выполненных вмешательств ($n = 673$) 450 наблюдений соответствовали критериям включения.

Результаты: Большинство пациентов ($n = 361$, 80,2%) было прооперировано в федеральных учреждениях. Среди больных, соответствующих критериям включения, преобладали городские жители ($n = 260$). Основной причиной выполнения краниоэктомий являлись последствия ЧМТ ($n = 319$, 70,9%). Сроки выполнения краниопластики варьировали от 0,1 до 320 мес., среднее значение – $23,9 \pm 39,2$, медиана – 11,6 мес. Значимые различия между первичной и реконструктивной операциями выявлены при сравнении последствий ЧМТ со всеми прочими патологиями, однако на практике они не имели клинической значимости. Указание двух характеристик, описывающих размеры и сложность дефекта, зафиксированы в 51,1% наблюдений. В 19,3% диагноз был сформулирован как «дефект костей черепа» с указанием анатомических областей.

Заключение: За 7 лет в 5 нейрохирургических стационарах города краниопластика выполнена 450 жителям Новосибирска и Новосибирской области (64,3 операции в год). Сопоставляя полученные результаты с предыдущими исследованиями по количеству выполненных краниоэктомий, дефицит охвата реконструктивными вмешательствами составил 99,7 случаев в год. Для своевременного проведения краниопластик необходимо создание регистров больных с дефектами костей черепа.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, краниоэктомия, дефект черепа, краниопластика, имплантаты для закрытия дефектов костей черепа

Цитировать: Мишинов С.В., Калиновский А.В., Рзаев Д.А. и др. Анализ краниопластик на территории г. Новосибирска за 2016–2022 гг. *Инновационная медицина Кубани*. 2023;(2):63–70. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-2-63-70>

Analysis of Cranioplasty Procedures Performed in Novosibirsk From 2016 to 2022

©Sergey V. Mishinov^{1*}, Anton V. Kalinovskiy², Jamil A. Rzaev², Maxim N. Zarubin³, Zhorakhan A. Nazarov³,
Alexander G. Bobylev⁴, Maxim A. Baranov⁴, Roman S. Kiselev⁵, Sergey V. Chernov⁵, Vyacheslav V. Stupak¹

¹ Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation

³ Clinical City Hospital No. 1, Novosibirsk, Russian Federation

⁴ Novosibirsk State Regional Clinical Hospital, Novosibirsk, Russian Federation

⁵ Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

* Sergey V. Mishinov, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, ulitsa Frunze 17, Novosibirsk, 630091, Russian Federation, smishinov@yandex.ru

Received: April 1, 2023. Received in revised form: April 17, 2023. Accepted: May 26, 2023.



Abstract

Background: Studies on reconstructive neurosurgical interventions are always relevant due to the persistence of cranial defects, mainly caused by traumatic brain injuries (TBI). To provide medical care to the patients with cranial defects more efficiently, it is necessary to assess a large number of surgical interventions in studies.

Objective: To analyze data on reconstructive neurosurgical interventions performed at Novosibirsk hospitals.

Methods: We performed a multicenter observational retrospective non-randomized study of the total cranioplasty surgical interventions from 2016 to 2022. The study involved five neurosurgical departments in Novosibirsk hospitals. In 450 of 673 cases the inclusion criteria were met.

Results: The majority of patients ($n=361$; 80.2%) underwent surgical interventions in federal health facilities. Urban residents prevailed ($n=260$) among the patients who met the inclusion criteria. Craniectomies were mainly indicated for the consequences of TBI ($n=319$; 70.9%). Time to cranioplasty ranged from 0.1 to 320 months (mean: 23.9 ± 39.2 ; median: 11.6 months). There were non-clinically significant differences in terms of primary and reconstructive operations between the defects caused by TBI and other conditions. In 51.1% of cases, we found two features describing the size and complexity of the skull defect. In 19.3% of cases, patients were diagnosed with a skull defect (affected anatomical areas were specified).

Conclusions: Over seven years, 450 Novosibirsk residents underwent cranioplasty in five neurosurgical Novosibirsk hospitals (mean: 64.3 surgical interventions a year). Comparing the recent results with previous studies data in terms of performed craniectomies, we found that reconstructive interventions are lacking 99.7 cases per year. To reduce the time to cranioplasty, it is necessary to make a registry of patients with skull defects.

Keywords: traumatic brain injury, craniectomy, skull defect, cranioplasty, cranial implants

Cite this article as: Mishinov SV, Kalinovskiy AV, Rzaev JA, et al. Analysis of cranioplasty procedures performed in Novosibirsk from 2016 to 2022. *Innovative Medicine of Kuban*. 2023;(2):63–70. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-2-63-70>

Введение

Своевременное проведение операций по закрытию дефектов костей черепа остается актуальным направлением в современной нейрохирургии по ряду причин. С одной стороны, численность больных с посттравматическими дефектами не уменьшается из-за широкого применения декомпрессионных вмешательств при тяжелой черепно-мозговой травме (ЧМТ), нарушениях мозгового кровообращения, разрывах аневризм и сосудистых мальформаций; помимо этого краниэктомии применяются при новообразованиях костей черепа, мозга и его оболочек [1–6]. С другой стороны, пациенты в полной мере соответствуют концепции персонализированной медицины, поскольку каждый дефект является уникальным. Именно по этой причине история применения индивидуальных имплантатов для краниопластики насчитывает уже 30-летнюю историю [7]. Технологии медицинского производства совершенствуются, и сегодня в клинической практике используются изделия, произведенные на установках аддитивного производства, что является наиболее продвинутым и современным подходом в отрасли [8, 9]. Однако для улучшения процессов оказания помощи, направленной на закрытие дефектов костей черепа, необходимо наличие информации по количеству как пациентов с дефектами, так и числу выполненных краниопластик.

Ранее на территории г. Новосибирска было проведено исследование по изучению количества выполненных краниэктомий [10]. В рамках данной работы осуществлен анализ реконструктивных вмешательств в нейрохирургических стационарах с выявлением ключевых параметров, связанных с оказанием помощи данной категории пациентов.

Цель исследования

Анализ выполненных реконструктивных нейрохирургических вмешательств в стационарах г. Новосибирска за 7-летний период.

Материалы и методы

Многоцентровое обсервационное ретроспективное нерандомизированное исследование проведено за период с 2016 по 2022 г. на базе 5 нейрохирургических отделений г. Новосибирска, осуществляющих реконструктивные вмешательства по закрытию посттравматических дефектов костей черепа. Первичной конечной точкой являлось число оперативных вмешательств, выполненных у совершеннолетних жителей г. Новосибирска и Новосибирской области (НСО). Вторичными конечными точками являлись пол, возраст, причина и дата выполнения краниэктомии, сроки между краниэктомией и краниопластикой, материал и тип имплантата, размеры дефекта костей черепа, полнота охвата реконструктивными вмешательствами, соответствие характеристики дефекта клиническим рекомендациям Ассоциации нейрохирургов РФ [11]. Критерии включения: возраст не менее 18 лет, регистрация на территории Новосибирска или НСО. Исследование проведено в 3-х медицинских учреждениях федерального уровня – ФГБУ «ФЦ Нейрохирургии» МЗ РФ; ФГБУ «ННИИТО им. Л. Цивьяна» МЗ РФ; ФГБУ «НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина» МЗ РФ; двух регионального уровня: ГБУЗ НСО «ГНОКБ», ГБУЗ НСО «ГКБ № 1».

Из общего числа вмешательств ($n = 673$) критериям включения соответствовало 450 наблюдений. В качестве причин краниэктомий выделены последствия ЧМТ, удаление объемных образований, в том числе менингиом, которые были отнесены в отдельную подгруппу, нарушения мозгового кровообращения, разрывы

вы аневризм, инфекционные процессы. Оперативные вмешательства выполнялись по традиционной методике: после хирургического доступа и скелетирования области дефекта осуществляли установку и фиксацию имплантатов. Последние были представлены изделиями из медицинских полимеров, титан-алюминий-ванадиего сплава, а также в редких случаях был использован собственный костный лоскут.

Статистический анализ проводили с использованием программных пакетов для статистической обработки Statistica 10.0 (StatSoft) для персональных компьютеров. Результаты вычислений описательной статистики представлены в виде средних арифметических величин (M), стандартного отклонения средней (σ), медианного значения (Me), первого и третьего квартиля [$Q1$; $Q3$]. Проверка нормального распределения проводилась тестом Шапиро-Уилка (Statistica 10.0) и продемонстрировала не нормальное распределение ($p < 0,01$). Для сравнения показателей между группами использовались непараметрические методы – точный критерий Фишера для категориальных переменных, а также критерий Манна-Уитни для числовых переменных. Различия считались значимыми при критическом уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты

Из общего числа прооперированных критериям включения соответствовало 68,1% ($n = 450$) наблюдений – 29 случаев у мужчин в возрасте от 18 до 71, средний возраст – $40,9 \pm 12,6$ лет, медиана – 39 [32; 50] лет; 121 случай у женщин в возрасте от 18 до 75, средний возраст – $47,1 \pm 13,9$ лет, медиана – 49 [37; 58] лет ($p_U < 0,01$). Мужчины были значимо моложе и почти в три раза преобладали над женщинами (соотношение 2,7:1). Данный факт был обусловлен преобладанием молодых мужчин с последствиями ЧМТ ($p_{TMF} = 0,002$), в то время как среди зрелых женщин было большее количество дефектов после удаления менингиом ($p_{TMF} = 0,003$). В остальном значимых различий, в зависимости от причины краниоэктомии, в группе получено не было (табл.). Городские жители преобладали над жителями НСО – 260 наблюдений против 190. Большинство пациентов $n = 361$ (80,2%) прооперировано в федеральных учреждениях.

Практически во всех отделениях абсолютное большинство краниопластик выполнялось больным с последствиями ЧМТ. В нейрохирургическом отделении НМИЦ им. акад. Е.Н. Мешалкина преобладали больные с выполненными краниоэктомиями по поводу urgentных сосудистых состояний: разрывы аневризм ($n = 7$) и ОНМК по геморрагическому типу, сформировавшихся в результате разрывов артериовенозных мальформаций ($n = 6$), что обусловлено спецификой центра по оказанию помощи больным с сосудистой патологией.

Таблица
Перечень патологий, по поводу которых
выполняли краниоэктомию
Table
Indications for craniectomy

Причина	Общее число, n	Мужчины, n	Женщины, n
Последствия ЧМТ	319*	268	51
Менингиомы	44*	10	34
Прочие новообразования	13	7	6
ОНМК			
– по геморрагическому типу	24	16	8
– по ишемическому типу	7	4	3
Разрыв аневризмы	20	5	15
Декомпрессия неуточненная	6	6	0
НСДГ	6	4	2
Прочие	11	9	2
Всего:	450	329	121

Прим.: ЧМТ – черепно-мозговая травма
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
НСДГ – нетравматическая субдуральная гематома
* – наличие значимых ($p \leq 0,05$) различий между подгруппами

Note: ЧМТ – Traumatic brain injury
ОНМК – Acute cerebrovascular accident
НСДГ – Non-traumatic subdural hemorrhage
* – significant differences ($P \leq 0.05$) between the subgroups

Сроки проведения краниопластики оценены в 449 наблюдениях, варьировали от 0,1 до 320 мес., со средним значением – $23,9 \pm 39,2$; медианой – 11,6 [7,2; 21,5] мес. В одном случае дата краниоэктомии в медицинской документации не была указана. Для жителей Новосибирска и области с последствиями ЧМТ ($n = 319$) период варьировал от 0,1 до 320 мес., со средним значением – $24,3 \pm 41,9$; медианой – 10,7 [6,8; 20,1] мес. Для прочей патологии, за исключением ЧМТ ($n = 130$), период варьировал от 0,6 до 234,6 мес., со средним значением $23,2 \pm 31,4$; медианой – 12,9 [8,3; 25] мес. Различия в сроках проведения краниопластики между группой ЧМТ и прочей патологией были статистически значимыми ($p_U = 0,029$), однако средние значения различались на один месяц, а медианные – на два, что на практике не имело существенного клинического значения. В 352 (78,2%) случаях в диагнозе указывалась дата или как минимум месяц и год проведения краниоэктомии, в остальных случаях данная информация отсутствовала.

Титановые имплантаты использовали в большинстве случаев $n = 441$ (98%), из которых 131 (29,1%) осуществлено с применением имплантатов, изготовленных путем трехмерной печати из порошка титанового сплава методом DMLS (Direct Metal Laser Sintering – Прямое лазерное спекание металлов). На долю полимеров («Рекост») приходилось лишь 3 наблюдения, идентичное количество операций выполнено на базе ГКБ № 1 с применением аутологичного костного лоскута, предварительно сохраненного в подкожной жировой клетчатке передней брюшной стенки. Указанные вмешательства проводились за одну госпитализацию у пациентов с ЧМТ, кому на этапе краниоэктомии выполнялось костно-пластическое вмешательство. Еще в 3-х наблюдениях использовали комбинацию мягкой динамической ти-

тановой сетки с полиметилметакрилатом, где сетка выполняла армирующую функцию.

Анализ заполнения медицинской документации в части характеристики дефектов, согласно рекомендациям Ассоциации нейрохирургов России [11], продемонстрировал, что отношение к размерам дефектов было указано в 273 наблюдениях (60,7%), их распределение приведено на рисунке 1а. В 174 случаях данная информация в клиническом диагнозе отсутствовала, а дефект был охарактеризован как посттрепанационный, сложный, простой, только «дефект костей черепа», дефект не упоминался (рис. 1б). Еще в 3-х случаях наличие дефекта в диагнозе не указывалось, поскольку больным выполнялась первичная отсроченная краниопластика собственной сохраненной костью за период госпитализации, связанной с полученной ЧМТ. Из 273 наблюдений, когда были указаны размеры дефекта, в 230 случаях дополнительной характеристикой была также и его сложность. Таким образом, лишь в 51,1% наблюдений из общего числа костный дефект имел две описательные характеристики, согласно разработанной классификации, а в 19,3% диагноз был сформулирован как «дефект костей черепа» с указанием вовлеченных анатомических областей.

В 82 случаях в диагнозе указывались дополнительные характеристики: выбухание, западение, пульсация, их комбинация; из них в 6 случаях дефект не был категоризирован по размеру. Размеры дефектов, описанные в формате двух измерений, были указаны в протоколах операций в 245 (54,4%) случаях, в оставшихся наблюдениях размеры дефектов не указывались.

Среднее число оперативных вмешательств в год составляло 64,3, при этом в период до пандемии коронавирусной инфекции (2016–2019 гг.) отмечалось большее число реконструктивных операций – 74,3 в год. За 2020–2022 гг. количество оперативных вмешательств сократилось на 31,4% и составило в среднем 51 операция в год.

Обсуждение

Ранее в ходе проведенных исследований, посвященных эпидемиологии дефектов костей черепа [10] было установлено, что за пятилетний период с 2013 по 2017 г. включительно на территории г. Новосибирска суммарно было выполнено 1389 краниоэктомий по поводу различной нейрохирургической патологии, из них 832 пациента явились кандидатами для проведения краниопластики, что было обусловлено исключением больных со злокачественными новообразованиями и летальными исходами в стационарах. Более половины случаев приходилось на долю последствий ЧМТ – 52,6% ($n = 438$); второе и третье место занимали сосудистая патология

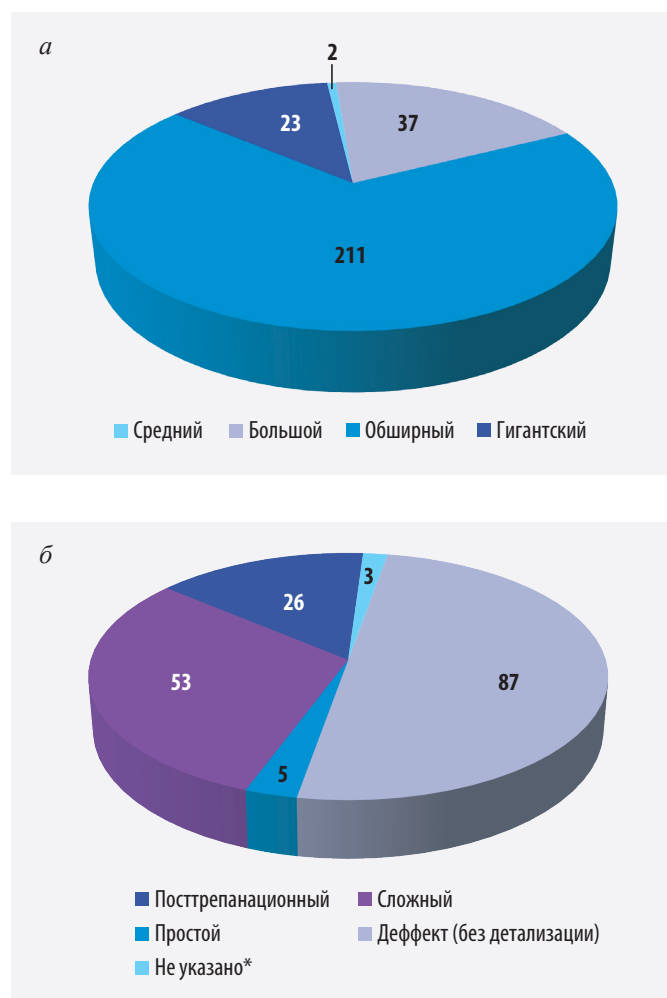


Рисунок 1. Характеристика и число дефектов: а – в случаях наличия указания отношения к размерам; б – в случаях отсутствия указания отношения к размеру дефекта, * – в диагнозе фигурируют «последствия травмы», «последствие трепанации» без указания наличия именно дефекта костей черепа

Figure 1. Features and number of skull defects: а – size specified; б – size not specified, * – the diagnosis includes consequences of trauma/consequence of trepanation without specifying the presence of a skull defect

21,4% (n = 178) и новообразования 20,4% (n = 170). За год в среднем фиксировалось 164 краниоэктомии по поводу различной нейрохирургической патологии, что соответствовало 10,5 случаев на 100 тыс. населения в год.

Сопоставление полученных результатов с целью оценки полноты охвата реконструктивными операциями всех нуждающихся методологически не вполне корректно. Оба исследования имели основные ограничения – это мобильность и сложность учета больных – пациенты могли быть исходно прооперированы в районных больницах, а реконструктивные операции проводились уже в городских стационарах. Другая возможная особенность – это нежелание со стороны больного выполнять краниопластику по каким-либо субъективным причинам. Однако даже с учетом перечисленных факторов, очевидным является неполный охват всех потенциально нуждающихся в краниопластике пациентов. Анализ показал, что в течение года в Новосибирске проводилось около 65 вмешательств с потенциальной потребностью почти на 100 операций больше.

Основной причиной формирования дефектов костей черепа являлась черепно-мозговая травма – 70,9% наблюдений, что согласуется с данными литературы [1, 12–15]. Сохранение стабильных показателей ЧМТ среди населения будет поддерживать также и число больных с посттравматическими дефектами костей черепа. Учитывая, что в настоящее время не наблюдается тенденции к снижению ЧМТ, краниопластика еще длительное время не утратит свою востребованность.

По результатам представленного исследования средние сроки между краниоэктомией и краниопластикой составили $23,9 \pm 39,2$ с медианой 11,6 [7,2; 21,5] мес. Как указано в клинических рекомендациях по реконструкции дефектов костей черепа [11], оптимальное время проведения краниопластики остается предметом дискуссий. Общая тенденция в зарубежной литературе сводится к проведению закрытия дефекта костей черепа в короткие сроки – от 1 до 6 мес. с момента выполнения краниоэктомии. S. Aydin и соавт. (2011) 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 [16]. Идентичные временные промежутки приводят M.C. De Cola и соавт. (2018) и указывают на имеющиеся противоречия в результатах исследований и отсутствие статистически значимых различий в эффектах между краниопластиками, выполненными на сроках до и после 90 дней с момента краниоэктомии [17].

В исследовании P. Schuss и соавт. (2012) в рамках одного учреждения было проанализировано

280 оперативных вмешательств и установлено, что ранняя краниопластика (≤ 2 мес.) являлась достоверным предиктором послеоперационных осложнений [18]. J.G. Malcolm и соавт. (2016) 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 [19]. Напротив, в другом исследовании D. Thavarajah и соавт. (2012) оценивалась 10-летняя ретроспективная серия из 82 случаев. Было обнаружено, что при краниопластике после травмы, выполненной на сроках до 6 мес., отмечен более высокий уровень инфицирования, в результате чего авторы рекомендовали проводить краниопластику минимум через 6 мес. после краниоэктомии [20].

В результате проведенного систематического анализа S. Yadla и соавт. (2011) пришли к выводу, что краниопластика, проведенная на сроках до 3-х мес. после краниоэктомии, достоверно не уменьшает риски развития инфекционных осложнений по сравнению с аналогичными вмешательствами, выполненными после 3-х мес. [21].

Как показывает анализ литературных источников, до сих пор нет однозначных выводов об оптимальных сроках хирургического закрытия дефекта костей черепа, однако сопоставляя данные выполненного исследования становится очевидным, что имеющиеся значения периода между краниоэктомией и краниопластикой необходимо сокращать. Стоит отдельно отметить, что указанный интервал в рамках текущего исследования не отождествлялся и не подменялся понятием сроков ожидания оперативных вмешательств, поскольку анализ подобного аспекта имеет ряд ограничений: пациенты могут обращаться за консультацией в несколько стационаров одновременно и самостоятельно выбирать учреждение, где будет оказываться помощь, при этом даты первичного обращения и установки показаний для оперативного вмешательства не всегда регистрируются. В этой связи анализ факта ожидания оперативного вмешательства будет скорее возможен для конкретного стационара, а не для конкретного пациента.

Учет больных с дефектами костей черепа является непростой задачей. С одной стороны, в связи с малой численностью данной когорты пациентов на фоне прочих социально-значимых заболеваний министерством здравоохранения не создан специализированный регистр. С другой стороны, очевидно, что далеко не все больные попадают на консультацию к нейрохирургу, оставаясь под курацией

врачей-неврологов. Для более полного и своевременного проведения оперативных вмешательств целесообразно создание регистра пациентов с дефектами костей черепа, позволяющего осуществлять не только учет, но и маршрутизацию больных. Данные подходы уже апробируются в ряде западных стран [22–24].

Анализ медицинской документации показал, что в рутинной практике при постановке диагноза отображается малое количество информации, характеризующей дефекты костей черепа. Так, в пятой части наблюдений не указывалась точная дата краниоэктомии, что имеет важное значение в приоритизации сроков оперативного лечения больных. Также в аналогичном числе случаев дефект костей черепа в диагнозе не конкретизировался согласно разработанной классификации. Непосредственные размеры в протоколах операций отмечены чуть более, чем в половине случаев. Приведенная информация указывает, что рекомендации ассоциации нейрохирургов РФ по описанию дефектов костей черепа выполняются не в полной мере: наличие двух параметров (размеров и сложности) отмечалось в половине случаев (51,1%), при этом дополнительная информация, характеризующая состояние лоскута, указывалась еще в меньшем числе наблюдений (18,2%). Подробное формирование диагноза у пациента с дефектом костей черепа, несмотря на томографическую ориентированность нейрохирургического сообщества, тем не менее не должно редуцироваться лишь до констатации факта наличия дефекта, поскольку несет в себе его существенные характеристики, которые могут оказывать влияние на алгоритм и выбор тактики лечения.

Заключение

За семилетний период исследования в 5 нейрохирургических стационарах города краниопластика была выполнена 450 жителям Новосибирска и НСО, что соответствовало значению – 64,3 операции в год. Сопоставляя полученные результаты с предыдущими исследованиями по количеству выполненных краниоэктоми, дефицит охвата реконструктивными вмешательствами составил 99,7 случаев в год. Для своевременного и более полного проведения краниопластик необходимо создание регистров больных с дефектами костей черепа.

Литература/References

1. Sahuquillo J, Dennis JA. Decompressive craniectomy for the treatment of high intracranial pressure in closed traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;12(12):CD003983. PMID: 31887790. PMCID: PMC6953357. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003983.pub3>
2. Tsaousi GG, Marocchi L, Sergi PG, Pourzitaki C, Santoro A, Bilotta F. Early and late clinical outcomes after decompressive

craniectomy for traumatic refractory intracranial hypertension: a systematic review and meta-analysis of current evidence. *J Neurosurg Sci*. 2020;64(1):97–106. PMID: 30356035. <https://doi.org/10.23736/S0390-5616.18.04527-7>

3. Lin J, Frontera JA. Decompressive hemicraniectomy for large hemispheric strokes. *Stroke*. 2021;52(4):1500–1510. PMID: 33719518. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.120.032359>

4. Dower A, Mulcahy M, Maharaj M, et al. Surgical decompression for malignant cerebral oedema after ischaemic stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022;11(11):CD014989. PMID: 36385224. PMCID: PMC9667531. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD014989.pub2>

5. Rumalla K, Catapano JS, Srinivasan VM, et al. Decompressive craniectomy and risk of wound infection after microsurgical treatment of ruptured aneurysms. *World Neurosurg*. 2021;154:e163–e167. PMID: 34245880. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.07.004>

6. Fathalla H, Tawab MGA, El-Fiki A. Extent of hyperostotic bone resection in convexity meningioma to achieve pathologically free margins. *J Korean Neurosurg Soc*. 2020;63(6):821–826. PMID: 32750757. PMCID: PMC7671773. <https://doi.org/10.3340/jkns.2020.0020>

7. Ono I, Gunji H, Kaneko F, Numazawa S, Kodama N, Yoza S. Treatment of extensive cranial bone defects using computer-designed hydroxyapatite ceramics and periosteal flaps. *Plast Reconstr Surg*. 1993;92(5):819–830. PMID: 8415963.

8. Мишинов С.В., Ступак В.В., Копорушко Н.А. Краниопластика: обзор методик и новые технологии в создании имплантатов. *Полутравма*. 2018;(4):82–89.

Mishinov SV, Stupak VV, Koropushko AN. Cranioplasty: a review of methods and new technologies in implants manufacturing. *Polytrauma*. 2018;(4):82–89. (In Russ.).

9. Кравчук А.Д., Потапов А.А., Панченко В.Я. и др. Аддитивные технологии в нейрохирургии. *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. 2018;82(6):97–104. PMID: 30721223. <https://doi.org/10.17116/neiro20188206197>

Kravchuk AD, Potapov AA, Panchenko VY, et al. Additive technologies in neurosurgery. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko*. 2018;82(6):97–104. (In Russ.). PMID: 30721223. <https://doi.org/10.17116/neiro20188206197>

10. Копорушко Н.А., Ступак В.В., Мишинов С.В. и др. Этиология и эпидемиология приобретенных дефектов костей черепа, полученных при различной патологии центральной нервной системы, и число больных, нуждающихся в их закрытии, на примере крупного промышленного города. *Современные проблемы науки и образования*. 2019;(2):120. <https://doi.org/10.17513/spno.28660>

Koporusko NA, Stupak VV, Mishinov SV, et al. Etiology and epidemiology of acquired defects of the skull bones, obtained with different pathologies of the central nervous system and the number of patients needing to their closed case for large industrial city. *Modern Problems of Science and Education*. 2019;(2):120. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/spno.28660>

11. Под ред. Усачёва Д.Ю., Лихтермана Л.Б., Кравчука А.Д., Охлопкова В.А. *Нейрохирургия. Национальное руководство. Том II. Черепно-мозговая травма*. ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения РФ; 2022.

Usachev DYU, Likhtermann LB, Kravchuk AD, Okhlopov VA, eds. *Neurosurgery. National Guidelines. Volume II. Traumatic Brain Injury*. National Medical Research Center of Neurosurgery named after N.N. Burdenko of the Ministry of Health of the Russian Federation; 2022. (In Russ.).

12. Hutchinson PJ, Kolias AG, Tajsic T, et al. Consensus statement from the International Consensus Meeting on the role of decompressive craniectomy in the management of traumatic brain injury: consensus statement. *Acta Neurochir (Wien)*. 2019;161(7):1261–1274. PMID: 31134383. PMCID: PMC6581926. <https://doi.org/10.1007/s00701-019-03936-y>
13. Phan K, Moore JM, Griessenauer C, et al. Craniotomy versus decompressive craniectomy for acute subdural hematoma: systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2017;101:677–685.e2. PMID: 28315797. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.03.024>
14. Honeybul S, Ho KM, Lind CRP, Gillett GR. The current role of decompressive craniectomy for severe traumatic brain injury. *J Clin Neurosci*. 2017;43:11–15. PMID: 28511969. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2017.04.032>
15. Brown DA, Wijdicks EF. Decompressive craniectomy in acute brain injury. *Handb Clin Neurol*. 2017;140:299–318. PMID: 28187804. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63600-3.00016-7>
16. Aydin S, Kucukyuruk B, Abuzayed B, Aydin S, Sanus GZ. Cranioplasty: review of materials and techniques. *J Neurosci Rural Pract*. 2011;2(2):162–167. PMID: 21897681. PMCID: PMC3159354. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.83584>
17. De Cola MC, Corallo F, Pria D, Lo Buono V, Calabrò RS. Timing for cranioplasty to improve neurological outcome: a systematic review. *Brain Behav*. 2018;8(11):e01106. PMID: 30280509. PMCID: PMC6236242. <https://doi.org/10.1002/brb3.1106>
18. Schuss P, Vatter H, Marquardt G, et al. Cranioplasty after decompressive craniectomy: the effect of timing on postoperative complications. *J Neurotrauma*. 2012;29(6):1090–1095. PMID: 22201297. <https://doi.org/10.1089/neu.2011.2176>
19. Malcolm JG, Rindler RS, Chu JK, Grossberg JA, Pradilla G, Ahmad FU. Complications following cranioplasty and relationship to timing: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2016;33:39–51. PMID: 27499122. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2016.04.017>
20. Thavarajah D, De Lacy P, Hussien A, Sugar A. The minimum time for cranioplasty insertion from craniectomy is six months to reduce risk of infection – a case series of 82 patients. *Br J Neurosurg*. 2012;26(1):78–80. PMID: 21973063. <https://doi.org/10.3109/02688697.2011.603850>
21. Yadla S, Campbell PG, Chitale R, Maltenfort MG, Jabbour P, Sharan AD. Effect of early surgery, material, and method of flap preservation on cranioplasty infections: a systematic review. *Neurosurgery*. 2011;68(4):1124–1130. PMID: 21242830. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31820a5470>
22. Kolias AG, Bulters DO, Cowie CJ, et al; British Neurosurgical Trainee Research Collaborative; British Neurotrauma Group; UKCRR Collaborative Group. Proposal for establishment of the UK Cranial Reconstruction Registry (UKCRR). *Br J Neurosurg*. 2014;28(3):310–314. PMID: 24237069. <https://doi.org/10.3109/02688697.2013.859657>
23. Fountain DM, Henry J, Honeyman S, et al; UK Cranial Reconstruction Registry (UKCRR) Collaborative; British Neurosurgical Trainee Research Collaborative (BNTRC). First report of a multicenter prospective registry of cranioplasty in the United Kingdom and Ireland. *Neurosurgery*. 2021;89(3):518–526. PMID: 34192745. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyab220>
24. Giese H, Sauvigny T, Sakowitz OW, et al. German Cranial Reconstruction Registry (GCRR): protocol for a prospective, multicentre, open registry. *BMJ Open*. 2015;5(9):e009273. PMID: 26423857. PMCID: PMC4593169. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009273>

Сведения об авторах

Мишинов Сергей Валерьевич, к. м. н., старший научный сотрудник отделения нейрохирургии, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения № 1, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии ортопедии им. Я.Л. Цивьяна (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-0903-7278>

Калиновский Антон Владимирович, к. м. н., врач-нейрохирург, заведующий отделением нейрохирургии № 4 (онкологическое), Федеральный центр нейрохирургии г. Новосибирска (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-7003-5549>

Рзаев Джамиль Афетович, д. м. н., врач-нейрохирург, главный врач, Федеральный центр нейрохирургии г. Новосибирска (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>

Зарубин Максим Николаевич, врач-нейрохирург, заведующий отделением нейрохирургии, Городская клиническая больница № 1 (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0001-9309-5293>

Назаров Жорахан Анварович, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, Городская клиническая больница № 1 (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0000-8749-0345>

Бобылев Александр Геннадьевич, врач-нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением, Государственная Новосибирская областная клиническая больница (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-0489-3945>

Баранов Максим Алексеевич, временно и.о. старшей медсестры нейрохирургического отделения, Государственная Новосибирская областная клиническая больница (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0009-0007-8311-9638>

Киселев Роман Сергеевич, к. м. н., заведующий научно-исследовательским отделом ангионеврологии и нейрохирургии, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0001-5110-8378>

Чернов Сергей Владимирович, к. м. н., научный сотрудник научно-исследовательского отдела ангионеврологии и нейрохирургии, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения, Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-7039-7010>

Ступак Вячеслав Владимирович, д. м. н., профессор, начальник научно-исследовательского отделения нейрохирургии, Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии ортопедии им. Я.Л. Цивьяна (Новосибирск, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-1065-1248>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Sergey V. Mishinov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Neurosurgeon, Neurosurgical Department No. 1, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-0903-7278>

Anton V. Kalinovskiy, Cand. Sci. (Med.), Neurosurgeon, Head of Neurosurgery Department No. 4 (Oncological), Novosibirsk Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-7003-5549>

Jamil A. Rzaev, Dr. Sci. (Med.), Neurosurgeon, Chief Physician, Novosibirsk Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>

Maxim N. Zarubin, Neurosurgeon, Head of the Neurosurgery Department, Clinical City Hospital No. 1 (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0001-9309-5293>

Zhorakhan A. Nazarov, Neurosurgeon, Neurosurgery Department, Clinical City Hospital No. 1 (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0000-8749-0345>

Alexander G. Bobylev, Neurosurgeon, Head of the Neurosurgery Department, Novosibirsk State Regional Clinical Hospital (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-0489-3945>

Maxim A. Baranov, Acting Head Nurse, Neurosurgery Department, Novosibirsk State Regional Clinical Hospital (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0007-8311-9638>

Roman S. Kiselev, Cand. Sci. (Med.), Head of the Scientific Research Department of Vascular Neurology and Neurosurgery, Neurosurgeon, Neurosurgery Department, Meshalkin National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0001-5110-8378>

Sergey V. Chernov, Cand. Sci. (Med.), Researcher, Scientific Research Department of Vascular Neurology and Neurosurgery, Neurosurgeon, Neurosurgery Department, Meshalkin National Medical Research Center (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-7039-7010>

Vyacheslav V. Stupak, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Scientific Research Department of Neurosurgery, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, (Novosibirsk, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-1065-1248>

Conflict of interest: none declared.