

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 2(32)

2024 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в

Перечень научных изданий
Республики Беларусь
для опубликования
диссертационных исследований
по медицинской и биологической
отраслям науки
(31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 27.09.24
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 120 экз.
Усл. печ. л. 21,25. Уч.-изд. л. 12,94.
Зак. 524.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в
КУП «Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор,

председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., профессор)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора),
В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н.,
профессор), К.Н. Буздакин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н.,
профессор, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент),
И.В. Веякин (к.б.н., доцент), Н.Н. Веякина (к.б.н., отв.
секретарь), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко
(к.м.н.), М.О. Досина (к.б.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.),
С.В. Зыблева (д.м.н., доцент), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор),
А.В. Коротаяев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызинов (д.м.н., профессор),
А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор),
В.М. Мицура (д.м.н., доцент), Я.Л. Навменова (к.м.н.,
доцент), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н.,
профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица
(к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент),
И.П. Ромашевская (к.м.н.), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин
(к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома
(д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец
(к.м.н., доцент)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова
(д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н.,
профессор, Санкт-Петербург), Е.Л. Богдан (Минск),
Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва),
А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов
(д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск),
К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов
(д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Е.Н. Кроткова (к.м.н.,
доцент, Минск), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск),
Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск),
В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), А.Л. Усс
(д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор,
Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Корректор

Н.Н. Юрченко

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2024

№ 2(32)

2024

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

**А.В. Рожко, С.В. Зыблева, А.В. Жарикова,
В.М. Мицура, Н.Н. Багинская**

Роль государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» в системе здравоохранения и перспективы его развития

7

Э.В. Вист, А.В. Бойко, М.М. Селицкий

Воспаление как движущая сила нейродегенерации. Основы персонализированной диагностики и лечения (обзор литературы)

15

**Ж.М. Козич, В.Н. Мартинков, Н.Н. Климович,
Т.В. Руденкова, С.А. Костюк,
Н.В. Сердюкова**

Новые подходы в диагностике и терапии множественной миеломы (обзор литературы)

23

Н.И. Тимофеева, Е.Г. Жук

Оценка жесткости паренхимы почечного аллотрансплантата сдвиговой волновой соноэластографией (обзор литературы)

29

Медико-биологические проблемы

**Т.Э. Владимирская, И.Э. Адзериho,
А.М. Устемчук**

Оценка эндотелиального апоптоза в легочных артериях крыс с монокроталин-индуцированной легочной артериальной гипертензией

37

**Н.Г. Власова, К.Н. Буздалькин, Л.Н. Эвентова,
А.Н. Матарас, Г.Н. Евтушкова,
Д.Б. Куликович**

Реконструкция индивидуализированных доз внутреннего облучения в условиях неопределенности и неполных данных СИЧ-измерений

44

Д.Б. Куликович

Сравнительный анализ методов реконструкции индивидуализированных доз внешнего облучения населения, проживающего на радиоактивно-загрязненной территории

50

Reviews and problem articles

**A.V. Rozhko, S.V. Zybleva, A.V. Zharikova,
V.M. Mitsura, N.N. Baginskaya**

The role of state institution «Republican research center for radiation medicine and human ecology» in the healthcare system and its development prospects

E.V. Vist, A.V. Boika, M.M. Sialitski

Inflammation as a driving force of neurodegeneration. Fundamentals of personalized diagnostics and treatment

**Zh.M. Kozich, V.N. Martinkov, N.N. Klimovich,
T.V. Rudenkova, S.A. Kostyuk,
N.V. Serdyukova**

New approaches in the diagnosis and treatment of multiple myeloma (review)

N.I. Timofeeva, E.G. Zhuk

Shear wave ultrasound elastography in assessing the stiffness of the renal allograft parenchyma (literature review)

Medical-biological problems

**T.Ye. Vladimirskaja, I.Ye. Adzeriho,
A.M. Ustemchuk**

Assessment of endothelial apoptosis in the pulmonary arteries of rats with monocrotaline-induced pulmonary arterial hypertension

**N.G. Vlasova, K.N. Buzdalkin, L.N. Eventova,
A.N. Mataras, G.N. Yevtushkova,
D.B. Kulikovich**

Reconstruction of individualized radiation doses under conditions of uncertainty and incomplete of whole-body γ -spectrum analyzer measurement data

D.B. Kulikovich

Comparative analysis of methods for reconstruction of individualized external exposure doses to population living in a radioactively contaminated territory

- Е.В. Мартищенко, Н.Д. Пузан, Г.З. Гутцева, И.А. Чешик**
 Результаты опроса респондентов Гомельской и Витебской областей относительно наиболее часто используемых в повседневной жизни устройств (видов связи) 58
- Е.К. Нилова, К.Н. Буздалкин**
 Методология экспресс-оценки радиационной обстановки с применением мобильной лаборатории 65
- Т.В. Переволоцкая, А.Н. Переволоцкий**
 Оценка радиационной обстановки и внешнего облучения работников лесного хозяйства при проведении работ в I и II зонах радиоактивного загрязнения 73
- Д.В. Чарнаштан, Ю.В. Бондарева, Ф.Н. Карпенко, М.П. Потапнев, Н.В. Чуешова, Н.Н. Веялкина, Н.Г. Мальцева, Э.А. Надыров, Д.А. Зиновкин, В.И. Николаев**
 Доклиническая оценка эффективности интрамедуллярной биокompозитной костной пластики в ранние сроки после имплантации бесцементного бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава у лабораторных крыс 79
- Н.В. Чуешова, В.М. Щемелев, Е.А. Щурова, И.А. Чешик**
 Антиоксидантная система печени крыс-самцов на разных этапах онтогенеза в условиях хронического воздействия электромагнитного поля низкой интенсивности 87

Клиническая медицина

- А.Ю. Захарко, А.С. Подгорная, О.В. Мурашко, М.Ю. Жандаров, А.Р. Ромбальская**
 Анализ случаев гладкомышечных опухолей матки с неопределенным злокачественным потенциалом (STUMP) в ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека» 95

Clinical medicine

- A.Yu. Zaharko, A.S. Podgornaya, O.V. Murashko, M.Yu. Zhandarov, A.R. Rombalskaya**
 Analysis of cases of smooth muscle tumors of the uterus with uncertain malignant potential (STUMP) at the SI «Republican research center for radiation medicine and human ecology»

С.Л. Зыблев, А.Е. Силин, В.Н. Мартинков, С.В. Зыблева, А.В. Величко, Б.О. Кабешев		S.L. Zyblev, A.E. Silin, V.N. Martinkov, S.V. Zybleva, A.V. Velichko, B.O. Kabeshev	
Динамика уровня такролимуса у реципиентов почечного трансплантата	100	Dynamics of tacrolimus levels in renal transplant recipients	
С.А. Иванов, О.Г. Хоров, А.М. Юрковский, А.С. Богомаз		S.A. Ivanov, O.G. Khorov, A.M. Yurkovsky, A.S. Bogomaz	
Замещение дефектов наружного носа с использованием хрящевых аллогraftов: послеоперационные осложнения и косметические результаты	105	Nasal defect reconstruction using cartilage allografts: postoperative complications and cosmetic outcomes	
Т.Х. Нгуен, Д.Ш. Нгуен, В.Д. Чан, Ф.К. Дао, Т.Б.Л. Нгуен, М.Т. Нгуен		T.H. Nguen, D.Sh. Nguen, V.D. Chan, F.K. Dao, T.B.L. Nguen, M.T. Nguen	
Распространенность респираторных симптомов у рабочих промышленных предприятий	111	Prevalence of respiratory symptoms in industrial workers	
И.А. Новикова, К.С. Макеева, Е.Ф. Мицура		I.A. Novikova, K.S. Makeyeva, E.F. Mitsura	
Параметры функциональной активности нейтрофилов у детей с наследственным сфероцитозом	121	Parameters of neutrophil functional activity in children with hereditary spherocytosis	
Э.А. Повелица, О.В. Пархоменко, В.А. Рожко, В.А. Доманцевич, А.В. Доманцевич, А.А. Чулков, А.М. Шестерня, О.Г. Жариков		E.A. Povelitsa, O.V. Parhomenko, V.A. Rohko, V.A. Domantsevich, A.V. Domantsevich, A.A. Chulkov, A.M. Shesternya, O.G. Zharikov	
Хирургическое лечение андрогенитальных проявлений варикозной болезни малого таза	127	Surgical treatment of androgenital manifestations of pelvic vein disease	
Э.А. Повелица, О.В. Пархоменко, В.А. Рожко, В.А. Доманцевич, А.М. Шестерня		E.A. Povelitsa, O.V. Parhomenko, V.A. Rozhko, V.A. Domantsevich, A.M. Shesternya	
Микрохирургическая флэбэктомия вен семенного канатика с использованием системы визуализации 3d NGENUITY	136	Microsurgical phlebectomy of the spermatic cord veins using the 3d NGENUITY visualization system	
Е.В. Родина, Д.И. Гавриленко, Н.И. Корженевская, О.А. Романива, А.П. Саливончик, Н.Г. Кадочкина, С.Н. Коржева, Е.В. Семеняго, Е.П. Науменко		A.V. Rodzina, D.I. Haurlyenka, N.I. Korzhaneuskaya, A.A. Romaniva, A.P. Salivontchik, N.G. Kadotchkina, S.N. Korzhava, Ye.V. Semeniah, A.P. Naumenka	
Структурно-функциональные изменения сердца у пациентов, перенесших ИНФЕКЦИЮ COVID-19	142	Structural and functional cardiac changes in patients with COVID-19 infection	
А.А. Чулков, З.А. Дундаров, А.В. Величко, Б.О. Кабешев, Э.А. Повелица, Я.Л. Навменова, Ю.И. Ярец		A.A. Chulkov, Z.A. Dundarov, A.V. Velichko, B.O. Kabeshev, E.A. Povelitsa, Ya.L. Navmenova, Yu.I. Yarets	
Клинико-лабораторная оценка функции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси у пациентов после унилатеральной адреналэктомии	148	Clinical and laboratory evaluation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis function in patients after unilateral adrenalectomy	

Обмен опытом**Experience exchange****А.В. Жарикова, Н.В. Лысенкова**

Мультидисциплинарный подход — залог успешности лечения пациентов с хронической мигренью

154

А.С. Подгорная, А.Ю. Захарко, О.В. Мурашко, В.Н. Калачев

ACUM — редкая мюллеровая патология (клинический случай)

161

Н.В. Холупко, Я.Л. Навменова, Е.С. Махлина, А.В. Коротаев, А.В. Рожко

Амиодарон-индуцированный тиреотоксикоз: клинический случай

167

A.V. Zharikova, N.V. Lysenkova

Multidisciplinary approach is the key to successful treatment of patients with chronic migraine

A.S. Podgornaya, A.Yu. Zakharko, O.V. Murashko, V.N. Kalachev

ACUM — rare mullerian pathology (clinical case)

N.V. Kholupko, Ya.L. Navmenova, E.S. Makhlina, A.V. Korotaev, A.V. Rozhko

Amiodarone-induced thyrotoxicosis: a clinical case

УДК 616.728.2-018-089.844-092.9
DOI: 10.58708/2074-2088.2024-2(32)-79-86

Д.В. Чарнаштан¹, Ю.В. Бондарева¹,
Ф.Н. Карпенко², М.П. Потапнев²,
Н.В. Чуешова³, Н.Н. Веялкина⁴,
Н.Г. Мальцева¹, Э.А. Надыров¹,
Д.А. Зиновкин¹, В.И. Николаев¹

ДОКЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНОЙ БИОКОМПОЗИТНОЙ КОСТНОЙ ПЛАСТИКИ В РАННИЕ СРОКИ ПОСЛЕ ИМПЛАНТАЦИИ БЕСЦЕМЕНТНОГО БЕДРЕННОГО КОМПОНЕНТА ЭНДОПРОТЕЗА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА У ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС

¹УО «Гомельский государственные медицинский университет», г. Гомель, Беларусь;

²ГУ «РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий», г. Минск, Беларусь;

³ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», г. Гомель, Беларусь;

⁴ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Беларусь

Были изучены ранние морфологические особенности остеоинтеграции ножки бесцементного тотального эндопротеза тазобедренного сустава у лабораторных крыс на фоне интрамедуллярной биокomпозитной костной пластики. Биокomпозит состоял из костного матрикса, извлеченного из костномозгового канала, и приготовленной ранее крысиной плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов в соотношении 9:1. В контрольной группе имплантация ножки бесцементного тотального эндопротеза тазобедренного сустава проводилась традиционным способом без использования костнопластического биокomпозита. Установлены статистически значимые морфологические параметры, свидетельствующие об оптимизации остеоинтеграции при использовании костнопластического биокomпозита: меньшая площадь зоны повреждения костномозгового канала на 14-е сутки ($p < 0,001$), меньшая площадь грануляционной ткани на 7-е ($p < 0,001$) и 14-е сутки ($p < 0,001$) и более высокие показатели площади формирующейся костной ткани по периферии импланта на 7-е ($p < 0,001$) и 14-е сутки ($p < 0,001$) эксперимента. Полученные данные могут послужить экспериментальным обоснованием для внедрения в клиническую практику нового метода бесцементного эндопротезирования тазобедренного сустава.

Ключевые слова: бесцементное эндопротезирование тазобедренного сустава, костная ткань, остеоинтеграция, лабораторные животные, эксперимент

Введение

Операция тотального эндопротезирования тазобедренного сустава является наиболее эффективным методом лечения дегенеративно-дистрофических изменений тазобедренного сустава и их последствий, так как позволяет в короткие сроки восстановить подвижность в суставе и опороспособность конечности [1, 2].

Ножка тотального эндопротеза тазобедренного сустава (ТЭТС) должна быть неподвижно закреплена в костномозговом ка-

нале бедренной кости, чтобы создать жесткую опору для имплантата. Бесцементную фиксацию осуществляют путем прессовой посадки ножки в канал. Начальным механизмом биологической фиксации имплантата является адгезия клеток. Затем происходит прямое врастание костной ткани в неровности и поры имплантата или образование новой кости из-за миграции и дифференцировки клеток костного ложа (остеоинтеграция) [3-4].

Несмотря на постоянную разработку новых улучшенных имплантатов, расша-

тывание компонентов эндопротеза на фоне остеолита остается серьезной проблемой и основной причиной ревизионных операций. Ревизионное эндопротезирование является более технически сложной, длительной и дорогостоящей операцией, частота выполнения которой составляет 10–15% от первичных операций [6–10]. Одной из причин развития нестабильности ножки эндопротеза является геометрия современных ножек и техника их имплантации, которая предполагает, что после их внедрения могут оставаться пространства, незаполненные костной тканью, то есть может возникать локальный костный дефицит. Это влияет на длительность сроков реализации остеоинтеграции имплантата и возможность проникновения продуктов износа эндопротеза в «зазор» кость-имплантат, которые индуцируют остеолит и как результат, возникает асептическая нестабильность ножки ТЭТС [10, 11]. В этой связи возникает необходимость экспериментальных исследований, направленных на поиск способов улучшения остеоинтеграции бесцементных ножек ТЭТС при первичной операции с использованием методов костной пластики. Основными требованиями, предъявляемыми к заместительному костно-пластическому материалу, являются: идентичность химического состава и архитектоники свойствам кости (зоне предполагаемой имплантации); моделируемость; резорбируемость, продленная во времени от 3 до 12 мес.; остеокондуктивность; остеоиндуктивность; возможность замещения органотипической костной тканью; адресная доставка и пролонгированное действие лекарственных средств в зоне дефекта [12]. Как видно из вышеизложенного, наиболее полно таким требованиям отвечают костные аутоотрансплантаты, что обуславливает целесообразность разработки костно-пластического биокомпозита на основе аутогубчатой кости и плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, для интрамедуллярного введения в ложе ножки при первичном бесцементном эндопротезировании тазобедренного сустава.

Цель исследования — оценить ранние морфологические особенности остеоинтеграции ножки бесцементного тотального эндопротеза тазобедренного сустава у лабораторных крыс на фоне интрамедуллярной биокомпозитной костной пластики.

Материал и методы исследования

Экспериментальная часть работы выполнена на 40 крысах линии Wistar обоего пола весом $272,0 \pm 16,6$ г. Исследования на животных производились в выделенном отдельном боксе на базе вивария Института радиобиологии НАН Беларуси с соблюдением правил асептики и антисептики. Манипуляции на животных проводились с соблюдением принципов Директивы 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза по охране животных, используемых в научных целях [13].

Операции всем экспериментальным животным проводили в асептических условиях под воздействием воздушно-эфирного наркоза. Дефект костной ткани моделировался через хирургический доступ к проксимальному отделу бедренной кости с остеотомией в зоне большого вертела. Животным контрольной группы в костномозговой канал была имплантирована кистевая спица, покрытая диоксидом титана (аналог бесцементной ножки ТЭТС). Экспериментальной группе животных (основная группа) имплантацию проводили, используя интрамедуллярный костно-пластический биокомпозит. Последний был изготовлен из костного матрикса, извлеченного из костномозгового канала животного на момент к его хирургическому доступу, и приготовленной ранее крысиной плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов (ПОРФТ) в соотношении 9:1. Получение ПОРФТ у лабораторных животных проводилось дооперационно по методу Yamaguchi R et al. (2012) в модификации Потапнева М.П. и др. (2018) [14, 15]. Полученную ПОРФТ расфасовывали по 0,25 мл в микроцентрифужные пробирки типа Эппендорф и хранили при -70°C до использования (срок хранения — до 4-х месяцев).

Животные выводились из эксперимента на 7 и 14 сутки (по 10 животных на каждый срок наблюдения для контрольной и основной групп), соотношение самок и самцов составило 6/4.

Материал для гистологического исследования фиксировали в 10% нейтральном забуференном формалине в течении 24–36 часов, повергали декальцинации в течении 14 суток раствором ЭДТА. Проводка полученного материала производилась на тканевом процессоре Microm STP-120 («Thermo Scientific», Германия) по стандартному протоколу, далее материал заливали в парафин. На ротормном микротоме Microm HM 304 E (Thermo Scientific, Германия) из парафиновых блоков изготавливали срезы толщиной 3–4 мкм, которые в дальнейшем монтировались на предметные стекла и окрашивались гематоксилином и эозином по стандартной методике. Морфологическое исследование гистологических препаратов проводили на микроскопе Nikon Eclipse 50i. Подсчет параметров производили с использованием программы анализа изображения ImageJ.

При проведении морфометрического исследования были использованы следующие показатели репаративного остеогенеза: площадь костномозгового канала после установки экспериментального аналога ножки ТЭТС, площадь грануляционной ткани, площадь новообразованной кости. Все показатели были представлены в микрометрах от тестовой площади, которая составила 6839466 мкм².

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием пакета статистических программ GraphPad Prism 8.0. Оценка нормальности распределения признаков проводилась с использованием критерия Шапиро — Уилка. Распределение количественных признаков показало их отличие от закона нормального распределения. В этой связи сравнительный анализ между группами проводился с использованием методов непараметрической статистики. Для сравнительной характеристики признаков использован

U-критерий Манна — Уитни. За уровень статистической значимости принимался $p < 0,05$. При представлении числовых значений была использована медиана (Me), 25- и 75-й перцентиль: Me (25%, 75%).

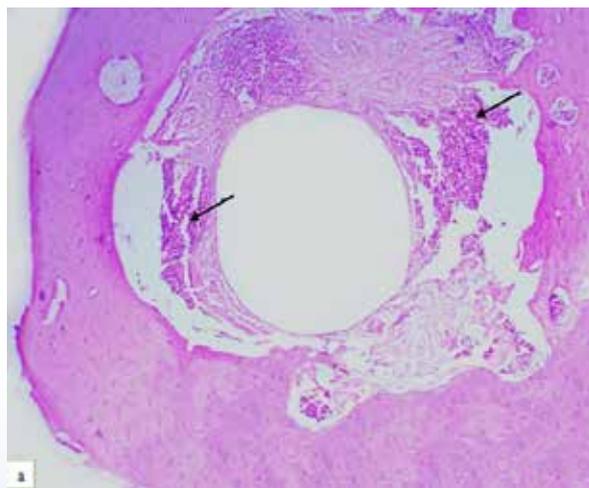
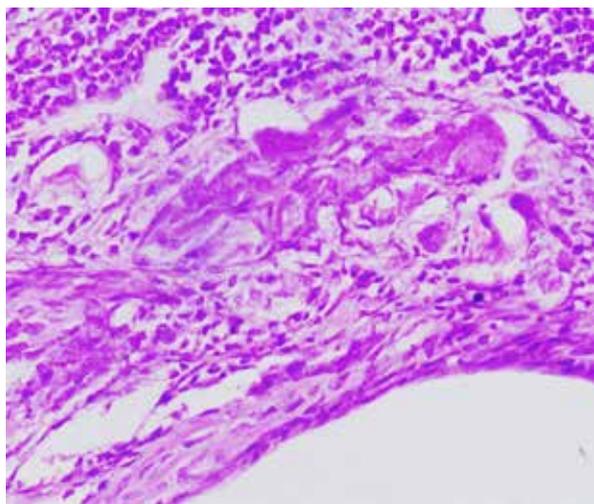
Результаты исследования

Гистологическое исследование

В контрольной группе животных на 7 сутки эксперимента по периферии аналога ножки бесцементного ТЭТС (имплантата) формировалась грануляционная ткань с морфологическими признаками воспаления и наличием отдельных очагов формирования грубоволокнистой костной ткани с тонкими костными трабекулами (рисунок 1А). В двух случаях из десяти у животных контрольной группы отмечались очаги выраженной лейко-лимфоцитарной инфильтрации с единичными некротизированными костными осколками с явлениями резорбции остеокластами (рисунок 1Б).

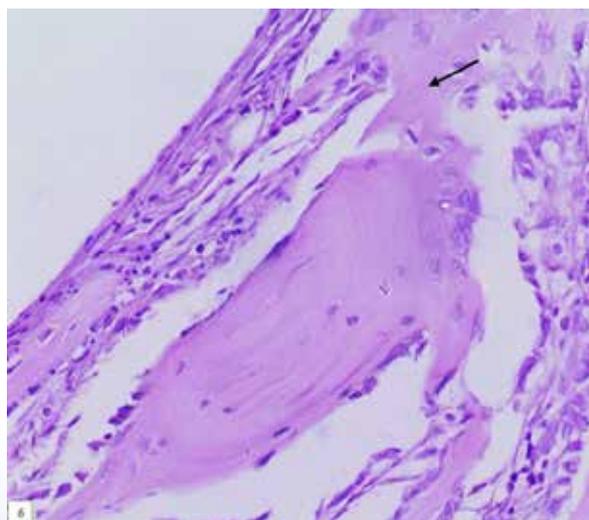
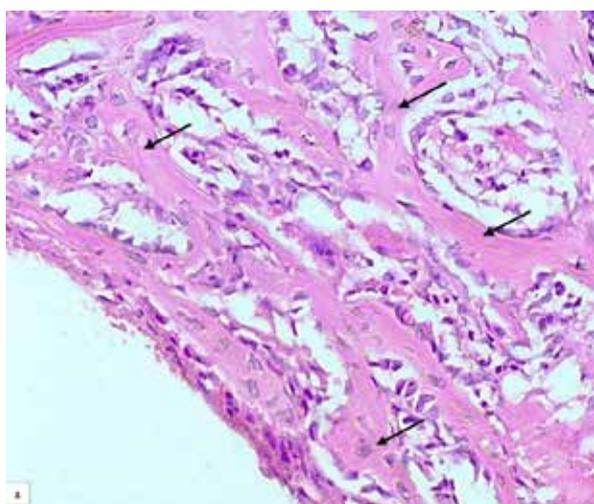
На 7 сутки эксперимента при гистологическом исследовании костей животных основной группы по периферии имплантата отмечалась созревающая грануляционная ткань, формировались многочисленные костные трабекулы, состоящие из формирующейся костной ткани, по периферии костных трабекул располагались остеобласты и отдельные остеокласты. При большом увеличении микроскопа ($\times 400$) в отдельных участках по периферии имплантата определялась тонкая прослойка соединительной ткани, содержащей большое количество фибробластов и очаги формирования незрелого костного матрикса в виде костных трабекул, на периферии которых располагались остеобласты (рисунок 2А).

Созревающая грануляционная ткань расположенная по периферии имплантата содержала костные осколки, которые не подвергались некрозу. Эти структуры снаружи были покрыты клетками остеобластического типа, по их периферии отмечалось формирование костного матрикса (рисунок 2Б). Некротизированные костные осколки практически отсутствовали. Следует отметить, что подобную формирующую



А — Грануляционная ткань с морфологическими признаками воспаления и наличием отдельных очагов формирования грубоволокнистой костной ткани (указано стрелкой). Увеличение: $\times 40$. Б — Формирование грубоволокнистой костной ткани, очаги выраженной лимфо-лейкоцитарной инфильтрации по периферии аналога имплантата (указано стрелками). Увеличение: $\times 40$. Окраска: гематоксилином и эозином.

Рисунок 1 — 7 сутки эксперимента. Контрольная группа животных



А — Очаги формирования костной ткани (указано стрелками). Б — Формирование костного матрикса по периферии костного осколка (указано стрелкой). Увеличение: $\times 400$. Окраска: гематоксилином и эозином.

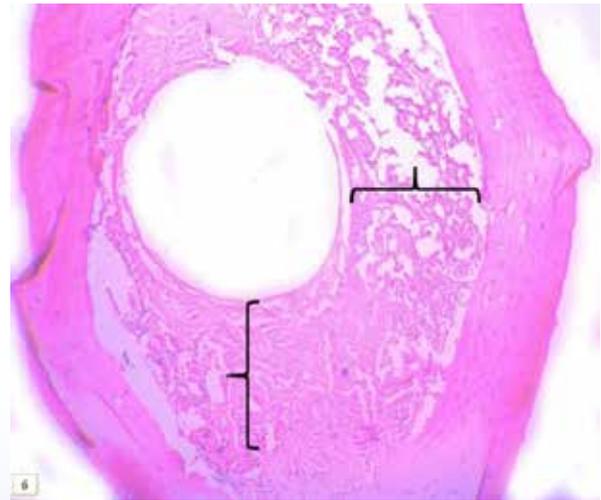
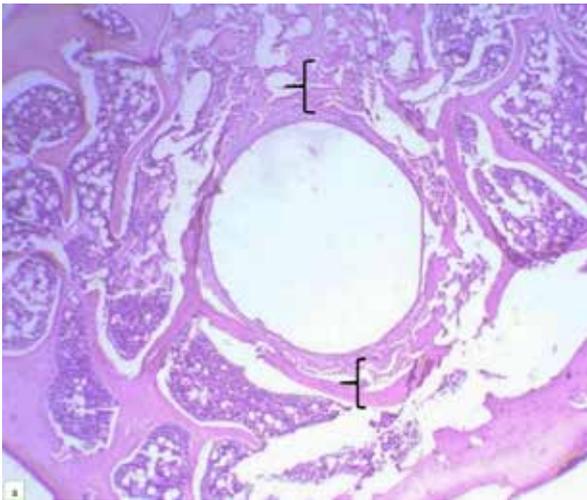
Рисунок 2 — 7 сутки эксперимента. Основная группа животных

щуюся костную ткань из костных осколков мы наблюдали только у животных основной группы на 7-е сутки наблюдения.

Морфометрическое исследование показало, что площадь зоны повреждения костно-мозгового канала на 7 сутки в контрольной и основной группе не отличались друг от друга ($p=0,398$). При этом площадь грануляционной ткани в контрольной группе была больше в 1,33 раза и составила 2493621,0 [2429682,0–2557560,0] μm^2 , в основной группе — 1870347,0 [1838490,0–1922028,0] μm^2

($p=0,002$). Площадь зоны новообразованной кости в основной группе составила 715113,5 [686614,0–742637,5] μm^2 , и была больше в 1,77 раза по сравнению с показателем контрольной группы — 403455,0 [399618,0–415603,0] μm^2 ($p < 0,001$).

На 14 сутки эксперимента в контрольной группе животных определялась грубоволокнистая соединительная ткань, которая формировала манжету по периферии имплантата. Костная ткань, окружающая имплантат содержала костные трабекулы,



А — Контрольная группа животных. Тонкий слой формирующейся костной ткани, окружающий имплантат (указано фигурными скобками). Б — Основная группа животных. Толстая формирующаяся фиброно-костная эндоостальная мозоль (указано фигурными скобками).

Увеличение: $\times 40$. Окраска: гематоксилином и эозином.

Рисунок 3 — 14 сутки эксперимента

которые формировали ячейки и расположенные внутри ячеек клеточные элементы, включающие клетки миелоидного и лимфоидного кроветворения, а также жировые клетки (рисунок 3А).

На 14 сутки эксперимента при гистологическом исследовании формирующейся костной ткани у основной группы животных определялась зрелая грануляционная ткань, формирующая структуры, напоминающие по своему строению фиброно-костную эндоостальную мозоль, окружающую имплантат, с небольшим количеством лимфоцитов; зоны некроза отсутствовали. Формировались костные балки с хорошо выраженными коллагеновыми волокнами. Грануляционная ткань, которая находилась между костными балками, имела очаги костномозгового кроветворения, которые располагались в созревающей грануляционной ткани (рисунок 3Б).

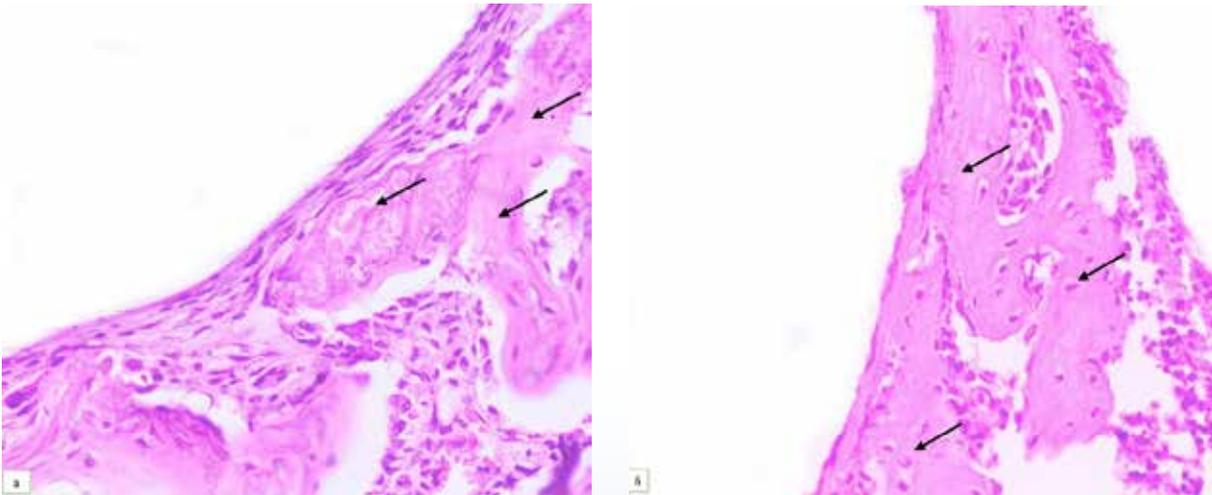
В контрольной группе при использовании большого увеличения микроскопа к соединительнотканной манжете прилегли участки формирования костного матрикса с расположенными внутри остеócитами, периферия включала остеобласты (рисунок 4А).

При большом увеличении микроскопа в основной группе определялись костные балки, представленные формирующейся

пластинчатой костной тканью. Поверхность балок, обращенная в сторону импланта, содержала клетки эндоста. В толще костных балок определялись остеócиты, расположенные в костных лакунах. Поверхность таких балок включала остеобласты, которые формировались из клеток незрелой грануляционной ткани (рисунок 4Б).

При морфометрическом исследовании на 14 сутки наблюдения в основной группе площадь зоны повреждения костно-мозгового канала была в 1,26 раза меньше и составляла 2577229,0 [2388150,0–3018756,0] μm^2 , в то время как в контрольной группе этот показатель составил 3252024,0 [2821957,0–3420302,0] μm^2 , ($p < 0,001$). Площадь грануляционной ткани в основной группе была в 2 раза меньше в сравнении с контролем — 1302172,0 [1101666,0–1547545,0] μm^2 против 2624172,0 [2465339,0–2795855,0] μm^2 соответственно ($p = 0,001$). Площадь зоны новообразованной кости значительно увеличивалась в обеих группах наблюдения, но при этом в основной группе животных она была более чем в 2 раза выше соответствующего показателя в контроле — 1336888 [1103714,0–1371698,0] μm^2 и 627852,0 [421786,0–712014,0] μm^2 соответственно ($p = 0,001$).

Проведенное гистологическое и морфометрическое исследование показало более



А — Контрольная группа животных. Очаги формирования незрелой костной ткани по периферии имплантата (указано стрелками). Б — Основная группа животных. Костные балки с формирующейся пластинчатой костной тканью (указано стрелками).

Окраска: гематоксилин-эозин. Увеличение: $\times 400$.

Рисунок 4 — 14 сутки эксперимента

высокую интенсивность формирования фибро-костной манжеты вокруг экспериментального аналога ножки ТЭТС в основной группе животных при использовании костно-пластического биокомпозита в сравнении с животными контрольной группы. Следует отметить, что в контрольной группе животных формирование фибро-костной манжеты протекало согласно классическим представлениям репаративного остеогенеза: дифференцирование клеток, их пролиферация, резорбция погибшей кости и новообразуемой кости при ее remodelировании, формирование органического внеклеточного матрикса и формирование зрелой пластинчатой костной ткани [12]. В то же время у животных основной группы при сохранении основных закономерностей репаративного остеогенеза резорбция костных осколков в биокомпозите и новообразуемой кости практически отсутствовала; имело место формирование костного матрикса из костных осколков биокомпозитного материала без формирования зон резорбции и некрозов костной ткани. Можно предположить, что ПОРФТ, входящая в состав биокомпозита, запускает процессы остеобластического остеогенеза без разрушения костной ткани.

Таким образом, на раннем этапе остеоинтеграции костной ткани установлено

гистомодулирующее влияние костно-пластического биокомпозита. Установлены статистически значимые морфологические параметры, свидетельствующие об оптимизации репаративного остеогенеза при использовании костно-пластического биокомпозита. К таковым относились: меньший процент площади зоны повреждения костно-мозгового канала на 14 сутки ($p < 0,001$), что свидетельствует о более высокой скорости заполнения пространств по периферии имплантата, не заполненных фибро-костной тканью; меньшая площадь грануляционной ткани на 7 ($p < 0,001$) и 14 сутки ($p < 0,001$) и более высокие показатели площади формирующейся костной ткани по периферии имплантата на 7 ($p < 0,001$) и 14 сутки ($p < 0,001$) эксперимента которые отражали более быструю трансформацию периферической грануляционной ткани в грубоволокнистую костную ткань.

Заключение

Полученные данные об особенностях остеоинтеграции костной ткани в экспериментальный аналог ножки ТЭТС с использованием костно-пластического биокомпозита, состоящего из аутокости и плазмы, обогащенной растворимыми факторами роста тромбоцитов, могут послужить экс-

периментальным обоснованием для внедрения в клиническую практику нового метода бесцементного эндопротезирования тазобедренного сустава.

Источник финансирования: Исследование проведено в рамках выполнения задания НИОК(Т)Р «Разработать и внедрить метод биокompозитной костной пластики при первичном бесцементном эндопротезировании тазобедренного сустава» (№ ГС 20230640 от 10.05.2023) ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» на 2023–2025 гг.

Библиографический список

1. Angelis, N. Lateral Ridge Augmentation Using an Equine Flex Bone Block Infused with Recombinant Human Platelet-Derived Growth Factor BB: A Clinical and Histologic Study / N. Angelis, M. Scivetti // *Int. J. Periodontics. Restorative Dent.* – 2011. Vol. 31(4). – P. 383-388.
2. Carlson, S.W. Not all cementless femoral stems are created equal but the results may be comparable. / S.W. Carlson, S.S. Liu, J.J. Callaghan // *Bone Joint J.* – 2017. – Vol. 99. – P.14-17.
3. Zhu, G. Advances in implant surface modifications to improve osseointegration / G. Zhu, G. Wang, J.J. Li // *Mater. Adv.* – 2021. – Vol. 2. – P. 6901-6927.
4. Руцкий, А.В. Аспекты остеоинтеграции бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава усиленной бесцементной фиксации / А.В. Руцкий, А.П. Маслов // *Инновационные технологии в медицине.* – 2013. – Т. 1, № 01. – С. 63-72.
5. Новые виды материалов для костной пластики в свете современных представлений о костных трансплантатах / И.А. Кирилова [и др.] // *Хирургия позвоночника.* – 2007. – № 2. – С. 66-70.
6. Пятилетние результаты применения керамических и керамополиэтиленовых пар трения при эндопротезировании тазобедренного сустава / В.Ю. Мурылев [и др.] // *Травматология и ортопедия России.* – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 89-97.
7. Иванцов, В.А. Клинический мониторинг ревизионного эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов / В.А. Иванцов // *Медицинские новости.* – 2020. – №10. – С. 23-26.
8. Можно ли остановить остеолит перипротезной кости при ревизионном эндопротезировании тазобедренного сустава на фоне остеопороза? / С.С. Родионова [и др.] // *Медицинский совет.* – 2023. – Т. 17, №6. – С. 282-288.
9. Бесцементные бедренные компоненты: история и современное состояние вопроса / И.И. Шубняков [и др.] // *Травматология и ортопедия России.* – 2020. – Т. 26, №2. – С. 160-179.
10. Isaacson, B. Role of implants surface modification in osseointegration: A systematic review / B. Isaacson, S. Jeyapalina // *Orthopedic Research and Reviews.* – 2014. – Vol.6. – P. 55-65.
11. Брагина, С.В. Современные возможности ранней лабораторной диагностики перипротезного остеолита как предиктора развития асептической нестабильности эндопротеза тазобедренного сустава (обзор литературы) / С.В. Брагина // *Гений ортопедии.* – 2020. – Т. 26(2.). – С. 261-265. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-2-261-265
12. Кирилова, И.А. Костная ткань как основа остеопластических материалов для восстановления костной структуры / И.А. Кирилова // *Хирургия позвоночника.* – 2011. – № 1. – С.68-74.
13. Официальный перевод Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes [Электронный ресурс]. «Объединение специалистов по работе с лабораторными животными» (Rus-LASA). [дата обращения: 2023 июнь 4]. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf.
14. Effects of platelet-rich plasma on intestinal anastomotic healing in rats: PRP concentration is a key factor / R. Yamaguchi [et al.] // *Journal of surgical research.* – 2012 – Vol. 173, №. 2 – P. 258-266.
15. Плазма крови, обогащенная растворимыми факторами тромбоцитов: получение, стандартизация, медицинское применение / М.П. Потапнев [и др.] // *Здравоохранение.* – 2018 – № 10 (859). – С. 38-44.

D.V. Charnashtan, Yu.V. Bondareva, F.N. Karpenko, M.P. Potapnev, N.V. Chueshova, N.N. Vejalina, N.G. Mal'ceva, E.A. Nadyrov, D.A. Zinovkin, V.I. Nikolaev

PRECLINICAL EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INTRAMEDULLARY BIOCOMPOSITE BONE GRAFTING IN THE EARLY PERIOD AFTER IMPLANTATION OF CEMENTLESS FEMORAL COMPONENT OF HIP ARTHROPLASTY IN LABORATORY RATS

The early morphological features of osseointegration of the stem of cementless total hip replacement were studied in laboratory rats against the background of intramedullary biocomposite bone grafting. The biocomposite consisted of bone matrix extracted from the bone mar-

row canal and previously prepared rat plasma enriched with soluble platelet factors in a ratio of 9:1. In the control group, the implantation of the stem of cementless total hip replacement was performed in the traditional way without the use of bone-plastic biocomposite. Statistically significant morphological parameters indicating optimization of osseointegration when using the bone-plastic biocomposite were established: a smaller area of the bone marrow canal damage zone on the 14th day ($p<0,001$), a smaller area of granulation tissue on the 7th ($p<0,001$) and 14th days ($p<0,001$) and higher areas of forming bone tissue along the periphery of the implant on the 7th ($p<0,001$) and 14th days ($p<0,001$) of the experiment. The obtained data can serve as an experimental justification for introducing a new method of cementless hip arthroplasty into clinical practice.

Key words: *cementless hip arthroplasty, bone tissue, osseointegration, laboratory animals, experiment*

Поступила 19.09.2024