

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 616.714-089.44-77:[615.462:678.743.4]-092.4

**ДОВНАР**  
**Андрей Игоревич**

**ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕФЕКТОВ КОСТЕЙ  
СВОДА ЧЕРЕПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА  
НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА  
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

по специальности 14.01.17 – хирургия

Гродно 2024

Научная работа выполнена в учреждении образования «Гродненский государственный медицинский университет»

**Научный руководитель:** **Жук Игорь Георгиевич**, доктор медицинских наук, профессор, ректор учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет»

**Официальные оппоненты:** **Карпицкий Александр Сергеевич**, доктор медицинских наук, профессор, главный врач учреждения здравоохранения «Брестская областная клиническая больница»

**Кубраков Константин Михайлович**, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры неврологии и нейрохирургии учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»

**Оппонирующая организация:** учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»

Защита состоится 29 ноября 2024 года в 13.00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 03.17.01 при учреждении образования «Гродненский государственный медицинский университет» по адресу: 230009, г. Гродно, ул. Горького, 80. Тел./факс: (0152) 44-68-06; e-mail: mailbox@grsmu.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Гродненский государственный медицинский университет».

Автореферат разослан « 25 » октября 2024 года.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций Д 03.17.01,  
кандидат медицинских наук, доцент



М.И. Милешко

## ВВЕДЕНИЕ

Хирургическое лечение пациентов с дефектами костей черепа является актуальной проблемой современной медицины. В подавляющем числе наблюдений возникновение дефектов черепа связано с полученной тяжелой травмой головы. Ежегодное число случаев черепно-мозговой травмы (ЧМТ) в мире колеблется в пределах 27–69 миллионов [Guan B. et al., 2023; Elbourn E. et al., 2023, с. 824]. В Республике Беларусь частота ЧМТ составляет 2,4 случая на 1000 населения в год [Шанько Ю. Г. и соавт., 2017, с. 34].

Кроме этого, в последние годы отмечается увеличение числа выполненных декомпрессивных трепанаций черепа при внутримозговых нетравматических кровоизлияниях, обширном ишемическом инсульте и опухолях головного мозга [Годков И. М. и соавт., 2021, с. 77; Mohan M. et al., 2021, с. 1421].

В виду низкой регенеративной способности костей черепа самостоятельное закрытие его дефектов костной тканью невозможно. Костный дефект заполняется соединительнотканью рубцом, который срастается с надлежащими мягкими тканями головы и подлежащей твердой мозговой оболочкой (ТМО) [Мишинов С. В. и соавт., 2020]. Данный рубец плохо противостоит колебаниям внутричерепного и атмосферного давления, а также изменению температуры окружающей среды. Это приводит к нарушению ликворо- и гемоциркуляции и появлению «синдрома трепанированных» [Mustroph S. M. et al., 2022, с. 647]. Закрытие костного дефекта способствует уменьшению либо полному исчезновению жалоб пациента и значительно повышает качество его жизни [Братцев И. С. и соавт., 2021, с. 35; Mee H. et al., 2022].

Одной из основных проблем краниопластических операций является выбор пластического материала. Даже при сохранении аутологичного костного лоскута во многих случаях используются аллотрансплантаты или импланты небиологического происхождения [Дюсембеков Е. К. и соавт., 2020; Ong A. A. et al., 2021]. Это связано с резорбцией аутокости при ее хранении, а также резекционным расширением трепанационного окна во время операции [Alkhaibary A. et al., 2020, с. 448].

В настоящее время для закрытия дефектов черепа применяются разнообразные материалы. Однако не все из них удовлетворяют нейрохирургов. Идеальные материалы для краниопластики должны обладать рядом качеств: биосовместимостью, химической устойчивостью, механической прочностью, низкой тепло- и электропроводностью, легкостью моделирования [Hatamleh M. M., 2022; Воробьев А. Н. и соавт., 2023, с. 42]. Одновременно

с этим такие материалы не должны создавать артефакты при нейровизуализационных методах исследования. При выборе импланта должны учитываться и ряд других показателей: резорбируемость, иммунологический риск, опасность инфицирования и токсическое воздействие [Las D. E. et al., 2021, с. 45].

Анализ современной литературы показал, что в настоящее время отсутствует материал для краниопластики, который обладает всеми вышеперечисленными качествами [3]. Кроме этого, некоторые материалы отличаются высокой стоимостью. Это стимулирует поиск новых биосовместимых материалов для краниопластики более совершенных по своим физико-химическим, иммунологическим и экономическим характеристикам.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь работы с научными программами (проектами), темами**

Работа выполнена в рамках гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, договор № М19М-058 от 02.05.2019 по теме: «Обоснование применения белорусского материала «Суперфлувис» для пластики дефекта костей черепа» (№ государственной регистрации 20192362, срок исполнения 02.05.2019-31.03.2021), руководителем которого являлся автор настоящего диссертационного исследования.

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021-2025 гг. в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021-2025 годы» от 07 мая 2020 г. № 156: п. 2 – биологические, медицинские, фармацевтические и химические технологии и производства, подпункты искусственные ткани и органы и персонифицированная медицина, п. 4 – машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы, подпункт композиционные и многофункциональные материалы.

### **Цель и задачи исследования**

**Цель исследования:** разработать и обосновать в эксперименте новый способ закрытия дефекта костей свода черепа с использованием отечественного композиционного материала «Суперфлувис».

### **Задачи исследования:**

1. Определить в эксперименте возможные побочные эффекты композиционного материала «Суперфлувис» на основании оценки общего

и неврологического статуса животных, показателей общеклинического и биохимического анализов крови, морфологического состояния внутренних органов (сердца, легких, печени, почек и селезенки).

2. Исследовать и сравнить патоморфологические изменения в мягких тканях и прилежащих костях черепа области оперативного вмешательства при краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис» и титановой пластиной «Медбиотех».

3. Установить и сравнить ультраструктурные изменения в твердой мозговой оболочке при закрытии дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис» и титановой пластиной «Медбиотех».

4. Оценить информативность рентгеновского компьютерного томографического исследования при краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис».

5. Разработать алгоритм для моделирования и изготовления индивидуальных имплантов из композиционного материала «Суперфлувис» для закрытия дефектов костей свода черепа, исходя из данных дооперационных рентгеновских компьютерных томографических исследований.

### **Объект и предмет исследования**

**Объект исследования:** 78 беспородных кроликов, имплант из композиционного материала «Суперфлувис», титановая пластина «Медбиотех».

**Предмет исследования:** показатели общеклинического, биохимического анализов крови, результаты неврологического осмотра, рентгеновской компьютерной томографии, гистологические препараты сердца, легких, печени, почек, селезенки, мягких тканей и костей области послеоперационной раны при применении нового способа закрытия дефекта костей свода черепа с использованием отечественного композиционного материала «Суперфлувис».

### **Научная новизна**

Разработан способ экспериментального закрытия дефекта костей свода черепа имплантом из отечественного композиционного материала «Суперфлувис» на основе политетрафторэтилена, с трехточечной фиксацией его к краям костного дефекта в трепанационном окне.

Доказано отсутствие токсического воздействия на организм композиционного материала «Суперфлувис» при использовании его в качестве импланта костей свода черепа, на основании оценки общего и неврологического статуса экспериментальных животных, показателей

лабораторных анализов крови, а также морфологического состояния внутренних органов (сердца, легких, печени, почек и селезенки).

Дана сравнительная морфологическая и морфометрическая оценка воспалительно-репаративных процессов в области оперативного вмешательства после краниопластики композиционным материалом «Суперфлувис» и титановой пластиной «Медбиотех».

Установлены ультраструктурные изменения в твердой мозговой оболочке при закрытии дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис» и титановой пластины «Медбиотех».

Продемонстрированы рентгенопозитивные свойства композиционного материала «Суперфлувис» при рентгеновском компьютерном томографическом исследовании.

Создан алгоритм моделирования и изготовления индивидуального импланта из композиционного материала «Суперфлувис» для закрытия дефекта костей свода черепа исходя из данных дооперационного рентгеновского компьютерного томографического исследования.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Пластика дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис» в эксперименте не оказывает токсического действия на организм животного.

2. Морфологические изменения в мягких тканях и костях свода черепа при краниопластике пластинами из композиционного материала «Суперфлувис» демонстрируют его высокую биосовместимость, что подтверждается закономерным течением репаративного процесса в тканях аналогично протекающего и при имплантации титановой пластины «Медбиотех».

3. При краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис» происходят минимальные ультраструктурные изменения в твердой мозговой оболочке в области оперативного вмешательства, без признаков грубых фиброзных изменений, что предотвращает формирование оболочечно-мозгового рубца.

4. Информативность рентгеновского компьютерного томографического исследования не снижается при краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис», что позволяет визуализировать установленный имплант в дефекте, а также проводить оценку состояния прилежащих к нему костей черепа и вещества головного мозга в послеоперационном периоде.

5. Композиционный материал «Суперфлувис» пригоден для изготовления индивидуальных черепных имплантов путем создания их компьютерной

3D модели по дооперационным рентгеновским компьютерным томографическим данным и последующей обработки заготовок из него на фрезерном станке с числовым программным управлением.

### **Личный вклад соискателя ученой степени**

Автором самостоятельно проанализированы литературные источники по теме диссертации, проведен информационно-патентный поиск. Совместно с научным руководителем определены цель и задачи исследования, осуществлен выбор методов и объем исследований. Автор освоил методику создания трепанационного дефекта и методику краниопластики в эксперименте, самостоятельно выполнил операции лабораторным животным. Ежедневно в раннем послеоперационном периоде проводил инъекции обезболивающих препаратов и антибиотиков, осуществлял перевязки и оценку заживления послеоперационной раны. В ходе всего эксперимента оценивал неврологический статус животных и их физикальное состояние. Выполнял забор крови у животных и материалов для гистологического и электронно-микроскопического исследования. Морфологические методы исследования выполнялись при непосредственном участии автора. Самостоятельно диссертантом проведена морфометрическая обработка результатов патоморфологического исследования. Автор присутствовал при проведении рентгеновских компьютерных томографических исследований оперированным животным. При помощи программных приложений автор создавал 3D модель индивидуального черепного импланта.

Автор самостоятельно осуществил статистическую обработку, анализ и интерпретацию полученных результатов. Диссертантом непосредственно подготовлены публикации по теме диссертации. При консультативной помощи научного руководителя автором сформулированы выносимые на защиту положения и основные научные результаты диссертации. В совокупности личный вклад автора в выполненной работе оценивается в 85%.

### **Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов**

Результаты исследования доложены и обсуждены на следующих научно-практических конференциях: V Республиканской научно-технической конференции молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (14.11.2018, Гомель, ИММС НАН Беларуси); V Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Современные достижения молодых ученых в медицине» (23.11.2018, Гродно, ГрГМУ); итоговой научно-практической

конференции «Актуальные проблемы медицины» (25.01.2019, Гродно, ГрГМУ); итоговой научно-практической конференции «Актуальные проблемы медицины» (17.01.2020, Гродно, ГрГМУ); Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы медицины» (13.11.2020, Гомель, ГГМУ); итоговой научно-практической конференции «Актуальные проблемы медицины» (27.01.2022, Гродно, ГрГМУ); Всероссийской научно-практической конференции «Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики» (15.09.2023, Саратов, Российская Федерация); Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Медицинский университет: современные взгляды и новые подходы», посвященной 65-летию Гродненского государственного медицинского университета (28.09.2023, Гродно, ГрГМУ); 71-й научно-практической конференции ГОУ ТГМУ имени Абуали ибни Сино с международным участием: «Инновации в медицине: от науки к практике» (1.12.2023, Душанбе, Республика Таджикистан); 79-й научной сессии «Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации» (24.01.2024, Витебск, ВГМУ).

### **Опубликование результатов диссертации**

Результаты диссертационной работы изложены в 24 научных публикациях общим объемом 6,02 авторских листа. Из опубликованных работ: 8 в рецензируемых научных журналах, соответствующих пункту 19 «Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь», общим объемом 4,14 авторских листа, в том числе 2 статьи в моноавторстве. Кроме того, опубликовано 16 статей в сборниках материалов конференций объемом 1,88 авторских листа. Получено 2 патента на изобретение Республики Беларусь.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа написана на русском языке, состоит из «Перечня сокращений и обозначений», «Введения», «Общей характеристики работы», 7 глав основной части, «Заключения», «Списка использованных источников», включающего библиографический список из 321 наименований (84 на русском и 237 на иностранных языках) и 27 публикаций соискателя ученой степени, 2 приложения и 11 формул. Общий объем диссертации – 197 страниц. Работа содержит 31 таблицу, 87 рисунков. Объем, занимаемый таблицами – 14 страниц, иллюстрациями – 44 страницы, приложениями – 2 страницы.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### Материалы и методы исследования

Работа представляет собой экспериментальное исследование, выполненное на 78 беспородных кроликах однородных по возрасту (3 месяца) и массе тела ( $2757 \pm 97$  грамм). Животные были разделены на 4 группы: «опыт», «титан», «контроль» и «интактная». В группах животных «опыт», «титан» и «контроль» создавался трепанационный дефект диаметром 10 мм в правой половине мозгового отдела черепа (лобная и теменная кости). Эксперимент включал изучение 6 особей животных каждой группы в установленные сроки послеоперационного наблюдения (14-е, 30-е, 90-е и 180-е сутки). В группе «опыт» созданный дефект свода черепа закрывался имплантом из композиционного материала «Суперфлувис» по авторской методике [2]. Данный материал разработан в ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого» НАН Беларуси и серийно выпускается на ОАО «Гродненский механический завод». Получен патент на изобретения на данный материал для изготовления импланта, замещающего дефект свода черепа [26]. В группе «титан» закрытие дефекта свода черепа производилась перфорированной титановой пластиной марки ВТ-6, изготовленной в научно-производственном обществе с ограниченной ответственностью «Медбиотех». В группе «контроль» закрытие созданного дефекта черепа краниопластическим материалом не выполнялось. Животным группы «интактная» оперативные вмешательства не выполнялись. Кролики данной группы использовались для изучения ультраструктурного строения интактной ТМО.

В установленные сроки эксперимента проводилось взвешивание животных, полный неврологический осмотр, а также макроскопическая оценка заживления раны. После выведение животных из эксперимента выполнялось взвешивание внутренних органов (сердца, легких, печени, почек и селезенки) с определением их массовых коэффициентов.

В крови животных определялись показатели общего и биохимического анализа крови (общий белок, билирубин, АЛТ, АСТ, глюкоза, мочевины, креатинин). Гистологический материал исследовался по стандартной методике, окраска препаратов выполнялась гематоксилином и эозином. Изучение и фотографирование препаратов осуществлялось с помощью светового микроскопа «Leica DM 2500» с встроенной цифровой фотоприставкой «Leica DFC425C». Для количественной оценки и подсчета удельной площади ядер клеточного компонента и площади просветов сосудов микропрепараты оцифровывались путем фотографирования в максимально возможном количестве неперекрывающихся полей зрения. При выполнении алгоритмов

подсчета применялись компьютерная программа «PhotoM 1.31» и компьютерная морфометрическая программа «ImageJ 1.53».

Приготовление препаратов для электронно-микроскопического исследования осуществлялось по стандартной методике. Препараты изучались в просвечивающем электронном микроскопе JEM-1011 (JEOL, Япония) при увеличениях от  $\times 2000$  до  $\times 50\ 000$  и ускоряющем напряжении 80 кВ.

Рентгеновское компьютерное томографическое (РКТ) исследование животным выполнялось на 64-срезовом аппарате Siemens SOMATOM go. Up.

Статистическая обработка проводилась с использованием программы Statistica 10.0. и Microsoft Excel 2019.

## **Результаты собственных исследований**

### **Оценка общетоксической реакции на пластическое закрытие дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис»**

Во всех группах наблюдения на 30-е, 90-е и 180-е сутки отмечалось увеличение массы тела животных ( $p < 0,05$ ) в сравнении с показателями предыдущего срока эксперимента. В группе «опыт» у животных с имплантируемым композиционным материалом «Суперфлувис» при продолжительности исследования 14, 30, 90 и 180 суток отмечалось увеличение массы тела на 14-е сутки по отношению к дооперационным значениям на 6,2% ( $p < 0,05$ ), 3,7% ( $p > 0,05$ ), 3,8% ( $p < 0,05$ ) и 5,7% ( $p < 0,05$ ) соответственно. В группе «титан» и «контроль» достоверное увеличение массы тела на 14-е сутки по отношению к дооперационным значениям отмечалось только при сроке наблюдения 180 суток (на 5,9%) и 30 суток (на 7,7%) соответственно. Отсутствие достоверного увеличения массы тела на 14-е сутки в исследуемых группах объясняется катаболической фазой послеоперационного периода.

Результаты оценки функции черепно-мозговых нервов, постуральных реакций, сухожильно-периостальных рефлексов и полисинаптического сгибательного и промежуточного рефлекса у животных не демонстрировали статистически достоверных различий ( $p > 0,05$ ), как в одной какой-либо группе эксперимента на протяжении всего периода наблюдения, так и между исследуемыми группами в одинаковый срок наблюдения.

Анализ показателей красной крови в общеклиническом анализе крови выявил, что в группе «опыт» статистически достоверных изменений ( $p < 0,05$ ) в динамике изучаемых показателей красной крови не было. В группе «контроль» отмечалось снижение количества эритроцитов на 3,6% ( $p = 0,08$ ) на 7-е сутки по сравнению с дооперационными показателями, а на 14-е сутки наблюдалось увеличение их количества на 2,0% ( $p < 0,05$ ) и уровня гемоглобина на 3,7% ( $p < 0,05$ ) по отношению к 7-м суткам после операции. В контрольной группе количество

эритроцитов было ниже на 8,1% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с группой «опыт» и на 3,4% ( $p = 0,09$ ) ниже в сравнении с группой «титан» на 7-е сутки наблюдения. Уровень гемоглобина был ниже на 5,7% ( $p = 0,09$ ) в сравнении с группой «опыт» и на 9,1% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с группой «титан».

При оценке показателей белой крови количество лейкоцитов на 7-е и 14-е сутки во всех группах оказалось достоверно выше дооперационных значений ( $p < 0,05$ ). В группе «опыт» количество лейкоцитов увеличилось на 7-е сутки в 1,4 раза ( $p < 0,05$ ), в группе «титан» – в 1,3 раза ( $p < 0,05$ ) в группе «контроль» – в 1,5 раза ( $p < 0,05$ ). На 14-е сутки повышение количества лейкоцитов по отношению к дооперационным значениям сохранялось в группе «опыт» в 1,2 раза ( $p < 0,05$ ), в группе «титан» – в 1,3 раза ( $p < 0,05$ ), в группе «контроль» – в 1,4 раза ( $p < 0,05$ ). Достоверные изменения в лейкоцитарной формуле отмечались только в группе «титан»: на 7-е сутки количество палочкоядерных нейтрофилов было выше ( $p < 0,05$ ), чем на 30-е сутки.

Результаты оценки лейкоцитарного индекса интоксикации и гематологического показателя интоксикации у экспериментальных животных не выявили повышения их значений.

В течение всего эксперимента во всех группах животных количество тромбоцитов находилось в пределах нормальных величин.

При анализе биохимического анализа крови отмечалась только тенденция к повышению в группе «титан» уровня мочевины на 14-е сутки послеоперационного периода относительно опытной в 1,2 раза ( $p = 0,09$ ) и увеличения уровня глюкозы на 7-е сутки относительно опытной в 1,1 раза ( $p = 0,08$ ).

Анализ массы сердца, легких, печени, почек и селезенки исследуемых групп во все сроки наблюдения не выявил достоверных различий ( $p > 0,05$ ). Однако обнаружено статистически значимое увеличение массы печени при пластике дефекта костей свода черепа титановой пластиной в 1,5 раза (группа «титан» 180-е сутки) в сравнении с пластикой композиционным материалом «Суперфлувис» ( $p = 0,012$ ) и в 1,4 раза в сравнении с контрольной группой животных ( $p = 0,037$ ).

Расчет массовых коэффициентов сердца, легких, правой и левой почки и селезенки во всех исследуемых группах животных в наблюдаемых сроках послеоперационного периода не выявили статистически значимых различий между группами ( $p > 0,05$ ). Вместе с тем найдено достоверное увеличение массового коэффициента печени в 1,6 раза ( $p = 0,022$ ) у животных при пластике титановой пластиной в сравнении с пластикой композиционным материалом «Суперфлувис» на 180-е сутки после операции. Однако не наблюдалось статистически достоверного увеличения массового коэффициента печени

в данный срок по отношению к более раннему периоду (14-е, 30-е и 90-е сутки) при краниопластике титаном.

При гистологическом исследовании внутренних органов (сердца, легких, печени, почек, селезенки) патологических изменений не выявлено.

### **Патоморфологическая оценка пластического закрытия дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис»**

Гистологическое изучение мягких тканей области эксперимента показало, что на 14-е сутки послеоперационного периода во всех трех исследуемых группах наблюдалась закономерная реакция мягких тканей на операционную травму. Визуально отличий в выраженности процессов пролиферации и воспаления при использовании титановой пластины и пластины «Суперфлувис» не было. К 30-м суткам происходило полное очищение области хирургического вмешательства от некротизированных тканей. В группах, где применялись краниопластические материалы, вокруг имплантов находилась рыхлая волокнистая неоформленная соединительная ткань с процессами ангиогенеза. Признаки воспаления сохранялись только в области фиксации имплантов шовным материалом к кости. Кроме этого, в группе «титан» определялись очаговые утолщения созревающей грануляционной ткани в области его перфоративных отверстий. В более поздних периодах (90-е и 180-е сутки) во всех группах в области эксперимента присутствовала оформленная соединительная ткань с образованными сосудами. При применении титановой пластины и импланта «Суперфлувис» количество сосудов превышало их количество в контрольной группе.

Сравнительная морфометрическая оценка показала, что на 14-е сутки наибольший процент удельной площади ядер клеточного компонента отмечен при краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис» ( $3,20 \pm 0,43\%$ ), а наименьший – в группе «контроль» ( $2,22 \pm 0,52\%$ ). На 30-е сутки наибольшая удельная площадь ядер клеточного компонента определяется в контрольной группе ( $3,69 \pm 1,06\%$ ). Кроме того, данный показатель оказался достоверно выше, чем при краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис» ( $2,95 \pm 0,38\%$ ) ( $p < 0,05$ ). Однако при сравнении показателей группы «опыт» с группой «титан» достоверной разницы не наблюдалось ( $p > 0,05$ ). На 90-е сутки после операции в трех исследуемых группах значения удельной площади ядер клеточного компонента существенно не отличались между собой. При этом во всех исследуемых группах наблюдалось достоверное и значительное уменьшение удельной плотности ядер клеточного компонента по отношению к предыдущему сроку наблюдения. В сроке 180 суток наибольший показатель удельной площади ядер клеточного компонента отмечен в группе «контроль» ( $1,94 \pm 0,30\%$ ) ( $p < 0,05$ ). В группах «опыт» и «титан» он был в 1,69 раза ( $p < 0,05$ ) и 1,75 раза ( $p < 0,05$ ) меньше по отношению к контрольной группе соответственно.

Оценка выраженности удельной площади просветов сосудов показала, что на 14-е сутки наибольшее значение процента их удельной площади наблюдается в группе «титан» ( $1,69 \pm 0,72\%$ ), а наименьшее – в группе «контроль» ( $0,67 \pm 0,44\%$ ). При краниопластике композиционным материалом «Суперфлувис» процент удельной площади просветов сосудов был в 1,41 раза меньше ( $p > 0,05$ ) по отношению к группе «титан» и в 1,79 раза больше ( $p < 0,05$ ), чем в группе «контроль». На 30-е сутки эксперимента данный показатель был наибольшим в группе «опыт» ( $2,52 \pm 1,22\%$ ), наименьшим в группе «контроль» ( $1,08 \pm 0,55\%$ ). К 90-м суткам наибольший показатель удельной плотности сосудов сохранялся в группе «опыт» ( $3,35 \pm 1,17\%$ ), превышая их значения в группах «титан» и «контроль» в 1,50 раза ( $p > 0,05$ ) и 1,54 раза ( $p > 0,05$ ) соответственно. На 180-е сутки данный показатель оставался наибольшим в группе «опыт» ( $2,08 \pm 1,35\%$ ) и был выше в 1,59 ( $p > 0,05$ ) раза и 1,25 ( $p > 0,05$ ) раза, чем в группах «титан» и «контроль» соответственно.

### **Ультраструктурные изменения в твердой мозговой оболочке после краниопластических операций**

Ультраструктурные изменения в ТМО оценивались в четырех группах животных (таблица 1).

Таблица 1 – Толщина твердой мозговой оболочки кроликов исследуемых групп на 30-е сутки эксперимента, мкм

Группа животных	Среднее значение	N	Медиана (LQ 25; UQ 75)	p/интактная	p/контроль	p/титан
Интактная	160,6	6	159,1 (143,5; 181,3)	-	0,005	0,005
Опыт	369,3	6	349,4 (249,5; 489,2)	0,005	0,008	0,379
Титан	440,3	6	440,2 (411,4; 469,1)	0,005	0,005	-
Контроль	611,3	6	620,0 (550,6; 671,7)	0,005	-	0,005

В оперированных группах наблюдалось достоверное утолщение ТМО в сравнении с группой интактных животных. Так, в группе с краниопластикой композиционным материалом «Суперфлувис» толщина ТМО было больше в 2,30 раза ( $p = 0,005$ ), при закрытии дефекта костей свода черепа титаном – больше в 2,74 раза ( $p = 0,005$ ), при сохраненном трепанационном дефекте – больше в 3,81 раза ( $p = 0,005$ ) в сравнении с не оперированными животными. При этом при использовании композиционного материала «Суперфлувис»

толщина ТМО была меньше в 1,66 раза ( $p=0,008$ ), а титановой пластины в 1,39 раза ( $p=0,005$ ) в сравнении с оперированными животными с сохраненным трепанационным дефектом. В группах, в которых выполнялась краниопластика толщина ТМО при использовании композиционного материала «Суперфлувис» была в 1,19 ( $p>0,05$ ) раза меньше, чем при его закрытии титановой пластиной.

При электронно-микроскопическом исследовании установлено, что внутренний слой ТМО образован плоскими дуральными пограничными клетками (ДПК), располагающимся внахлест в 4–7 ярусов, между которыми залежали тонкие рыхлые пучки коллагеновых волокон. В группе «контроль» утолщение внутренние слоев образцов ТМО, происходило за счет разрастания коллагеновой стромы в пределах первоначальной оболочки, а наружных слоев – за счет прилежащих снаружи тканей. Подобно группы «контроль», в группах «опыт» и «титан» отмечалась гипертрофия ДПК и наличие между ними единичных клеток воспалительного ряда. Однако в контрольной группе на отдельных участках ТМО происходит нарушение слоя ДПК с образование спаек с тканью мозга. При этом в группе «опыт» на отдельных участках отсутствовала гипертрофия ДПК, а у наружной поверхности ТМО располагались участки, по-видимому, образованные костной тканью.

#### **Рентгеновская компьютерная томографическая оценка результатов краниопластики композиционным материалом «Суперфлувис»**

Выполнялась РКТ головы животным после краниопластики композиционным материалом «Суперфлувис» на 5-е, 30-е и 180-е сутки после операции. В костных окнах в сагиттальных и фронтальных срезах изучалась рентгенологическая плотность импланта и прилежащей кости.

Рентгеновская плотность прилежащей кости на 30-е сутки была больше в 1,18 раза ( $p<0,05$ ) и в 1,06 раза ( $p>0,05$ ) в сравнении с 5-ми сутками в сагиттальных и фронтальных срезах соответственно. На 180-е сутки отмечалось повышение рентгенологической плотности кости по отношению к 30-м суткам в 1,04 раза ( $p>0,05$ ) при измерениях во фронтальных срезах, в сагиттальных срезах повышение плотности составило 0,3% ( $p>0,05$ ). Однако при сравнении 5-х суток с 180-ми сутками отмечалось достоверное повышение рентгеновской плотности в 1,18 раза ( $p<0,05$ ) и в 1,10 раза ( $p<0,05$ ) в сагиттальных и фронтальных срезах соответственно.

Рентгеновская плотность импланта из композиционного материала «Суперфлувис» на протяжении всего эксперимента достоверно не изменялась ( $p>0,05$ ).

Рентгеновская плотность вещества головного мозга, прилежащего к импланту и к кости (вне области выполняемой операции) во всех изучаемых

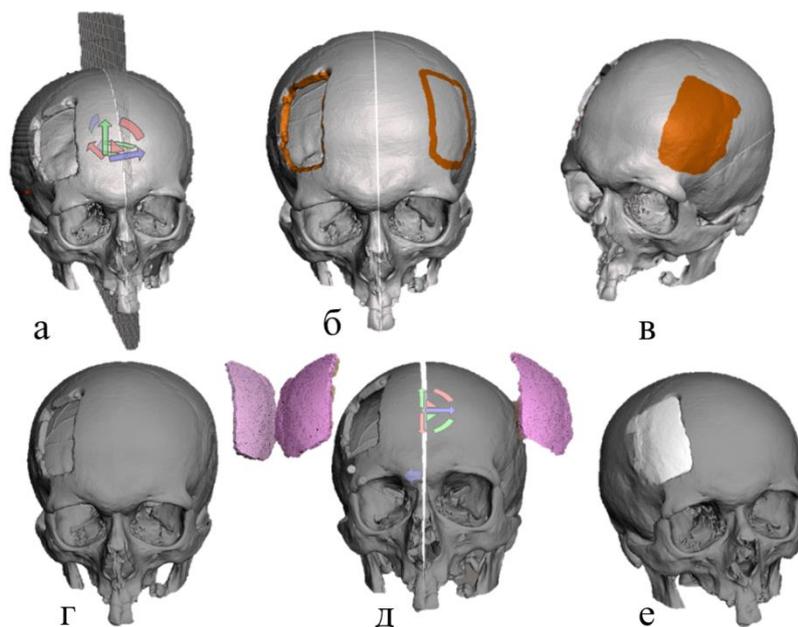
сроках в трех плоскостях была в пределах нормальных величин (30–45 HU) без статистически достоверных различий ( $p > 0,05$ ).

Выполненное РКТ исследование головы на 30-е сутки после пластики титановой пластиной затрудняло измерение рентгеновской плотности и правильную оценку прилежащих к пластине структур из-за выраженных артефактов в виде веерообразных лучей (артефакты Хаунсфилда).

### **Создание индивидуального черепного импланта из композиционного материала «Суперфлувис» по рентгеновским компьютерным томографическим данным и расчет экономической эффективности.**

На способ получения протеза для замещения дефекта костей свода черепа из композиционного материала «Суперфлувис», при котором осуществляют картирование дефекта при помощи РКТ получен патент на изобретение [27].

Выполняется РКТ головного мозга с толщиной среза 1 мм, что позволяет определить размеры и пространственную геометрию дефекта. Полученные при РКТ исследовании изображения сохраняются в файлах формата DICOM. Для конвертации DICOM-файлов в файлы формата STL применяли программное приложение 3D Slicer v. 5.2.2, которое позволяет производить удаление окружающих инородных тел и указать требуемые отделы черепа для реконструкции. Для создания 3D модели импланта использовали программу Autodesk Meshmixer V. 3.5.474, в которой методом «зеркальная симметрия» производилось создание требуемого объемного объекта (рисунок 1).



а – создание плоскости симметрии; б, в – выделение области дефекта; г – построение модели импланта на неповрежденной половине черепа; д – зеркальное отображение модели импланта; е – сопоставление модели импланта и дефекта

**Рисунок 1 – Этапы построения 3D модели импланта в Autodesk Meshmixer методом «зеркальная симметрия»**

Для изготовления импланта из композиционного материала «Суперфлувис» по 3D модели применялся фрезерный станок Weida VMC-855 (Китай). Процесс обработки на станке составлял 20 минут, после чего получался индивидуальный имплант из композиционного материала «Суперфлувис», соответствующий созданной 3D модели. Имплант имел точные контуры прилегания к краям дефекта. При этом восстанавливалась целостность и нормальная форма черепа.

Предполагаемый годовой экономический эффект только в Гродненской области составит 5597,57 BYN, при затрате на краниопластический материал 5621,50 BYN. Годовые затраты при применении композиционного материала «Суперфлувис» в краниопластике и создании индивидуального импланта в 2 раза меньше, чем при использовании стандартной титановой пластины.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Пластика дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис», как и титановой пластиной, не вызывает у экспериментальных животных общетоксических реакций. Это подтверждается результатами прироста массы тела животных во всех сроках наблюдения (статистически достоверными на 30-е, 90-е и 180-е сутки), общеклиническими и биохимическими анализами крови, массой внутренних органов (сердца, легких, печени, почек и селезенки), отсутствием патологических изменений при гистологическом изучении внутренних органов. Использование композиционного материала «Суперфлувис» при краниопластике не оказывает прямого либо опосредованного нейротоксического действия на организм, что подтверждается отсутствием неврологических нарушений после выполненных операций. При этом наличие имплантов из композиционного материала «Суперфлувис» в трепанационном дефекте способствует лучшему гемостазу и снижению кровопотери: на 7-е сутки наблюдения в контрольной группе количество эритроцитов было ниже на 8,1% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с группой «опыт» и на 3,4% ( $p = 0,09$ ) ниже в сравнении с группой «титан», при этом уровень гемоглобина был ниже на 5,7% ( $p = 0,09$ ) в сравнении с группой «опыт» и на 9,1% ( $p < 0,05$ ) в сравнении с группой «титан» [1; 5; 13; 18; 19; 21].

2. При закрытии дефекта костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис» аналогично, как и при использовании титановой пластины, локальные изменения в мягких тканях области оперативного вмешательства и кости соответствуют общеизвестным классическим стадиями

асептического воспаления. В мягких тканях головы на 14-е сутки после операции наблюдается стадия экссудации, при которой процент удельной площади ядер клеточного компонента при использовании композиционного материала «Суперфлувис» оказывается выше в 1,44 раза ( $p < 0,05$ ) и 1,10 раза ( $p > 0,05$ ) в сравнении с группами «контроль» и «титан» соответственно. При этом удельная площадь просветов сосудов в группе с краниопластикой композиционным материалом «Суперфлувис» в 1,79 раза ( $p < 0,05$ ) превышает значения контрольной группы. Достоверных различий ( $p < 0,05$ ) по данному показателю между использованием титановой пластины и композиционного материала «Суперфлувис» не определяется. На 30-е сутки с момента операции наблюдается продуктивная стадия, при которой процент удельной площади ядер клеточного компонента уменьшается по отношению к предыдущему сроку только в группе с использованием композиционного материала «Суперфлувис». В данной группе этот показатель был ниже в 1,25 раза ( $p < 0,05$ ) и в 1,06 раза ( $p > 0,05$ ), чем в группах «контроль» и «титан» соответственно. При этом показатель удельной плотности сосудов был наибольшим ( $2,52 \pm 1,22\%$ ) в группе с применением композиционного материала «Суперфлувис» ( $p > 0,05$ ). На 90-е сутки после оперативного вмешательства в трех исследуемых группах удельная площадь ядер клеточного компонента достоверно не отличалась между ними, а показатель удельной плотности сосудов сохранялся наибольшим ( $3,35 \pm 1,17\%$ ) в группе с применением композиционного материала «Суперфлувис» ( $p > 0,05$ ). В сроке 180 суток при применении композиционного материала «Суперфлувис» процент удельной площади ядер клеточного компонента был меньше в 1,08 ( $p > 0,05$ ) и в 1,69 раза ( $p < 0,05$ ), чем при применении титана и при незакрытом дефекте соответственно. Показатель удельной плотности сосудов сохранялся наибольшим ( $2,08 \pm 1,35\%$ ) в группе с применением композиционного материала «Суперфлувис», но статистически значимых различий между данными трех исследуемых групп не было ( $p > 0,05$ ). Гистологическая оценка костной ткани в трех исследуемых группах продемонстрировала закономерные изменения: 14-е сутки – дистрофические изменения, мелкоочаговые некрозы и кровоизлияния; 30-е сутки – очаги пролиферации остеогенных клеток; 90-е – выраженная пролиферация остеогенных клеток, с появлением участков губчатой кости; 180-е сутки – сформированная костная ткань. На 180-е сутки в группах с применением композиционного материала и титановой пластины определялись большие участки сформированной костной ткани по сравнению с группой без закрытия костного дефекта [2; 4; 14; 15; 16; 17].

3. Выполнение трепанации и краниопластики приводит к утолщению ТМО в 2,30 раза ( $p = 0,005$ ) при использовании композиционного материала

«Суперфлувис» и в 2,74 раза ( $p=0,005$ ) при применения титановой пластины, даже без видимого ее макроскопического интраоперационного повреждения. Изменение толщины ТМО после оперативных вмешательств происходит как за счет утолщения внутреннего ее слоя в результате разрастания коллагеновой стромы, так и утолщения наружного слоя, которое обусловлено прилежащими снаружи мягкими тканями. При использовании композиционного материала «Суперфлувис» толщина ТМО все же была меньше в 1,66 раза ( $p=0,008$ ), а при титановой пластине меньше в 1,39 раза ( $p=0,005$ ) в сравнении с группой оперированных животных с незакрытым трепанационным дефектом. Кроме этого, использование композиционного материала «Суперфлувис» для закрытия дефекта костей свода черепа способствует сохранности нормального слоя дуральных пограничных клеток по сравнению с применяемыми титановыми пластинами для этой же цели [7; 24].

4. Имплант из композиционного материала «Суперфлувис» не создает артефактов при РКТ исследованиях, наблюдаемых при имплантации титановой пластины. Это позволяет проводить достоверную оценку состояния костей черепа, прилежащих к композиционному материалу, а также вещества головного мозга, непосредственно расположенного под ним. На 180-е сутки эксперимента отмечается достоверное повышение рентгенологической плотности кости в 1,18 раза ( $p<0,05$ ) и в 1,10 раза ( $p<0,05$ ) в сравнении с 5-ми сутками при измерении в сагиттальных и фронтальных срезах соответственно. Это демонстрирует отсутствие дистрофических и воспалительных изменений и наличие процессов ремоделирования в крае кости, прилежащей к импланту из композиционного материала «Суперфлувис». Рентгеновская плотность импланта из композиционного материала «Суперфлувис» на протяжении всего эксперимента достоверно не изменяется ( $p>0,05$ ), что подтверждает сохранение его физической структуры, а, следовательно, и прочностных характеристик. По данным РКТ плотность вещества головного мозга, прилежащего к импланту, была в пределах нормальных величин (30–45 НУ) и статистически достоверных различий в сравнении с участками головного мозга вне трепанационного окна не наблюдалось ( $p>0,05$ ) [6; 23].

5. Разработан алгоритм создания индивидуальных черепных имплантов из композиционного материала «Суперфлувис», восстанавливающих целостность, нормальную форму и конфигурацию свода черепа, в отличие от плоских перфорированных пластин из титана. Для его реализации необходимо последовательное выполнение следующих действий: получение данных РКТ головы, реформирование DICOM-файлов в объемное изображение черепа, виртуальное моделирование 3D модели черепного импланта, изготовление индивидуального имплантата из композиционного материала

«Суперфлувис» на многоосевом фрезерном станке. Использование композиционного материала «Суперфлувис» в краниопластике позволит снизить годовые затраты на краниопластический материал в 2 раза по сравнению с имплантатами из титановой пластины [8; 20; 22].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Результаты, полученные в эксперименте, показывают возможность использования отечественного композиционного материала «Суперфлувис» для пластики костей свода черепа в клинической практике [26].

2. С целью предупреждения развития грубых фиброзных изменений в твердой мозговой оболочке и вероятности развития цефалгии и эпилептических припадков в послеоперационном периоде рекомендуется производить закрытие дефекта черепа композиционным материалом «Суперфлувис».

3. Для создания персонализированных черепных имплантов из композиционного материала «Суперфлувис», восстанавливающих нормальную форму и конфигурацию черепа, необходимо использовать компьютерные программы 3D Slicer и Autodesk Meshmixer.

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ**

### **Статьи в рецензируемых научных журналах**

1. Довнар, А. И. Краниопластика композиционным материалом «Суперфлувис» в эксперименте / А. И. Довнар, Р. И. Довнар, Н. И. Прокопчик. // Медицина. – 2019. – № 4. – С. 37–41.
2. Довнар, А. И. Первый опыт пластического закрытия дефекта черепа в эксперименте композиционным материалом на основе политетрафторэтилена / А. И. Довнар, Р. И. Довнар // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 39–44.
3. Довнар, А. И. Пластика костей черепа: история, современные аспекты, перспектива / А. И. Довнар, Р. И. Довнар // Здоровоохранение. – 2020. – № 3. – С. 29–35.
4. Морфологические особенности остеоинтеграции импланта из композиционного материала Суперфлувис при краниопластических операциях / А. И. Довнар, И. Г. Жук, Е. В. Лучко, П. Н. Гракович // Неврология и нейрохирургия. Восточная Европа. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 176–185.
5. Довнар, А. И. Отдаленные результаты краниопластики с применением белорусского композиционного материала в эксперименте / А. И. Довнар // Новости хирургии. – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 89–97.
6. Довнар, А. И. Компьютерно-томографические результаты экспериментальной краниопластики композиционным материалом / А. И. Довнар, И. Г. Жук, В. И. Генечко // Медицинские новости. – 2024. – № 1. – С. 54–57.
7. Довнар, А. И. Ультраструктурные изменения в твердой мозговой оболочке после краниопластических операций / А. И. Довнар, И. Г. Жук, О. Б. Островская // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2024. – Т. 22, № 1. – С. 65–72.
8. 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.

### **Статьи в сборниках научных трудов, материалах конференций**

9. Пластика костей свода черепа композиционным материалом «Суперфлувис+» / А. И. Довнар, Р. И. Довнар, А. Л. Башлакова, В. Ю. Шумская // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: Материалы V Респ. науч.-техн. конф. молодых ученых, Гомель, 12-14 нояб. 2018 г. – Гомель, 2018. – С. 42–43.

10. Довнар, А. И. Экспериментальное закрытие дефекта черепа полимерным композиционным материалом [Электронный ресурс] / А. И. Довнар // Современные достижения молодых ученых в медицине: Сб. материалов V Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, 23 нояб. 2018 г. / отв. ред. В. А. Снежицкий. – Гродно, 2018. – С. 99–102. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

11. Довнар, А. И. Лабораторные кролики как основные животные при изучении костных имплантов черепа / А. И. Довнар, Р. И. Довнар, С. С. Соколовский // Научные стремления – 2018: Сб. материалов Междунар. науч.-практ. молодежной конф. в рамках Междунар. науч.-практ. инновац. форума «INMAX'18», Минск, 04–05 дек. 2018 г. / редкол.: Т. А. Гуринович [и др.]. – Минск, 2018. – Ч. 2. – С. 170–172.

12. Довнар, А. И. Обоснованные способы взятия крови у экспериментальных кроликов [Электронный ресурс] / А. И. Довнар, Р. И. Довнар // Актуальные проблемы медицины: Материалы ежегод. итоговой науч.-практ. конф., Гродно, 25 янв. 2019 г. / отв. ред. В. А. Снежицкий. – Гродно, 2019. – С. 196–198. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

13. Довнар, А. И. Полимерный композит на основе политетрафторэтилена как перспективный материал для краниопластики [Электронный ресурс] / А. И. Довнар // Актуальные проблемы медицины: Сб. материалов итоговой науч.-практ. конф., Гродно, 24 янв. 2020 г. / редкол.: В. А. Снежицкий (отв. ред.), С. Б. Вольф, М. Н. Курбат. – Гродно, 2020. – С. 213–215. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

14. Краниопластика инновационным композитным материалом / А. И. Довнар, Р. И. Довнар, Е. В. Лучко, П. Н. Гракович // Актуальные проблемы медицины: Сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 30-летнему юбил. Гомел. гос. мед. ун-та, Гомель, 12–13 нояб. 2020 г. / редкол.: И. О. Стома [и др.]. – Гомель, 2020. – Т. 2. – С. 28–31.

15. Довнар, А. И. Краниопластика композиционным материалом на основе политетрафторэтилена в эксперименте [Электронный ресурс] / А. И. Довнар, Е. В. Лучко // Актуальные проблемы медицины: Материалы ежегод. итоговой науч.-практ. конф., Гродно, 28–29 янв. 2021 г. / редкол.: Е. Н. Кроткова (отв. ред.), С. Б. Вольф, М. Н. Курбат. – Гродно, 2021. – С. 265–269. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

16. Довнар, А. И. Применение композиционного материала для замещения костей черепа в эксперименте [Электронный ресурс] / А. И. Довнар, Е. В. Лучко // Сборник материалов республиканской научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященного 100-летию со дня рождения профессора Парамея Владимира Трофимовича,

29–20 апр. 2021 г. / отв. ред. Е. Н. Кроткова [и др.]. – Гродно, 2021. – С. 190–191. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

17. Довнар, А. И. Морфологическая характеристика реакций мягких тканей и кости при краниопластике имплантом из материала «Суперфлувис» [Электронный ресурс] / А. И. Довнар, Е. В. Лучко // Актуальные проблемы медицины: Материалы ежегод. итоговой науч.-практ. конф., Гродно, 27 янв. 2022 г. / редкол.: С. Б. Вольф (отв. ред.), В. А. Снежицкий, М. Н. Курбат. – Гродно, 2022. – С. 60–62. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

18. Довнар, А. И. Результаты краниопластических операций с использованием композиционного материала в эксперименте / А. И. Довнар // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сб. науч. тр. / под ред. В. Ю. Ульянова, В. В. Островского, И. А. Норкина. – Саратов, 2022. – С. 59–61.

19. Довнар, А. И. Оценка гепатотоксичности при пластике дефекта черепа композиционным материалом на основе политетрафторэтилена [Электронный ресурс] / А. И. Довнар // Актуальные проблемы медицины: Материалы ежегод. итоговой науч.-практ. конф., Гродно, 26 янв. 2023 г. / редкол.: И. Г. Жук (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2023. – С. 111–112. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

20. Довнар, А. И. Индивидуальные черепные импланты из белорусского композиционного материала / А. И. Довнар, И. Г. Жук // Технологические инновации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии: интеграция науки и практики: Сб. науч. тр. / под ред. В. Ю. Ульянова, В. В. Островского. – Саратов, 2023. – С. 53–55.

21. Довнар, А. И. Результаты экспериментального применения композиционного материала «Суперфлувис» в краниопластических операциях / А. И. Довнар, И. Г. Жук // Медицинский университет: современные взгляды и новые подходы: Сб. материалов респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 65-летию Гродн. гос. мед. ун-та, Гродно, 28-29 сент. 2023 г. / Гродн. гос. мед. ун-т; редкол.: И. Г. Жук [и др.]. – Минск, 2023. – С. 147–149.

22. Довнар, А. И. Хирургическое лечение дефектов черепа персонализированными имплантами из композиционного материала белорусского производства / А. И. Довнар, И. Г. Жук // Инновации в медицине: от науки к практике: Материалы науч.-практ. конф. ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибни Сино» (71-ой годичной), с междунар. участием, Душанбе, 1 дек. 2023 г. – Душанбе, 2023. – Т. 1. – С. 84–86.

23. Довнар, А. И. Результаты нейровизуализационного исследования экспериментального закрытия дефекта костей черепа композиционным материалом [Электронный ресурс] / А. И. Довнар // Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации: Материалы 79 науч.

сессии ВГМУ, Витебск, 24–25 янв. 2024 г. / М-во здравоохран. Респ. Беларусь, Витеб. гос. мед. ун-т; редкол.: А. Н. Чуканов (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2024. – С. 19–20. – 1 электронный диск (CD-ROM).

24. Довнар, А. И. Оценка толщины твердой мозговой оболочки после краниопластики [Электронный ресурс] / А. И. Довнар // Актуальные проблемы медицины: Материалы ежегод. итоговой науч.-практ. конф., Гродно, 25–26 янв. 2024 г. / отв. ред. И. Г. Жук. – Гродно, 2024. – С. 145–147. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

### **Каталог инновационных разработок**

25. Довнар, А. И. Эксплантат для замещения дефекта костей черепа из инновационного композиционного материала / А. И. Довнар // Медицина и фармация: Каталог инновационных разработок / Гос. комитет по науке и технологиям. – Минск, 2020. – С. 7–8.

### **Патенты**

26. Материал для изготовления импланта, замещающего дефект свода черепа : пат. ВУ 22852 / П. Н. Гракович, А. И. Довнар, Н. Н. Иоскевич, Р. И. Довнар. – Оpubл. 28.02.2020, Офиц. бюл. № 1. – С. 89–90.

27. Способ получения протеза для замещения дефекта черепа : пат. ВУ 22886 / П. Н. Гракович, А. И. Довнар, Н. Н. Иоскевич, Р. И. Довнар. – Оpubл. 28.02.2020, Офиц. бюл. № 1. – С. 86.

## РЭЗІЮМЭ

Доўнар Андрэй Ігаравіч

### Хірургічнае лячэнне дэфектаў касцей звода чэрапа з выкарыстаннем айчыннага кампазіцыйнага матэрыялу на аснове політэтрафторэтылену (эксперыментальнае даследаванне)

**Ключавыя словы:** кампазіцыйны матэрыял, дэфект чэрапа, эксперымент, імплант, політэтрафтарэтылен

**Мэта даследавання:** распрацаваць і абгрунтаваць у эксперыменце новы спосаб закрыцця дэфекту касцей звода чэрапа з выкарыстаннем айчыннага кампазіцыйнага матэрыялу «Суперфлувіс» на аснове політэтрафторэтылену.

**Метады даследавання:** лабараторны, гісталагічны, электронна-мікраскапічны, марфаметрычны, камп'ютэрна-тамаграфічны, статыстычны.

**Атрыманя вынікі і іх навізна.** Прапанаваны новы спосаб хірургічнага лячэння дэфектаў касцей звода чэрапа з ужываннем кампазіцыйнага матэрыялу «Суперфлувіс» на аснове політэтрафторэтылену. Выкарыстанне дадзенага краніяпластычнага матэрыялу не выклікае ўзнікнення агульнатаксічных рэакцый. Вывучаны запаленчыя змены ў мяккіх тканках і касцях чэрапа пры імплантацыі кампазіцыйнага матэрыялу на аснове політэтрафторэтылену і ўстаноўлена, што ў мяккіх тканках назіраецца нізкая клеткавая інфільтрацыя і выяўлены ангіягенез, што пацвярджае біясумяшчальнасць вывучаемага матэрыялу. Упершыню выканана электронна-мікраскапічнае даследаванне цвёрдай мазгавой абалонкі і выяўлена, што наяўнасць у дэфекце звода чэрапа дадзенага кампазіцыйнага матэрыялу спрыяе большай захаванасці нармальнага пласта дуральных памежных клетак. У эксперыменце вывучаны рэнтгеналагічныя шчыльнасці касцей, прылеглых да імплантата з матэрыялу «Суперфлувіс» і ўстаноўлена наяўнасць у касцявой тканцы працэсаў рэмадэлявання. Распрацаваны алгарытм стварэння індывідуальнага чэрапнага імпланта з матэрыялу «Суперфлувіс».

**Рэкамендацыі па выкарыстанні:** атрыманя дадзеныя пашыраюць магчымасці прымянення кампазіцыйных матэрыялаў у краніяпластычных аперацыях.

**Галіна ўжывання:** клінічная і эксперыментальная хірургія.

## РЕЗЮМЕ

Довнар Андрей Игоревич

### Хирургическое лечение дефектов костей свода черепа с использованием отечественного композиционного материала на основе политетрафторэтилена (экспериментальное исследование)

**Ключевые слова:** композиционный материал, дефект черепа, эксперимент, имплант, политетрафторэтилен

**Цель исследования:** разработать и обосновать в эксперименте новый способ закрытия дефекта костей свода черепа с использованием отечественного композиционного материала «Суперфлувис» на основе политетрафторэтилена.

**Методы исследования:** лабораторный, гистологический, электронно-микроскопический, морфометрический, компьютерно-томографический, статистический.

**Полученные результаты и их новизна.** Предложен новый способ хирургического лечения дефектов костей свода черепа с применением композиционного материала «Суперфлувис» на основе политетрафторэтилена. Использование данного краниопластического материала не вызывает возникновения общетоксических реакций. Изучены воспалительные изменения в мягких тканях и костях черепа при имплантации композиционного материала на основе политетрафторэтилена и установлено, что в мягких тканях наблюдается низкая клеточная инфильтрация и выраженный ангиогенез, что подтверждает биосовместимость изучаемого материала. Впервые выполнено электронно-микроскопическое исследование твердой мозговой оболочки и выявлено, что наличие в дефекте свода черепа данного композиционного материала способствует большей сохранности нормального слоя дуральных пограничных клеток. В эксперименте изучены рентгенологические плотности костей, прилежащих к импланту из материала «Суперфлувис» и установлено наличие в костной ткани процессов ремоделирования. Разработан алгоритм создания индивидуального черепного импланта из материала «Суперфлувис».

**Рекомендации по использованию:** полученные данные расширяют возможности применения композиционных материалов в краниопластических операциях.

**Область применения:** клиническая и экспериментальная хирургия.

## SUMMARY

**Dovnar Andrey Igorevich**

### **Surgical treatment of cranial vault bone defects using a domestic composite material based on polytetrafluoroethylene (experimental study)**

**Keywords:** composite material, skull defect, experiment, implant, polytetrafluoroethylene

**Aim of the study:** develop and justify in the experiment a new method of closing a defect in the bones of the cranial vault using the domestic composite material "Superfluvis" based on polytetrafluoroethylene.

**Methods of study:** laboratory, histological, electron microscopic, morphometric, computed tomography, statistical.

**Research results and their novelty.** A new method of surgical treatment of defects in the bones of the cranial vault using a composite material "Superfluvis" based on polytetrafluoroethylene is proposed. The use of this cranioplastic material does not cause general toxic reactions. Inflammatory changes in soft tissues and skull bones were studied during implantation of a composite material based on polytetrafluoroethylene and it was found that low cellular infiltration and pronounced angiogenesis were observed in soft tissues, which confirms the biocompatibility of the studied material. Electron microscopic examination of the dura mater was performed for the first time and it was revealed that the presence of this composite material in the defect of the cranial vault contributes to greater preservation of the normal layer of dural border cells. The X-ray densities of the bones adjacent to the implant made of the material "Superfluvis" were studied in the experiment and the presence of remodeling processes in the bone tissue was established. An algorithm for creating an individual cranial implant made of material "Superfluvis" has been developed.

**Recommendations for use:** the obtained data expand the possibilities of using composite materials in cranioplastic operations.

**Area of application:** clinical and experimental surgery.

Научное издание

**Довнар Андрей Игоревич**

ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ДЕФЕКТОВ КОСТЕЙ  
СВОДА ЧЕРЕПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА  
НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА  
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

по специальности 14.01.17 – хирургия

Подписано в печать 24.10.2024.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Ризография.  
Усл.-печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,39. Тираж 60 экз. Заказ 142.

Издатель и полиграфическое исполнение  
учреждение образования «Гродненский государственный медицинский  
университет».

ЛП № 02330/445 от 18.12.2013. Ул. Горького, 80, 230009, г. Гродно.

