

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

№ 4 (56)

2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВНУТРЕННИЕ БОЛЕЗНИ

- Бурмистрова Л. Ф., Рахматуллин Ф. К., Шеина А. Е., Шорина А. Ю.,
Бурмистров М. Е.* Стратегия выбора антитромботического
препарата у пациентов с фибрилляцией
предсердий и синдромом старческой астении..... 5

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ

- Баранов С. В., Зайцев А. Б.* Современный взгляд на реконструктивное
хирургическое лечение больных остеомиелитом дистальных
отделов нижних конечностей (обзор литературы)..... 17
- Кочнев Е. Я., Мещерягина И. А., Бурицев А. В., Ермаков А. М.*
Проблема лечения имплант-ассоциированной инфекции
позвоночника (обзор литературы)..... 28

ХИРУРГИЯ

- Герасимов А. В., Никольский В. И., Фролов С. В., Сергацкий К. И.,
Феоктистова Е. Г.* Джоульметрия как метод исследования
электрохимических свойств содержимого кист поджелудочной железы..... 42
- Масляков В. В., Федоров В. Э., Барсуков В. Ю., Шихмагомедов М. А.*
Выбор хирургической тактики при закрытых травмах селезенки
в зависимости от тяжести состояния в момент поступления..... 51

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА

- Кафаров Э. С., Вагабов И. У., Зенин О. К.* Вариантная анатомия
и трехмерно-количественный анализ источников
формирования сегментарных артерий почек..... 64
- Юртайкина М. Н., Чаиркин И. Н., Селякин С. П., Мишечкин М. М.,
Рыбаков А. Г.* Сравнительная характеристика уровня физического
развития лиц юношеского возраста мужского пола Республики
Мордовии, по данным антропометрического исследования..... 75

Калмин О. В., Корецкая Е. А., Зюлькина Л. А. Изменчивость ширины
зубных дуг у лиц зрелого возраста с разной формой черепа.....90

Фрунзе Е. М., Калмин О. В. Сравнительная характеристика уровня
физического развития юношей гуджратской народности Индии
и некоторых регионов России100

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Болотская А. А., Николенко В. Н., Ризаева Н. А. Трансмембранные
микропептиды-регуляторы SERCA2a (обзор литературы).....109

Евдокимов С. В., Евдокимов А. С., Муйземнек А. Ю. Гемодинамика
полнопроточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ»119

*Курашвили Л. В., Тяжелкова Г. В., Долгушева М. В., Коробовцева Т. Н.,
Микуляк Н. И.* Роль условно-патогенной микрофлоры
в механизмах развития женского и мужского бесплодия133

Иванова В. Э., Андреева Е. С., Кручинина А. Д., Гамзин С. С.
Изучение антибактериального эффекта покрытия
для имплантируемых медицинских изделий из титана
и изменения гематологических и биохимических показателей
крови крыс на разных сроках после имплантации144

UNIVERSITY PROCEEDINGS
VOLGA REGION

MEDICAL SCIENCES

№ 4 (56)

2020

CONTENT

INTERNAL DISEASES

- Burmistrova L. F., Rakhmatullof F. K., Sheina A. E., Shorina A. Yu.,
Burmistrov M. E.* A strategy for selecting antitrombotic drugs
for patients with atrial fibrillation and senile asthenia syndrome..... 5

TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

- Baranov S. V., Zaytsev A. B.* A modern view on reconstructive
surgical treatment of osteomyelitis of distal ends
of inferior limbs (literature review)..... 17
- Kochnev E. Ya., Meshcheryagina I. A., Burtsev A. V., Ermakov A. M.*
Problems of implant-associated spine infection treatment
(literature review)..... 28

SURGERY

- Gerasimov A. V., Nikol'skiy V. I., Frolov S. V., Sergatskiy K. I.,
Feoktistova E. G.* Joule measurement as a method for studying
the electrochemical properties of the pancreas cysts content 42
- Maslyakov V. V., Fedorov V. E., Barsukov V. Yu., Shikmagomedov M. A.*
Selection of surgical tactics for closed spleen injury, depending
on the severity of the condition at the time of admission..... 51

HUMAN ANATOMY

- Kafarov E. S., Vagabov I. U., Zenin O. K.* Variant anatomy and a 3-D
quantitative analysis of segmental renal arteries formation sources 64
- Yurtaykina M. N., Chairkin I. N., Selyakin S. P., Mishechkin M. M.,
Rybakov A. G.* Comparative characteristics of young men's physical
development level in the Republic of Mordovia according
to anthropometric research 75
- Kalmin O. V., Koretskaya E. A., Zyul'kina L. A.* Variability of dental
arches' width in mature individuals with different skull shapes 90

<i>Kalmin O. V., Frunze E. M.</i> Comparative characteristics of physical development level of young men from gujarat (India) and some regions of Russia	100
--	-----

PHYSIOPATHOLOGY

<i>Bolotskaya A. A., Nikolenko V. N., Rizaeva N. A.</i> SERCA2a Transmembrane micropeptides-regulators (literature review).....	109
<i>Evdokimov S. V., Evdokimov A. S., Muzyemnek A. Yu.</i> Hemodynamics of the “MEDENG-ST” full-flow heart valve.....	119
<i>Kurashvili L. V., Tyazhelkova G. V., Dolgusheva M. V., Korobovtseva T. N., Mikulyak N. I.</i> Role of opportunistic microflora in mechanisms of development of women and male infertility	133
<i>Ivanova V. E., Andreeva E. S., Kruchinina A. D., Gamzin S. S.</i> The study of antibacterial coating effect for implantable medical devices made of titanium and changes in hematological and biochemical parameters of rat blood at different periods after implantation.....	144

УДК 616.12-008.3

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-1

*Л. Ф. Бурмистрова, Ф. К. Рахматуллов,
А. Е. Шеина, А. Ю. Шорина, М. Е. Бурмистров*

СТРАТЕГИЯ ВЫБОРА АНТИТРОМБОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ И СИНДРОМОМ СТАРЧЕСКОЙ АСТЕНИИ

Аннотация.

Актуальность и цели. Нарушения ритма сердца на сегодняшний момент находятся в центре внимания, так как занимают одну из ключевых позиций среди сердечно-сосудистых заболеваний, которые могут привести к развитию сердечно-сосудистых катастроф, инвалидизации и смерти пациента. Выявление синдрома старческой астении особенно в сочетании с фибрилляцией предсердий у пациентов пожилого и старческого возраста очень важно для своевременного назначения лекарственной терапии, в том числе антиротботической, которая предотвращает развитие осложнений и других неблагоприятных исходов у этой категории пациентов. Целью данного исследования является изучение своевременного назначения антиротботической терапии с целью предотвращения неблагоприятных исходов у пациентов с фибрилляцией предсердий в сочетании с синдромом старческой астении.

Материалы и методы. Исследование было ретроспективным и включало 150 пациентов, госпитализированных в отделения кардиологии «Клинической больницы № 6 им. Г. А. Захарьина» за 2017–2019 гг. Всем пациентам проводились следующие методы диагностики: опросник «Возраст не помеха», шкалы прогнозирования CHA₂DS₂-VASc и HAS-BLED, эхокардиография.

Результаты. По данным ретроспективного анализа госпитализированных пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении по возрастным группам выявлено: после оценки риска развития тромбозмболических осложнений у пациентов с фибрилляцией предсердий по шкале CHA₂DS₂-VASc всем госпитализированным пациентам было показано назначение антикоагулянтной терапии; 21,1 % пациентов уже получали антикоагулянтную терапию на догоспитальном этапе; риск развития кровотечения, оцениваемый по шкале HAS-BLED, у 115 пациентов (76,7 %) составил от 3 баллов и более.

Выводы. Таким образом, в ходе проведенного исследования выявлено, что синдром старческой астении не является противопоказанием к назначению антиротботитарной терапии у пожилых пациентов с фибрилляцией предсердий. Это способствует увеличению продолжительности жизни и улучшению качества жизни у данных пациентов.

© Бурмистрова Л. Ф., Рахматуллов Ф. К., Шеина А. Е., Шорина А. Ю., Бурмистров М. Е., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Ключевые слова: гериатрия, пожилой и старческий возраст, гериатрические пациенты, синдром старческой астении, нарушения сердечного ритма и проводимости, фибрилляция предсердий, антикоагулянтная терапия, качество жизни.

L. F. Burmistrova, F. K. Rakhmatullof,
A. E. Sheina, A. Yu. Shorina, M. E. Burmistrov

A STRATEGY FOR SELECTING ANTITROMBOTIC DRUGS FOR PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION AND SENILE ASTHENIA SYNDROME

Abstract.

Background. Heart rhythm disturbances are currently in the spotlight, as they constitute one of the key positions among cardiovascular diseases, which ultimately can lead to the development of cardiovascular catastrophes, disability and patient death. The detection of senile asthenia syndrome, especially in combination with atrial fibrillation in elderly and senile patients, is very important for the timely administration of drug therapy, including antithrombotic, which prevents the development of complications and other adverse outcomes in this category of patients. The purpose of this work is to study the timely appointment of antithrombotic therapy in order to prevent adverse outcomes in patients with atrial fibrillation in combination with senile asthenia syndrome.

Materials and methods. The study was retrospective and included 150 patients hospitalized in the cardiology unit of G. A. Zakharyin Clinical Hospital No. 6 in 2017–2019. All patients underwent the following diagnostic methods: “Age is not a hindrance” questionnaire, CHA2DS2-VASc and HAS-BLED prediction scales, echocardiography.

Results. According to a retrospective analysis of hospitalized patients with atrial fibrillation and senile asthenia syndrome by age groups, the following was revealed: after assessing the risk of thromboembolic complications in patients with atrial fibrillation according to the CHA2DS2-VAS scale, all hospitalized patients were prescribed anticoagulant therapy; 21.1 % of patients had already received anticoagulant therapy at the prehospital stage; the risk of bleeding, assessed according to the HAS-BLED scale, in 115 patients (76.7 %) ranged from 3 points or more.

Conclusions. Thus, in the course of the study, it was found that senile asthenia syndrome is not a contraindication to the appointment of antiplatelet therapy in elderly patients with atrial fibrillation. This will increase life expectancy and improve the quality of life of the said patients.

Keywords: geriatrics, elderly and senile age, geriatric patients, senile asthenia syndrome, cardiac arrhythmias and conduction disorders, atrial fibrillation, anticoagulant therapy, quality of life.

Введение

Нарушения ритма сердца на сегодняшний момент находятся в центре внимания, так как занимают одну из первых позиций среди сердечно-сосудистых заболеваний, которые могут привести к развитию сердечно-сосудистых катастроф. Одной из наиболее распространенных форм аритмии является фибрилляция предсердий.

Фибрилляция предсердий – заболевание, которое достаточно распространено среди населения пожилого возраста. Кроме того, хотелось бы отме-

тить, что среди пациентов пожилого и старческого возраста риск развития сердечно-сосудистых катастроф при данном типе нарушения ритма сердца высокий вследствие того, что возраст сам по себе является фактором риска.

На сегодня, к сожалению, сохраняется высокий уровень смертности от заболеваний сердечно-сосудистой системы, в том числе от нарушений ритма сердца. По последним данным, смертность от данной патологии составляет 1,3 млн человек в год и за последние годы значительно увеличивается. Смертность от заболеваний сердечно-сосудистой системы все еще удерживается на одной из первых позиций среди других заболеваний, и по-прежнему данная проблема остается основной причиной развития инвалидности, снижения качества жизни у пациентов пожилого и старческого возраста.

Старение организма – это такой инволютивный физиологический процесс, который происходит с каждым человеком неизбежно. Старение населения нашей страны, да и планеты в целом, с каждым годом прогрессирует, вследствие чего увеличивается доля населения пожилого и старческого возраста. Поэтому сегодня актуально стало развитие такой области медицины, как гериатрия [1–3].

По данным анализа литературы и статистических данных, можно отметить, что частота встречаемости фибрилляции предсердий отмечается с большей распространенностью у пожилых людей, среди которых многие страдают синдромом старческой астении, а также имеют ряд других сопутствующих клинических состояний. К примеру, такими клиническими состояниями являются сахарный диабет, структурные изменения сердца, гипертоническая болезнь, ожирение, ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность, хроническая болезнь почек.

Синдром старческой астении – это сложный клинический синдром с множеством причин и провоцирующих факторов, в котором наблюдается повышенная уязвимость при воздействии незначительного стресса и повышенный риск неблагоприятных исходов, таких как инвалидизация и смертность. Синдром старческой астении сам по себе является важным прогностическим фактором у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, поэтому его выявление при оценке состояния пациентов пожилого и старческого возраста может помочь индивидуально подойти к назначению сердечно-сосудистой терапии [4].

Выявление синдрома старческой астении в сочетании с фибрилляцией предсердий у пациентов старческого и пожилого возраста важно для своевременного назначения лекарственной терапии в том числе антиаритмической, предотвращающей развитие неблагоприятных исходов у данных пациентов.

Из определения фибрилляции предсердий следует, что даже при отсутствии возбуждения и сокращения в сердце в предсердиях могут наблюдаться возбуждение и сокращение отдельных волокон. Причем количество этих беспорядочных возбуждений может варьировать и достигать 350–700 уд/мин. Эти процессы – возбуждение и сокращение структурных волокон предсердий – происходят с разной амплитудой и силой. Различные волокна предсердий в одно и то же время могут находиться на разных стадиях возбуждения и реполяризации.

Пациенты пожилого и старческого возраста с установленным диагнозом «фибрилляция предсердий» характеризуются рядом отличительных особенностей:

- коморбидность;
- повышенный риск развития тромбоемболий;
- развитие неблагоприятных побочных эффектов на фоне приема антикоагулянтных лекарственных средств;
- в большом проценте случаев установление факта постоянной формы фибрилляции предсердий;
- наличие различных неспецифических симптомов;
- снижение чувствительности частоты ритма желудочков к воздействию симпатического отдела вегетативной нервной системы;
- наличие сопутствующей патологии почек и печени со сниженной функцией и, как следствие, развитие проаритмогенного эффекта от антиаритмической терапии;
- бессимптомное течение фибрилляции предсердий;
- несвоевременная диагностика фибрилляции предсердий [5, 6].

Основные группы лекарственных препаратов, которые важно использовать у пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении, это антиаритмические и антитромботические препараты. В данной статье рассмотрим вопросы назначения именно антитромботических лекарственных средств, которые могут повлиять на предотвращение развития таких частых осложнений фибрилляции предсердий, как ишемический инсульт и тромбоемболия. На сегодня пациентам пожилого и старческого возраста назначаются как новые оральные антикоагулянты, не являющиеся антагонистами витамина К (дабигатран, ривароксабан и апиксабан), так и препараты антагонисты витамина К (варфарин). Своевременное назначение антикоагулянтных препаратов может способствовать увеличению продолжительности жизни и улучшению качества жизни у пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении [7, 8].

Цель данного исследования: изучение своевременного назначения антитромботической терапии с целью предотвращения неблагоприятных исходов у пациентов с фибрилляцией предсердий в сочетании с синдромом старческой астении.

Материалы и методы

В исследование были включены 150 пациентов, госпитализированных в отделения кардиологии «Клинической больницы № 6 им. Г. А. Захарьина» за 2017–2019 гг. Исследование было ретроспективным, проводилось на кафедре «Внутренние болезни» Пензенского государственного университета и заключалось в изучении историй болезни пациентов.

Все пациенты, принимающие участие в исследовании, согласно возрастной классификации Всемирной организации здравоохранения были разделены на следующие возрастные группы: 60–74 лет – пожилой возраст, 75–90 лет – старческий возраст и старше 90 лет – долгожители (возраст долголетия)).

При синдроме старческой астении выделяют следующие основные моменты: снижение показателей силы в кистях по данным измерений динамометрии, повышенная утомляемость, общая слабость, замедление скорости

ходьбы, выраженное снижение физической активности, выраженная потеря массы тела (вплоть до саркопении). Старческая астения устанавливалась на основании использования гериатрической карты с учетом опросников для данной патологии, в частности, с использованием опросника «Возраст не помеха» (табл. 1). Он включает в себя 7 вопросов, касающихся похудения, нарушения слуха и зрения, частых травм и падений, смены настроения за последнее время, нарушений памяти, дезориентации в пространстве и времени, нарушений мочеиспускания, трудностей при выполнении какой-либо физической активности. Если пациент отвечает на вопрос утвердительно, то получает один балл, если отвечает отрицательно, то это ноль баллов. За данную анкету максимально возможно получить семь баллов [9].

Таблица 1

Опросник «Возраст не помеха»

Вопрос		Ответ
1	Похудели ли Вы на 5 кг и более за последние 6 месяцев? (Вес)	да/нет
2	Испытываете ли Вы какие-либо ограничения в повседневной жизни из-за снижения Зрения или Слуха?	да/нет
3	Были ли у Вас в течение последнего года травмы, связанные с падением?	да/нет
4	Чувствуете ли Вы себя подавленным, грустным или встревоженным на протяжении последних недель (Настроение)	да/нет
5	Есть ли у Вас проблемы с памятью, пониманием, ориентацией или способностью планировать?	да/нет
6	Страдаете ли Вы недержанием мочи?	да/нет
7	Испытываете ли Вы трудности в перемещении по дому или на улице? (Ходьба до 100 метров или подъем на 1 лестничный пролет)	да/нет

Для установления диагноза «Фибрилляция предсердий» всем пациентам проводилась запись электрокардиограммы и эхокардиографии с доплерографией сердца. Критериями установления диагноза фибрилляции предсердий являлись следующие признаки: нерегулярность интервалов R-R, отсутствие зубца P, продолжительность цикла менее 200 мс (частота ритма сокращения предсердий более 300 уд/мин) [10–12].

Трансторакальная эхокардиография с доплерографией проводилась всем пациентам с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении для того, чтобы определить размер и функцию предсердий и желудочков; оценить наличие возможного тромба в предсердии; выявить признаки гипертрофии миокарда предсердий или желудочков; выявить возможные причины развития фибрилляции предсердий (пороки сердца врожденные и приобретенные, болезни перикарда).

Кроме того, использовались различные шкалы для оценки фибрилляции предсердий и различных ее осложнений. Так, для оценки риска тромбоэмболических осложнений использовалась шкала CHA₂DS₂-VASc (табл. 2). Данная шкала предназначена для решения вопроса о необходимости назначения антикоагулянтной терапии. К примеру, если пациент не имеет факторов риска (0 баллов из 9) по данной шкале, то назначать антитромботическую те-

рапию данному пациенту нет необходимости. При наличии у пациента даже 1 балла по данной шкале есть необходимость использовать современные оральные антикоагулянты.

Таблица 2

Шкала CHA2DS2-VASc

C (Congestive heart failure)	Сердечная недостаточность	1 балл
H (Hypertension)	Артериальная гипертензия	1 балл
A (Age > 75)	Возраст старше 75 лет	2 балл
D (Diabetes)	Сахарный диабет	1 балл
S (Stroke or TIA)	Перенесенный инсульт или транзиторная ишемическая атака	2 балл
V (Vascular disease)	Сосудистые заболевания	1 балл
A (Age 65–74)	Возраст старше 65–74 лет	1 балл
S (female Sex category)	Женский пол	1 балл

С целью оценки риска возникновения кровотечений при проведении антикоагулянтной терапии использовалась шкала HAS-BLED. Пациенты, имевшие по данной шкале высокий риск развития кровотечения (балл по шкале HAS-BLED >3 из 9 баллов), должны были более тщательно и регулярно проходить клиническое обследование, но антикоагулянтная терапия при этом не отменялась [12].

Таблица 3

Шкала HAS-BLED

H	Hypertension – Артериальная гипертензия	1 или 2 балла
A	Abnormal renal or liver function – нарушение функции почек или печени	1 балл
S	Stroke – наличие инсульта	2 балл
B	Bleeding – кровотечение в анамнезе	1 балл
L	Liable INRs – плохо контролируемое МНО (международное нормализованное отношение)	2 балл
E	Elderly – пожилой возраст >65 лет	1 балл
D	Drug or alcohol – комбинация пероральных антикоагулянтов с антитромбоцитарными препаратами, прием двух нестероидных противовоспалительных препаратов, злоупотребление алкоголем	1 или 2 балла

Результаты, полученные в ходе проведения исследования, были сформированы в базу данных в программе Microsoft Excel 7.0 после занесения их в персональный компьютер. Статистическая обработка и анализ полученных при исследовании данных выполнен с помощью программы StatSoft Statistica 10.

Результаты и обсуждения

По данным ретроспективного анализа госпитализированных пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении по возрастным группам выявлено: пациентов 60–74 летнего возраста – 41 человек (27,3 %),

пациентов 75–90-летнего возраста – 102 человека (68 %), старше 90 лет – 7 человек (4,7 %) (рис. 1). По полу несколько более преобладали мужчины – 59,8 % (90 человек), женщин было 40,2 % (60 человек) (рис. 2).

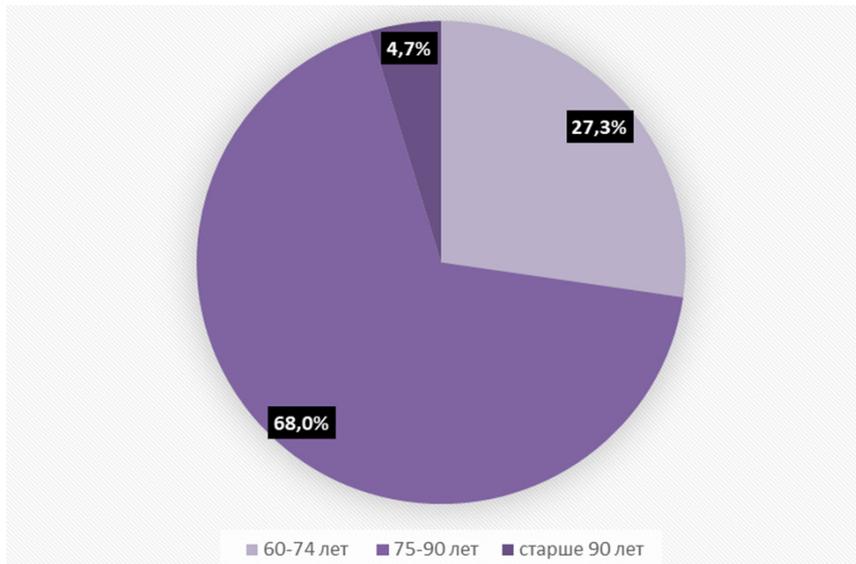


Рис. 1. Распределение пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении по возрасту

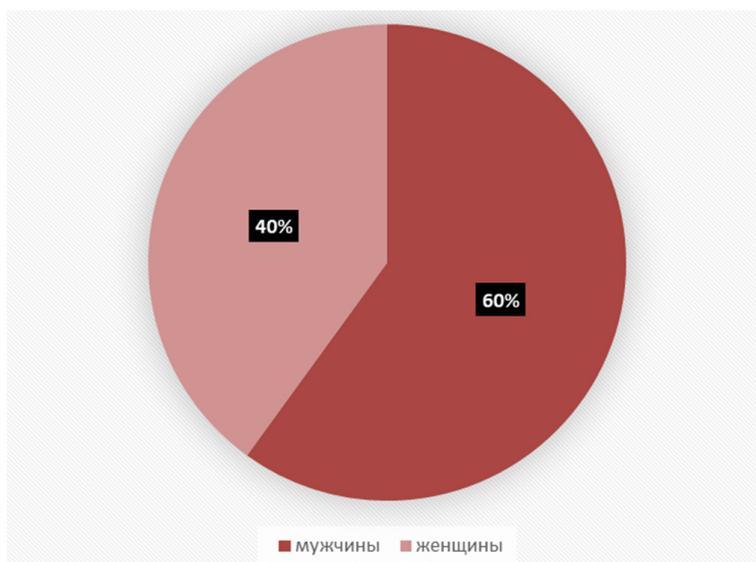


Рис. 2. Распределение пациентов по половому признаку

В зависимости от формы фибрилляции предсердий все пациенты были распределены в следующие группы: группа 1 – впервые диагностированная фибрилляция предсердий – 10 пациентов (6,7 %); группа 2 – пароксизмальная форма фибрилляции предсердий – 35 пациентов (23,3 %); группа 3 – персистирующая форма фибрилляции предсердий – 6 пациентов (4 %); группа 4 –

длительно персистирующая фибрилляция предсердий – 4 пациента (2,7 %); группа 5 – постоянная форма фибрилляции предсердий – 95 пациентов (63,3 %) (рис. 3).

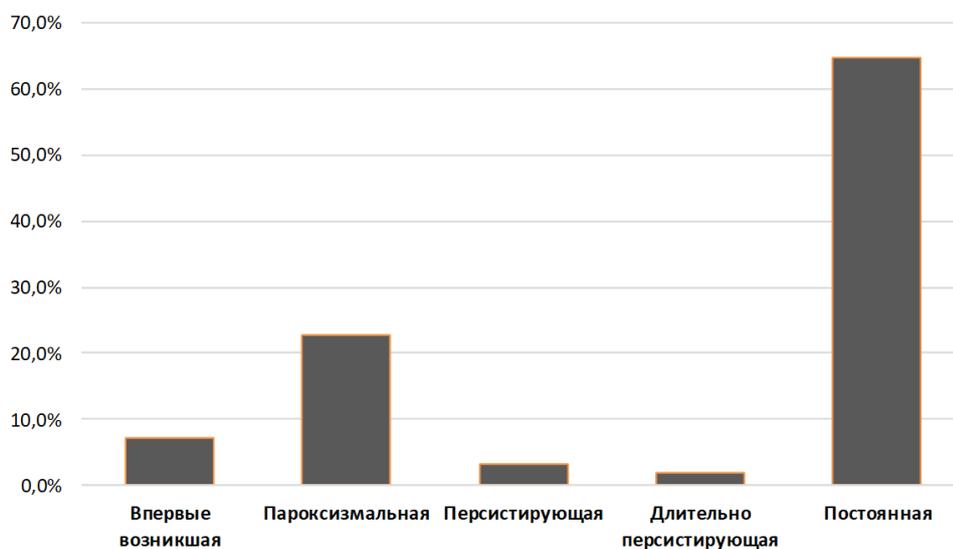


Рис. 3. Распределение пациентов в зависимости от формы фибрилляции предсердий

Как отмечалось выше, у пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении также имеется ряд сопутствующих клинических состояний. Среди таких клинических состояний ведущими являются: структурные изменения сердца, ожирение, сахарный диабет, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность, хроническая болезнь почек. У проанализированных пациентов данные клинические состояния распределились в следующем процентном соотношении: большая часть пациентов страдает артериальной гипертензией – 87 % случаев, ишемической болезнью сердца – 63,4 % случаев, сахарный диабет выявлен у каждого третьего пациента – 32,5 %, ожирение – в 21,9 % случаев.

Всем пациентам также проводилась трансторакальная эхокардиография с доплерографией для определения изменений структуры, размеров и функции миокарда предсердий и желудочков, а также для поиска возможных причин развития фибрилляции предсердий у пациентов с синдромом старческой астении. По данным эхокардиографии выявлено следующее: изменение размеров левого предсердия более 4,0 см обнаружены у 82,3 % больных. Далее важно было определить показатель, который отразит объем крови, выталкиваемой левым желудочком в систолу – фракцию выброса левого желудочка. Этот показатель отражает нарушения сократительной функции миокарда, которую можно выявить при различных заболеваниях сердца. В исследуемой группе пациентов данный показатель рассчитывался по формуле Тейхольца. Резко сниженная фракция выброса (менее 30 %) рассчитана всего лишь у 3 пациентов (2 %) среди исследуемых, умеренно сниженная фракция выброса (30–44 %) обнаружена у 48 пациентов (32 %), незначительно сниженная фракция выброса (45–54 %) – у 84 пациентов (56 %), нормальная фракция выброса (более 54 %) обнаружена только у 15 пациентов (10 %). Кроме того,

по данным эхокардиографии у большинства пациентов были выявлены признаки атеросклероза и дегенеративных изменений клапанов сердца. Тромбов в полостях сердца не выявлено ни у одного из исследуемых пациентов.

Всем пациентам, включенным в исследование, проводилась оценка риска развития осложнений фибрилляции предсердий по шкалам CHA₂DS₂-VAS и HAS-BLED. После оценки риска развития тромбоэмболических осложнений у пациентов с фибрилляцией предсердий по шкале CHA₂DS₂-VAS всем госпитализированным пациентам было показано назначение антикоагулянтной терапии. Пациенты, получавшие на момент поступления антикоагулянтную терапию, имели по шкале CHA₂DS₂-VAS 4–5 баллов, пациенты, находившиеся на дезагрегантной терапии (аспирин) – 5–6 баллов. Доля пациентов с дезагрегантной терапией до госпитализации составила 74,8 % случаев, на двойной дезагрегантной терапии были 4,1 % пациентов, на антикоагулянтной терапии (варфарин, ривароксабан, дабигатран) находились 21,1 %. Риск развития кровотечения, оцениваемый по шкале HAS-BLED от 3 баллов и более, выявлялся у 115 пациентов, что составило 76,7 %, из них на антикоагулянтной терапии находился уже 91 пациент.

Кроме того, всем пациентом проводили биохимический анализ крови на уровень креатинин. Далее рассчитывали скорость клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле СКД-ЕРІ для уточнения стадии хронической болезни почек (ХБП) и подбора корректной дозировки препарата (табл. 5). В проанализированной нами группе в основном пациенты имели ХБП 3А и 3Б стадии (63 и 24 %).

Таблица 4

Классификация стадий ХБП

Стадия ХБП	Описание	Уровень СКФ (мл/мин/1,73м ²)
I	Повреждение почек с нормальной или повышенной СКФ	≥90
II	Повреждение почек с легким снижением СКФ	89–60
III	Умеренное снижение СКФ	59–30
IIIa	С легкой до средней степени	45–59
IIIb	Со средней до тяжелой степени	30–44
IV	Тяжелое снижение СКФ	29–15
V	Почечная недостаточность	≤15

При анализе историй болезни пациентов нами зафиксирована следующая тенденция назначения антитромботических препаратов. У пациентов, которые до госпитализации принимали аспирин, данный препарат был заменен на антикоагулянт – либо на варфарин, либо на новые пероральные антикоагулянты. У 11 пациентов остался прием дезагрегантной терапии, так как выявлены противопоказания к назначению антикоагулянтной терапии. Кроме того, выявлено, что пациентам с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении врачи стараются назначить именно новые пероральные антикоагулянты (ривароксабан, дабигатран, апиксабан). Скорее всего это связано с тем, что при приеме варфарина необходимо часто контролировать уровень международное нормализованное отношение (МНО). Ввиду наличия

синдрома старческой астении пациенты не могут этого сделать. Кроме того, при приеме новых пероральных антикоагулянтов у пациентов формируется приверженность к приему лекарственной терапии.

Заключение

В исследуемой группе преобладали пациенты 75–90-летнего возраста – 102 человека (68 %). По половому признаку несколько преобладали мужчины – 60 % (90 человек).

Наиболее часто при синдроме старческой астении в исследуемой группе пациентов наблюдалась постоянная форма фибрилляции предсердий – 97 пациентов (64,7 %).

В ходе анализа назначения антикоагулянтной и дезагрегантной терапии нами было выявлено, что у пациентов, которые до госпитализации принимали аспирин, данный препарат был заменен на антикоагулянт – либо на варфарин, либо на новые пероральные антикоагулянты. У 11 пациентов остался прием дезагрегантной терапии, так как выявлены противопоказания к назначению антикоагулянтной терапии. Кроме того, выявлено, что пациентам с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении врачи стараются назначить именно новые пероральные антикоагулянты (ривароксабан, дабигатран, апиксабан).

Также выявлено, что синдром старческой астении не является противопоказанием к назначению антитромбоцитарной терапии у пожилых пациентов с фибрилляцией предсердий. Пациентам данной категории при наличии противопоказаний по возможности необходимо назначать новые пероральные антикоагулянты. Это способствует увеличению продолжительности жизни и улучшению качества жизни данных пациентов. Лечение пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении обязательно требует своевременной диагностики и корректировки дозировки препаратов.

Библиографический список

1. **Котовская, Ю. В.** Артериальная гипертония у очень пожилых: значение биологического возраста / Ю. В. Котовская, О. Н. Ткачева, Н. К. Рунихина, В. С. Остапенко // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2017. – Т. 16, № 3. – С. 87–96.
2. **Лазебник, Л. Б.** Старение: профессиональный врачебный подход / Л. Б. Лазебник, А. Л. Верткин, Ю. В. Конев // Национальное руководство. – Москва : Эксмо, 2014. – 320 с.
3. An Expert opinion from the European society of hypertension – European union geriatric medicine society working group on the management of hypertension in very old, frail subjects / A. Benetos, C. J. Bulpitt, M. Petrovic et al. // Hypertension. – 2016. – Vol. 65 (5). – P. 820–825.
4. **Zão, A.** Frailty in cardiovascular disease: Screening tools. Revista portuguesa de cardiologia: orgao oficial da Sociedade Portuguesa de Cardiologia / A. Zão, S. Magalhães, M. Santos // Portuguese journal of cardiology: an official journal of the Portuguese Society of Cardiology. – 2019. – Vol. 38, iss 2. – P. 143–158.
5. **Дьячков, В. А.** Пожилой пациент с фибрилляцией предсердий / В. А. Дьячков, А. О. Рубаненко, Ю. В. Щукин // Кардиология. – 2018. – Т. 6, № 2 (17). – С. 38–47.
6. **Миллер, О. Н.** Фибрилляция предсердий. Тактика введения пациентов на догоспитальном этапе / О. Н. Миллер, Ф. И. Беляков // Российский кардиологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 94–95.

7. **Иткин, Д. А.** Применение новых оральных антикоагулянтов для профилактики тромбоэмболических осложнений при неклапанной форме мерцательной аритмии / Д. А. Иткин, Ю. Н. Моисеева, И. А. Либов // Российский кардиологический журнал. – 2015. – № 2. – С. 115–121.
8. **Ушкалова, Е. А.** Подходы к антитромботической терапии у пациентов пожилого возраста с фибрилляцией предсердий / Е. А. Ушкалова, С. К. Зырянов, Е. В. Думченко // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. – 2017. – № 13 (2). – С. 275–284.
9. Профессиональные ассоциации: Российская ассоциация геронтологов и гериатров. Старческая астения: клинические рекомендации / Российская ассоциация геронтологов и гериатров. – Москва, 2018.
10. **Лишневская, В. Ю.** Стратегия ведения больных старших возрастов с фибрилляцией предсердий / В. Ю. Лишневская // Новости медицины и фармации. Кардиология. – 2009. – № 305.
11. **Люсов, В. А.** Аритмии сердца: терапевтические и хирургические аспекты / В. А. Люсов, Е. В. Колпаков. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 142–157.
12. Фибрилляция и трепетание предсердий: клинические рекомендации МЗ РФ (утв. в 2017 г.)

References

1. Kotovskaya Yu. V., Tkacheva O. N., Runikhina N. K., Ostapenko V. S. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular therapy and prophylaxis]. 2017, vol. 16, no. 3, pp. 87–96.
2. Lazebnik L. B., Vertkin A. L., Konev Yu. V. *Natsional'noe rukovodstvo* [National guidelines]. Moscow: Eksmo, 2014, 320 p.
3. Benetos A., Bulpitt C. J., Petrovic M. et al. *Hypertension*. 2016, vol. 65 (5), pp. 820–825.
4. Zão A., Magalhães S., Santos M. *Portuguese journal of cardiology: an official journal of the Portuguese Society of Cardiology*. 2019, vol. 38, iss. 2, pp. 143–158.
5. D'yachkov V. A., Rubanenko A. O., Shchukin Yu. V. *Kardiologiya* [Cardiology]. 2018, vol. 6, no. 2 (17), pp. 38–47.
6. Miller O. N., Belyakov F. I. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* [Russian cardiological journal]. 2013, no. 4, pp. 94–95.
7. Itkin D. A., Moiseeva Yu. N., Libov I. A. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal* [Russian cardiological journal]. 2015, no. 2, pp. 115–121.
8. Ushkalova E. A., Zyryanov S. K., Dumchenko E. V. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii* [Rational pharmacology in cardiology]. 2017, no. 13 (2), pp. 275–284.
9. *Professional'nye assotsiatsii: Rossiyskaya assotsiatsiya gerontologov i geriatrov. Starcheskaya asteniya: klinicheskie rekomendatsii* [Professional associations: the Russian Association of Gerontologists and Geriatricians. Senile asthenia: clinical guidelines]. Moscow, 2018.
10. Lishnevskaya V. Yu. *Novosti meditsiny i farmatsii. Kardiologiya* [Bulletin of medicine and pharmacy. Cardiology]. 2009, no. 305.
11. Lyusov V. A., Kolpakov E. V. *Aritmii serdtsa: terapevticheskie i khirurgicheskie aspekty* [Cardiac arrhythmias: therapeutic and surgical aspects]. Moscow: GEOTAR-Media, 2009, pp. 142–157.
12. *Fibrillyatsiya i trepetanie predserdiy: klinicheskie rekomendatsii MZ RF (utv. v 2017 g.)* [Atrial fibrillation and flutter: clinical guidelines of the Russian Ministry of Healthcare (approved in 2017)].

Бурмистрова Лариса Федоровна
кандидат медицинских наук, доцент,
кафедра внутренних болезней,
Медицинский институт, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: lamax-69@mail.ru

Рахматуллов Фагим Касымович
доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой внутренних
болезней, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: pgu-vb2004@mail.ru

Шейна Алина Евгеньевна
ассистент, кафедра внутренних болезней,
Медицинский институт, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: alina_silukova@mail.ru@mail.ru

Шорина Анна Юрьевна
студентка, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: pgu-vb2004@mail.ru

Бурмистров Максим Евгеньевич
студент, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: pgu-vb2004@mail.ru

Burmistrova Larisa Fedorovna
Candidate of medical sciences, associate
professor, sub-department of internal
diseases, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Rakhmatullov Fagim Kasymovich
Doctor of medical sciences, professor,
head of the sub-department of internal
diseases, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Sheina Alina Evgen'evna
Assistant, sub-department of internal
diseases, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Shorina Anna Yur'evna
Student, Medical Institute,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Burmistrov Maksim Evgen'evich
Student, Medical Institute,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Стратегия выбора антитромботического препарата у пациентов с фибрилляцией предсердий и синдромом старческой астении / Л. Ф. Бурмистрова, Ф. К. Рахматуллов, А. Е. Шейна, А. Ю. Шорина, М. Е. Бурмистров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 5–16. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-1.

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ

УДК 617-089.844

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-2

С. В. Баранов, А. Б. Зайцев

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕКОНСТРУКТИВНОЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ БОЛЬНЫХ ОСТЕОМИЕЛИТОМ ДИСТАЛЬНЫХ ОТДЕЛОВ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Аннотация.

Проблема лечения хронического остеомиелита до настоящего времени остается актуальной. Лечение этого заболевания представляет не только медицинскую, но и социальную проблему, поскольку более 65 % больных составляют лица трудоспособного возраста. Несмотря на достаточное количество предложенных современных методов оперативного лечения, многие хирурги продолжают использовать малоэффективные операции – рассечение без иссечения, секвестрэктомия без обработки полости, тампонаду ран после санации очага. Остаются нерешенными технические вопросы санирующих пособий и вариантов реконструкции костно-мягкотканых дефектов.

Ключевые слова: остеомиелит, стопа, голень, хирургическое лечение, раневой процесс.

S. V. Baranov, A. B. Zaytsev

A MODERN VIEW ON RECONSTRUCTIVE SURGICAL TREATMENT OF OSTEOMYELITIS OF DISTAL ENDS OF INFERIOR LIMBS (LITERATURE REVIEW)

Abstract.

The problem of treating chronic osteomyelitis remains urgent to date. The treatment of this disease is not only a medical but also a social problem, since more than 65 % of patients are of working age. Despite a sufficient number of modern methods of surgical treatment proposed, many surgeons continue to use ineffective operations – dissection without excision, sequestrectomy without cavity treatment, wound tampanade after focal sanitization. Technical issues of sanitizing manuals and options for the reconstruction of bone and soft tissue defects remain unresolved.

Keywords: osteomyelitis, foot, shin, surgical treatment, wound process.

© Баранов С. В., Зайцев А. Б., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Хронический остеомиелит составляет 6 % среди патологий опорно-двигательного аппарата [1]. По локализации поражение нижних конечностей занимает первое место, достигая 60 %, из них остеомиелит голени – 73 %, а на долю стопы приходится около 20 % [2, 3]. Остеомиелит – экономически и социально значимое заболевание, так как более 65 % больных – люди трудоспособного возраста. Высокая частота рецидивов (20–30 %), обусловленная неполноценными saniрующими пособиями, приводит к инвалидизации до 72 % [4–7].

При наличии достаточного количества исследований, посвященных патогенетическому лечению больных остеомиелитом, большинство практикующих хирургов до сих пор применяют «рутинные» операции, объединенные в общие понятия «хирургическая санация очага остеомиелита», по сути дела заключающиеся в рассечении гнойника (и/или свищевого хода), туалета гнойной костно-мягкотканой раны, тампонаде [2–5]. Зачастую врачи пренебрегают элементарной иммобилизацией сегмента, объясняя это «отсутствием перелома кости». Закономерным результатом такой тактики являются хронизация и усугубление гнойного процесса в кости, формирование остеомиелитических (трофических) язв, генерализация процесса (сепсис) или развитие амилоидоза. Современный патогенетический подход комплексного лечения больных хроническим остеомиелитом исходит из целесообразности первоначального купирования нагноения с обязательной одномоментной реконструкцией ради достижения главной цели – восстановления опорной функции нижней конечности [1, 4, 5, 8].

Дистальные сегменты имеют свои функции. Стопа человека – сложный анатомо-функциональный орган, который способствует смягчению ударных нагрузок на вышележащие суставы до 70 % за счет амортизирующего эффекта и обеспечивает устойчивость и опороспособность при статической и динамической активности [4, 8, 9]. Продолжительность безболезненной ходьбы, увеличение скорости передвижения зависят от ежедневных тренировок стопы, которые приводят к стабильности показателей ее биомеханики: продолжительности колебания, частоты и длины шага [10]. Анатомия стопы в период жизни способна изменяться путем приспособления к выполняемой нагрузке [11]. Голень имеет особенности анатомии, важные для хирургов: недостаточное периферическое кровоснабжение, слабовыраженное укрытие мягкими тканями костного остова, особенно в нижней трети.

Травмы стопы приводят к функциональным изменениям в опоре конечности за счет перераспределения нагрузки с поврежденного на неповрежденный сегмент, тем самым разрушая его, и вызывают статико-динамические деформации сводов стопы с образованием трофических изменений костно-мягкотканой структуры [12–15]. Присоединение инфекции происходит при создании порочного круга, связанного с нарушением иммунного ответа, вазо- и нейротрофических составляющих, которые в совокупности повышают травматичность и приводят к образованию хронического остеомиелита [16–18].

Хронический остеомиелит – это длительно незаживающая, находящаяся во всех фазах раневого процесса одномоментно костно-мягкотканая рана, которая характеризуется наличием секвестров и полостей, содержащих пиогенную капсулу, и проявляется свищевыми ходами и/или нейротрофическими язвами [19, 20]. Анализ многочисленных работ, посвященных микробиологи-

ческим исследованиям, показал, что при хроническом воспалительном заболевании костно-мягкотканого аппарата дистальных отделов нижних конечностей чаще всего преобладает патогенный вид микроорганизма – *Staphylococcus Aureus* (65 %), который в 35 % случаев является полирезистентным [18, 21]. Встречаются и другие этиологические агенты, такие как *Enterococcus faecalis* (6,4 %), *Pseudomonas aeruginosa* (5,9 %), *Acinetobacter spp.* (5,1 %) и представители семейства энтеробактерий (4,1 %) [22, 23]. В то же время на фоне нарушения трофики сегмента ассоциация микроорганизмов встречается в большинстве случаев (30,5 %), что отягощает дальнейшее лечение [24, 25]. Следствием хронического остеомиелита являются функциональные, анатомические нарушения, которые приводят к психическим и неврологическим нарушениям [26, 27].

Для разрыва порочного круга необходимо комплексное многокомпонентное лечение. Советскими хирургами создано учение об активной хирургической тактике, которая включает вторичную обработку гнойной раны с закрытием ее при помощи первичных или вторичных швов, ранние реконструктивные операции, активное послеоперационное дренирование, иммобилизацию и антибиотикотерапию [20, 28–31].

Дооперационная консервативная терапия остеомиелита направлена на подготовку кожного покрова при часто встречающихся дерматитах (экземе), а также подбор антибактериальных препаратов и/или бактериофагов согласно чувствительности микроорганизмов и остеотропности [32, 33]. На это отводится минимальное время [34]. Более длительное консервативное лечение может иметь место в случаях, когда риск оперативного пособия превышает риск развития системных осложнений [35].

Важнейший этап комплексного лечения – санация: хирургическая «стерилизация» раны, а именно иссечение, удаление металлоконструкций, некротизированных тканей, секвестров и патологических грануляций, обработка остеомиелитических полостей с удалением пиогенной капсулы, вскрытие и дренирование затеков [20, 36]. Остеонекрсеквестрэктомию и механическое воздействие на костную ткань до появления симптома «кровяной росы» указывают на полноценную санацию и тем самым снижают в послеоперационном периоде потребность в антибактериальных препаратах в несколько раз [32]. Результатом хирургической обработки является формирование остаточной послеоперационной полости, которая характеризуется некоторыми особенностями течения раневого процесса. Костно-мягкотканая полость – хроническая гнойно-некротическая рана, не склонная к заживлению, с неспадающими краями, которые представлены измененной и воспаленной костью, перерожденными окружающими мягкими тканями. Такие полости зачастую являются самостоятельным источником формирования свищей, а также остеомиелитических (трофических) язв. Дистрофия костной ткани, грубые рубцовые изменения мягких тканей, трофические нарушения кожного покрова, хронические гнойные инфекции являются неблагоприятной составляющей комплексного лечения [20, 28–31]. Эти особенности диктуют необходимость следующего этапа – реконструктивно-восстановительного лечения. Замещение костно-мягкотканых дефектов с использованием различных материалов и методов ставит целью восстановление функций нижней конечности путем создания анатомической целостности пораженных сегментов [4, 20, 37].

Для ликвидации дефекта костного остова имеется множество методов реконструкции, наибольшее применение из которых получили свободная аутоостеопластика, пластика мышечным лоскутом на питающей ножке, введение современных биodeградируемых препаратов на основе коллагена и комплексных соединений с металлом, а также компрессионно-дистракционный метод [20, 38–40].

На сегодня свободная пластика аутокостью нашла наибольшее применение [41, 42]: «Устройство для забора остеоаутооттрансплантата из крыла подвздошной кости» (Патент РФ № 2712086 от 21.01.2020) позволяет сформировать остеоаутооттрансплантат, минимально травмируя мягкие и костные ткани, обеспечивая сохранение репаративных свойств.

При планировании оперативного вмешательства пластикой тканями на питающей ножке необходимо оценивать топографо-анатомические особенности сегментов [43]. Мышечный лоскут на питательной ножке обладает дренирующей функцией, что способствует остеолизу измененных и некротизированных поверхностных слоев кости. Плюсом метода является наличие постоянного кровоснабжения, а недостатком – невозможность перерождения пересаженной мышечной ткани в костную, формирование фиброзной ткани, которая препятствует регенеративной способности костной ткани [44].

Биопломбы – различные органические и неорганические вещества, при помощи которых осуществляется замещение полости. Пломбы не перестраиваются в костную ткань из-за отсутствия сосудистой связи со стенкой остаточной полости [20]. В качестве пластического материала преимущество отдается препаратам ксено- и аллогенного происхождения, обладающим остеоиндуктивными и остеокондуктивными свойствами. Близкими по составу к свойствам костной ткани являются препараты на основе гидроксиапатита и коллагена [39, 40]. Создание костно-металлических пломб, в основе которых лежит пористый NiTi, достигается с использованием компьютерного планирования и современных 3D-технологий. Этот высокотехнологичный материал позволяет смоделировать и восстановить утраченный фрагмент костной ткани с созданием максимального контакта между трансплантатом и тканью [45].

Для осуществления органосохраняющего лечения, предупреждения развития гнойных осложнений при тяжелых открытых переломах с целью восстановления опорной и двигательной функций конечности используют методики монолокального и биллокального остеосинтеза [20]. Внеочаговый чрескостный остеосинтез при лечении полостных форм остеомиелита трубчатых костей направлен на радикальное устранение объемных дефектов кости с обеспечением стабильности и созданием вспомогательной опорности конечности. При наложении аппарата внешней фиксации в условиях костно-мягкотканой раны необходимо обеспечивать стабильность сегмента парами перекрещивающихся спиц с наложением опорных блоков: одного проксимальнее и другого дистальнее остеомиелитического поражения. За счет компрессии и дистракции в аппарате происходит замещение дефекта, при этом стабильность костных отломков улучшает костно-регенераторные способности и создает дополнительный противовоспалительный эффект [46].

На этапе реконструктивного лечения, помимо устранения дефекта костного остова, необходимо восстановление целостности мягкотканой основы и защитных свойств сегментов, что достигается использованием окружа-

ющих ресурсов кожного покрова, свободной пересадки кожи, а также технически сложными способами – пересадкой лоскутов на ножке, взятых в отдалении от раны [11, 20, 38, 47]. Обеспечение герметичности послеоперационной костно-мягкотканой раны не всегда возможно, так как имеется дефицит мягких тканей и снижена эластичность кожи, поэтому целесообразно использование кожных трансплантатов на микрососудистых анастомозах [28]. Наибольшую сложность в лечении вызывает наличие рубцово-трофических изменений, что требует комбинации различных методов с применением пластов кожи с подкожно-жировой клетчаткой, пластикой кожно-мышечными лоскутами.

При невозможности устранения мягкотканого дефекта применяется местное лечение и/или повязочный метод для восстановления стадийности раневого процесса [20, 40, 48]. Цель местного лечения – воздействие физических и физико-химических факторов, направленное на создание грануляций в анатомических структурах с плохим кровоснабжением и санацию кожного покрова [48, 49]. Ведение раны под повязкой с учетом фазы раневого процесса представляет сложность в подборе средств: от традиционных повязок с антисептическими растворами до современных высокотехнологичных препаратов [49, 50]. Продолжаются поиски универсального средства, обладающего широким бактерицидным и трофическим эффектом. На данный момент таким средством является медицинский озон в различной концентрации (трофической (1,5–2,5) и бактерицидной (5–7 мг/л)). Такое комплексное местное ведение ран весьма эффективно в качестве логического продолжения хирургического пособия. Но может использоваться изолированно для подготовки к вторичному закрытию дефектов мягких тканей.

Заключение

Комплексный многокомпонентный подход к реконструктивно-восстановительному лечению больных хроническим остеомиелитом направлен на восстановление функций пораженных дистальных сегментов конечности, что обеспечивает нормальное передвижение больного и его социально-трудовую деятельность.

Обязательным условием патогенетического лечения хронического остеомиелита является одномоментное либо этапное сочетание санации, включающей хирургическую обработку, с осуществлением первичных реконструктивных операций, направленных на замещение образовавшихся полостей и мягкотканых дефектов различными способами пластики, обязательной иммобилизацией и обеспечением дренажного оттока раневого отделяемого.

Высокая частота рецидивов хронического остеомиелита, отсутствие единого патогенетического подхода к лечению костно-мягкотканых дефектов в широкой хирургической практике являются предметом дальнейших научных исследований.

Библиографический список

1. **Микулич, Е. В.** Современные принципы лечения хронического остеомиелита / Е. В. Микулич // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 2. – С. 180–184.

2. **Тихилов, Р. М.** Несвободная пластика осевыми мышечными лоскутами при остеомиелите стопы / Р. М. Тихилов, А. Ю. Кочиш, М. Н. Филимонова, И. В. Козлов // Травматология и ортопедия. – 2009. – Т. 52, № 2. – С. 136–143.
3. **Гребенникова, Т. А.** Трабекулярный костный индекс для диагностики остеопороза при сахарном диабете 2-го типа: клинический случай / Т. А. Гребенникова, Ж. Е. Белая // Мир фармации и медицины. – 2018. – № 35 (726). – С. 16–17.
4. **Губочкин, Н. Г.** Хирургическое лечение посттравматического остеомиелита, осложнившего перелом кости / Н. Г. Губочкин, В. М. Гайдуков, А. М. Коновалов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2015. – № 3. – С. 56–61.
5. Хронический остеомиелит и его иммунокоррекция индуктором интерферона бактериальным жидким / С. С. Альходжаев, Б. А. Жанкин, А. К. Килыбаев, М. О. Жумагулов, А. Е. Смагулов, Д. К. Нурлыбеков // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2017. – № 3-2. – С. 193–196.
6. **Raspovic, K. M.** Self-reported quality of life and diabetic foot infections / K. M. Raspovic, D. K. Wukich // J Foot Ankle Surg. – 2014. – Vol. 53. – P. 716–719.
7. **Gherman, D.** Histopathological changes in major amputations due to diabetic foot – a review / D. Gherman, C. I. Dumitrescu, A. Ciocan, C. S. Melincovici // Send to Rom J Morphol Embryol. – 2018. – Vol. 59 (3). – P. 699–702.
8. **Bastias, G. F.** Spring Ligament Instability / G. F. Bastias, M. Dalmau-Pastor, C. Astudillo, M. J. Pellegrini // Foot Ankle Clin. – 2018. – Vol. 23 (4). – P. 659–678.
9. **Resende, R. A.** Effects of foot pronation on the lower limb sagittal plane biomechanics during gait / R. A. Resende, L. S. P. Pinheiro, J. M. Ocarino // Gait Posture. – 2018. – Vol. 23 (68). – P. 130–135.
10. Reproducibility of the Evolution of Stride Biomechanics During Exhaustive Runs / G. Martens, D. Deflandre, C. Schwartz, N. Dardenne, T. Bury // J Hum Kinet. – 2018. – Vol. 15 (64). – P. 57–69.
11. **Ежов, М. Ю.** Стопа. Дегенеративно-дистрофические заболевания стопы и голеностопного сустава / М. Ю. Ежов. – Нижний Новгород, 2011. – 336 с.
12. **Бобров, Д. С.** Причины болевого синдрома у пациентов с приобретенным плоскостопием / Д. С. Бобров, А. Д. Ченский, Л. Ю. Слияков, Л. А. Якимов // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2015. – № 2 (14). – С. 8–11.
13. **Корышков, Н. А.** Тактика лечения эквиноэкскаваторварусной деформации стоп у взрослых / Н. А. Корышков, А. Н. Левин, В. И. Кузьмин // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2016. – № 4 (20). – С. 37–43.
14. Комплексное хирургическое лечение как метод коррекции многокомпонентной деформации стопы на фоне посттравматических деформаций пяточной кости / В. Т. Зейналов, А. С. Самков, А. А. Карданов, А. Н. Левин, К. В. Шкуро, Н. С. Гаврилова // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2017. – № 4 (30). – С. 17–26.
15. Radiological Morphology of Peritalar Instability in Varus and Valgus Tilted Ankles / T. L. Nosewicz, M. Knupp, L. Bolliger, H. B. Henninger, A. Barg, B. Hintermann // Foot & Ankle International. – 2014. – Vol. 35 (5). – P. 453–462.
16. Contribution of infection and peripheral artery disease to severity of diabetic foot ulcers in Chinese patients / D. Hao, C. Hu, T. Zhang, G. Feng, J. Chai, T. Li // Int J Clin Pract. – 2014. – Vol. 68. – P. 1161–1164.
17. **Привольнев, В. В.** Рекомендации по диагностике и лечению остеомиелита при синдроме диабетической стопы (обзор) / В. В. Привольнев, В. С. Забросаев, Н. В. Даниленков // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2014. – Т. 13, № 3. – С. 56–60.
18. **Розов, Л. В.** Мониторинг выделения стафилококков у больных, поступивших на лечение со свищевой формой хронического остеомиелита длинных трубчатых

- костей / Л. В. Розова, Н. В. Годовых, Н. А. Богданова // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 6 – С. 56–60.
19. **Гринев, М. В.** Остеомиелит / М. В. Гринев. – Ленинград : Медицина, 1977. – 152 с.
 20. **Зайцев, А. Б.** Реконструктивно-восстановительное лечение больных остеомиелитом голени : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.22 / Зайцев А. Б. – Нижний Новгород, 2009. – 31 с.
 21. Значение микробиологического мониторинга и определения молекулярно-генетических характеристик госпитальной микрофлоры в отделении гнойной остеологии / В. Н. Митрофанов, Н. А. Гординская, Е. В. Сабирова, Н. В. Абрамова, Г. Н. Карасева // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. – 2016. – Т. 24, № 3. – С. 44–52.
 22. **Божкова, С. А.** Ортопедическая имплантат-ассоциированная инфекция: ведущие возбудители, локальная резистентность и рекомендации к антибактериальной терапии / С. А. Божкова, Р. М. Тихилов, М. В. Краснова, А. Н. Рукина // Травматология и ортопедия России. – 2013. – № 4 (70). – С. 5–15.
 23. **Brady, R. A.** Infections of orthopaedic implants and devices / R. A. Brady, J. H. Calhoun, J. G. Leid, M. E. Shirliff // Biofilms and devicerelated infections / M. E. Shirliff and J. G. Leid (eds.). – NY : Springer, 2009. – P. 15–56.
 24. **Леонова, С. Н.** Бактериологическое исследование раневого отделяемого у пациентов с локальной и распространенной формой хронического остеомиелита / С. Н. Леонова, А. В. Рехов, А. Л. Камека // Бюллетень Восточно-Сибирского научно-го центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2016. – Т. 1, № 4 (110). – С. 91–94.
 25. A retrospective study of outcomes of device-associated osteomyelitis treated with daptomycin / E. D. Hermsen, L. Mendez-Vigo, V. Chung, M. Yoon, K. C. Lamp, E.F. Verbari // BMC Infectious Diseases. – 2016. – Vol. 16. – № 1. – P. 310–318.
 26. Современные аспекты диагностики и лечения остеомиелита. Обзор литературы / В. В. Новомлинский, Н. А. Малкина, А. А. Андреев, А. А. Глухов, Е. В. Микулич // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – С. 122 (17).
 27. **Маркосян, С. А.** Особенности диагностики и лечения детей с реактивным артритом и хроническим остеомиелитом / С. А. Маркосян, О. В. Гальчина // Инфекционно-воспалительные заболевания как междисциплинарная проблема. – Саранск, 2017. – С. 144–149.
 28. **Парин, Б. В.** Кожная пластика при травматических повреждениях / Б. В. Парин. – Москва : Медгиз, 1943. – 44 с.
 29. **Гирголав, С. С.** Огнестрельные раны / С. С. Гирголав // Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. – Москва, 1951. – Т. 1. – С. 15–60.
 30. **Арьев, Т. Я.** Хронический огнестрельный остеомиелит / Т. Я. Арьев // Опыт советской медицины в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. – Москва, 1951. – Т. 2. – С. 391–488.
 31. Minimally invasive percutaneous osteosynthesis versus ORIF for Sanders type II and III calcaneal fractures: a prospective randomized intervention trial / C. Jin, D. Weng, W. Yang, W. He, W. Liang, Y. Qian // Journal of orthopaedic surgery and research. – 2017. – № 1. – P. 10–19.
 32. Fish Randolph Resolving Digital Staphylococcal Osteomyelitis Using Bacteriophage – A Case Report / Randolph Fish, Elizabeth Kutter, Daniel Bryan, Gordon Wheat and Sarah Kuhl // Antibiotics. – 2018. – Vol. 7 (4). – P. 87.
 33. Correlation between Empirical Antibiotic Therapy and Bone Culture Results in Patients with Osteomyelitis / A. Tardáguila-García, J. L. Lázaro-Martínez, I. Sanz-Corbalán,

- Y. García-Álvarez, F. J. Álvaro-Afonso, E. García-Morales // *Adv Skin Wound Care*. – 2018. – Vol. 30. – P. 41–44.
34. **Wukich, D. K.** Brooks MM: Severity of diabetic foot infection and rate of limb salvage / D. K. Wukich, K. B. Hobizal // *Foot Ankle Int*. – 2013. – Vol. 34. – P. 351–358.
35. **Skikevich, M. G.** Toxic osteomyelitis of the jaw bones against the backgrounds of chronic intoxication / M. G. Skikevich, D. S. Avetkov. – 2013. – Vol. 9. – № 1 (36). – P. 194–196.
36. Treatment of osteomyelitis with teicoplanin-encapsulated biodegradable thermosensitive hydrogel nanoparticles / K. V. Peng, W. H. Hsu, R. W. Hsu, C. F. Chen, I. M. Chu, Y. M. Li, P. Chang // *Biomaterials*. – 2010. – Vol. 31. – № 19. – P. 5227–5236.
37. Treatment of rigid congenital clubfoot with Ilizarov technique in older children / H. Liu, M. Li, X. Liu, C. Luo, Y. Cao, C. Liu, X. Qu // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. – 2018. – Vol. 32 (10). – P. 1267–1270.
38. **Трушин, П. В.** Новые подходы в пластике секвестральных полостей при хроническом остеомиелите / П. В. Трушин, С. Г. Штофин // *Вятский медицинский вестник*. – 2019. – № 4 (64). – С. 22–25.
39. In vivo biocompatibility of new nano-calcium-deficient hydroxyapatite-poly-amino acid complex biomaterials / Z. Dai, Y. Li, W. Lu, D. Jiang, H. Li, Y. Yan, G. Lv, A. Yang // *International Journal of Nanomedicine*. – 2015. – № 10. – P. 6303–6316.
40. Bone Grafting: Sourcing, Timing, Strategies, and Alternatives / K. A. Egol, A. Nauth, M. Lee, H. C. Pape, J. T. Watson, J. Jr. Borrelli // *J Orthop Trauma*. – 2015. – Vol. 29, Suppl 12. – P. 10–14.
41. **Цыбуль, Е. С.** Возможности реконструктивной микрохирургии при лечении поверхностных форм остеомиелита пяточной кости / Е. С. Цыбуль, Л. А. Родоманова // *Травматология и ортопедия*. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 7–14.
42. Full-Length Finger Reconstruction for Proximal Amputation With Expanded Wrap-around Great Toe Flap and Vascularized Second Toe Joint / W. Sun, C. Chen, Z. Wang, S. Qiu, L. Zhang, Z. Ding, S. Zhong // *Ann Plast Surg*. – 2016. – Vol. 77 (5). – P. 539–546.
43. Лечение ятрогенного электроожога голени и его осложнений итальянским методом кожной пластики: клиническое наблюдение / В. С. Безоян, К. А. Филимонов, Ю. А. Дорожко, В. И. Кириллов // *Травматология и ортопедия России*. – 2015. – № 2. – С. 83–89.
44. Результаты применения разных видов замещения костных полостей при хирургическом лечении больных хроническим остеомиелитом / С. А. Линник, А. Н. Ткаченко, Р. В. Марковиченко, Е. С. Хачатрян, Ю. Н. Савушкин, А. В. Жарков // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 7. – С. 100–105.
45. **Likhterov, I.** Contemporary osseous reconstruction of the mandible and the maxilla / I. Likhterov, A. M. Roche, M. L. Urken // *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. – 2019. – Vol. 31 (1). – P. 101–116
46. **Клюшин, Н. М.** Новые технологии лечения больных хроническим остеомиелитом – итог сорокалетнего опыта применения метода чрескостного остеосинтеза / Н. М. Клюшин, А. М. Аранович, В. И. Шляхов, А. В. Злобин // *Гений ортопедии*. – 2011. – № 1 – С. 27–33.
47. **Eser, C.** An alternative method to free flap for distal leg and foot defects due to electrical burn injury: distally based cross-leg sural flap / C. Eser, E. Kesiktaş, E. Gencel // *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. – 2016. – Vol. 22. – P. 46–51.
48. **Кривошеков, Е. П.** Послеоперационное лечение гнойных осложнений ишемической формы диабетической стопы / Е. П. Кривошеков, Е. Б. Ельшин, Н. Ф. Ганжа, В. Е. Романов // *Современная медицина*. – 2018. – № 2 (10). – С. 162–164.

49. Использование атравматической гидрогелевой липидной повязки в сочетании с вакуумной терапией у пациентов с нейроишемическими инфицированными формами синдрома диабетической стопы / Д. В. Селиверстов, И. В. Кондрусь, Д. А. Хубезов, В. П. Сажин, В. А. Юдин, Л. А. Новиков, И. Д. Савкин // Современная медицина. – 2018. – № 2 (10). – С. 145–150.
50. EWMA document: Antimicrobials and nonhealing wounds. Evidence, controversies and suggestions / F. Gottrup, J. Apelqvist, T. Bjansholt et al. // J Wound Care. – 2013. – Vol. 22(5 Suppl). – P. 1–89.

References

- Mikulich E. V. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Bulletin of new medical technologies]. 2012, vol. XIX, no. 2, pp. 180–184. [In Russian]
- Tikhilov R. M., Kochish A. Yu., Filimonova M. N., Kozlov I. V. *Travmatologiya i ortopediya* [Traumatology and orthopedics]. 2009, vol. 52, no. 2, pp. 136–143. [In Russian]
- Grebennikova T. A., Belaya Zh. E. *Mir farmatsii i meditsiny* [The world of pharmacy and medicine]. 2018, no. 35 (726), pp. 16–17. [In Russian]
- Gubochkin N. G., Gaydukov V. M., Kononov A. M. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Bio-medical and sociopsychological issues of safety at emergency situations]. 2015, no. 3, pp. 56–61. [In Russian]
- Al'khodzhaev S. S., Zhankin B. A., Kilybaev A. K., Zhumagulov M. O., Smagulov A. E., Nurlybekov D. K. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta*. [Bulletin of Kazan National Medical University] 2017, no. 3-2, pp. 193–196. [In Russian]
- Rasovic K. M., Wukich D. K. *J Foot Ankle Surg.* 2014, vol. 53, pp. 716–719.
- Gherman D., Dumitrescu C. I., Ciocan A., Melincovici C. S. *Send to Rom J Morphol Embryol.* 2018, vol. 59 (3), pp. 699–702.
- Bastias G. F., Dalmau-Pastor M., Astudillo C., Pellegrini M. J. *Foot Ankle Clin.* 2018, vol. 23 (4), pp. 659–678.
- Resende R. A., Pinheiro L. S. P., Ocarino J. M. *Gait Posture.* 2018, vol. 23 (68), pp. 130–135.
- Martens G., Deflandre D., Schwartz C., Dardenne N., Bury T. *J Hum Kinet.* 2018, vol. 15 (64), pp. 57–69.
- Ezhov M. Yu. *Stopa. Degenerativno-distroficheskie zabolevaniya stopy i golenostopnogo sustava* [The foot. Degenerative distrophic diseases of the foot and ankle joint]. Nizhny Novgorod, 2011, 336 p. [In Russian]
- Bobrov D. S., Chenskiy A. D., Slinyakov L. Yu., Yakimov L. A. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Sub-department of traumatology and orthopedics]. 2015, no. 2 (14), pp. 8–11. [In Russian]
- Koryshkov N. A., Levin A. N., Kuz'min V. I. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Sub-department of traumatology and orthopedics]. 2016, no. 4 (20), pp. 37–43. [In Russian]
- Zeynalov V. T., Samkov A. S., Kardanov A. A., Levin A. N., Shkuro K. V., Gavrilova N. S. *Kafedra travmatologii i ortopedii* [Sub-department of traumatology and orthopedics]. 2017, no. 4 (30), pp. 17–26. [In Russian]
- Nosewicz T. L., Knupp M., Bolliger L., Henninger H. B., Barg A., Hintermann B. *Foot & Ankle International.* 2014, vol. 35 (5), pp. 453–462.
- Hao D., Hu C., Zhang T., Feng G., Chai J., Li T. *Int J Clin Pract.* 2014, vol. 68, pp. 1161–1164.
- Privol'nev V. V., Zabrosaev V. S., Danilenkov N. V. *Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoy meditsinskoy akademii* [Bulletin of Smolensk State Medical Academy]. 2014, vol. 13, no. 3, pp. 56–60. [In Russian]

18. Rozov L. V., Godovykh N. V., Bogdanova N. A. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Progress of modern natural sciences]. 2015, no. 6, pp. 56–60. [In Russian]
19. Grinev M. V. *Osteomielit* [Osteomyelitis]. Leningrad: Meditsina, 1977, 152 p. [In Russian]
20. Zaytsev A. B. *Rekonstruktivno-vosstanovitel'noe lechenie bol'nykh osteomielitom goleni: avtoref. dis. d-ra med. nauk: 14.00.22* [Reconstructive treatment and rehabilitation of patients with ankle osteomyelitis: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of medical sciences]. Nizhny Novgorod, 2009, 31 p. [In Russian]
21. Mitrofanov V. N., Gordinskaya N. A., Sabirova E. V., Abramova N. V., Karaseva G. N. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik imeni akademika I. P. Pavlova* [Russian biomedical bulletin named after academician I.P. Pavlov]. 2016, vol. 24, no. 3, pp. 44–52. [In Russian]
22. Bozhkova S. A., Tikhilov R. M., Krasnova M. V., Rukina A. N. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2013, no. 4 (70), pp. 5–15.
23. Brady R. A., Calhoun J. H., Leid J. G., Shirliff M. E. *Biofilms and devicerelated infections*. New York: Springer, 2009, pp. 15–56.
24. Leonova S. N., Rekhov A. V., Kameka A. L. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of Western Siberia scientific center of the Siberian branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2016, vol. 1, no. 4 (110), pp. 91–94. [In Russian]
25. Hermsen E. D., Mendez-Vigo L., Chung V., Yoon M., Lamp K. C., Berbari E. F. *BMC Infectious Diseases*. 2016, vol. 16, no. 1, pp. 310–318.
26. Novomlinskiy V. V., Malkina N. A., Andreev A. A., Glukhov A. A., Mikulich E. V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern issues of science and education]. 2016, no. 5, pp. 122 (17). [In Russian]
27. Markos'yan S. A., Gal'china O. V. *Infektsionno-vospalitel'nye zabolevaniya kak mezhdistsiplinarnaya problema* [Infectious inflammatory diseases as an interdisciplinary problem]. Saransk, 2017, pp. 144–149. [In Russian]
28. Parin B. V. *Kozhnaya plastika pri travmaticheskikh povrezhdeniyakh* [Skin grafting at traumatic injuries]. Moscow: Medgiz, 1943, 44 p. [In Russian]
29. Girgolav S. S. *Opyt sovetskoy meditsiny v Velikoy Otechestvennoy voyne 1941–1945 gg.* [The experience of the Soviet medicine during the Great Patriotic War of 1941–1945]. Moscow, 1951, vol. 1, pp. 15–60. [In Russian]
30. Ar'ev T. Ya. *Opyt sovetskoy meditsiny v Velikoy Otechestvennoy voyne 1941–1945 gg.* [The experience of the Soviet medicine during the Great Patriotic War of 1941–1945]. Moscow, 1951, vol. 2, pp. 391–488. [In Russian]
31. Jin C., Weng D., Yang W., He W., Liang W., Qian Y. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2017, no. 1, pp. 10–19.
32. Fish Randolph, Kutter Elizabeth, Bryan Daniel, Wheat Gordon and Kuhl Sarah *Antibiotics*. 2018, vol. 7 (4), p. 87.
33. Tardáguila-García A., Lázaro-Martínez J. L., Sanz-Corbalán I., García-Álvarez Y., Álvaro-Afonso F. J., García-Morales E. *Adv Skin Wound Care*. 2018, vol. 30, pp. 41–44.
34. Wukich D. K., Hobizal K. B. *Foot Ankle Int*. 2013, vol. 34, pp. 351–358.
35. Skikevich M. G., Avetkov D. S. *Toxic osteomyelitis of the jaw ones against the backgrounds of chronic intoxication*. 2013, vol. 9, no. 1 (36), pp. 194–196.
36. Peng K. V., Hsu W. H., Hsu R. W., Chen C. F., Chu I. M., Li Y. M., Chang P. *Bio-materials*. 2010, vol. 31, no. 19, pp. 5227–5236.
37. Liu H., Li M., Liu X., Luo C., Cao Y., Liu C., Qu X. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2018, vol. 32 (10), pp. 1267–1270.
38. Trushin P. V., Shtofin S. G. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik* [Vyatka medical bulletin]. 2019, no. 4 (64), pp. 22–25. [In Russian]
39. Dai Z., Li Y., Lu W., Jiang D., Li H., Yan Y., Lv G., Yang A. *International Journal of Nanomedicine*. 2015, no. 10, pp. 6303–6316.

40. Egol K. A., Nauth A., Lee M., Pape H. C., Watson J. T., Borrelli J. Jr. *J Orthop Trauma*. 2015, vol. 29, suppl 12, pp. 10–14.
41. Tsybul' E. S., Rodomanova L. A. *Travmatologiya i ortopediya* [Traumatology and orthopedics]. 2016, vol. 22, no. 2, pp. 7–14. [In Russian]
42. Sun W., Chen C., Wang Z., Qiu S., Zhang L., Ding Z., Zhong S. *Ann Plast Surg*. 2016, vol. 77 (5), pp. 539–546.
43. Bezoyan V. S., Filimonov K. A., Dorozhko Yu. A., Kirillov V. I. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics of Russia]. 2015, no. 2, pp. 83–89. [In Russian]
44. Linnik S. A., Tkachenko A. N., Markovichenko R. V., Khachatryan E. S., Savushkin Yu. N., Zharkov A. V. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic research]. 2012, no. 7, pp. 100–105. [In Russian]
45. Likhterov I., Roche A. M., Urken M. L. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2019, vol. 31 (1), pp. 101–116
46. Klyushin N. M., Aranovich A. M., Shlyakhov V. I., Zlobin A. V. *Geniy ortopedii* [The genius of orthopedics]. 2011, no. 1, pp. 27–33. [In Russian]
47. Eser C., Kesiktaş E., Gencel E. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2016, vol. 22, pp. 46–51.
48. Krivoshchekov E. P., El'shin E. B., Ganzha N. F., Romanov V. E. *Sovremennaya meditsina* [Modern medicine]. 2018, no. 2 (10), pp. 162–164. [In Russian]
49. Seliverstov D. V., Kondrus' I. V., Khubezov D. A., Sazhin V. P., Yudin V. A., Novikov L. A., Savkin I. D. *Sovremennaya meditsina* [Modern medicine]. 2018, no. 2 (10), pp. 145–150. [In Russian]
50. Gottrup F., Apelqvist J., Bjansholt T. et al. *J Wound Care*. 2013, vol. 22 (5 suppl), pp. 1–89.

Баранов Сергей Валерьевич

врач, отделение гнойной хирургии,
Городская больница № 33 Ленинского
района г. Нижнего Новгорода (Россия,
г. Нижний Новгород, пр. Ленина, 54)

E-mail: ser-bar2301@mail.ru

Baranov Sergey Valer'evich

Doctor, purulent surgery unit, Municipal
Hospital No. 33 of Leninsky District of
Nizhny Novgorod (54 Lenina avenue,
Nizhny Novgorod, Russia)

Зайцев Алексей Борисович

доктор медицинских наук,
врач травматолог-ортопед,
травматологическое отделение,
Городская больница № 33 Ленинского
района г. Нижнего Новгорода (Россия,
г. Нижний Новгород, пр. Ленина, 54)

E-mail: AB_Zaitsev@mail.ru

Zaitsev Aleksey Borisovich

Doctor of medical sciences, traumatologist-
orthopedist, traumatology unit, Municipal
Hospital No. 33 of Leninsky District of
Nizhny Novgorod (54 Lenina avenue,
Nizhny Novgorod, Russia)

Образец цитирования:

Баранов, С. В. Современный взгляд на реконструктивное хирургическое лечение больных остеомиелитом дистальных отделов нижних конечностей (обзор литературы) / С. В. Баранов, А. Б. Зайцев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 17–27. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-2.

УДК 616.711-002

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-3

Е. Я. Кочнев, И. А. Мещерягина, А. В. Бурцев, А. М. Ермаков

ПРОБЛЕМА ЛЕЧЕНИЯ ИМПЛАНТ-АССОЦИИРОВАННОЙ ИНФЕКЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Аннотация.

Проведенный анализ литературных данных показал отсутствие единого подхода к пониманию гнойно-воспалительных осложнений при стабилизирующих оперативных вмешательствах на позвоночнике. Существующие методики лечения направлены на купирование инфекционного процесса. При этом правильная оценка поражения является определяющим фактором в успешном лечении. Существуют различные подходы как по тактике, так и по технологиям применения. Однако недостаточная доказательность эффективности методик лечения свидетельствует о нерешенности данной проблемы. В будущем требуется проведение систематических обзоров и метаанализа для определения потенциальных методов выбора при лечении имплант-ассоциированных гнойных осложнений позвоночника с позиции доказательной медицины. Обзор литературы проводился из баз данных РИНЦ, Scopus, Web of Science, PubMed с ретроспективой с 1991 по 2020 г.

Ключевые слова: позвоночник, инфекция, инфекция в области хирургического вмешательства, остеомиелит.

Е. Я. Кочнев, И. А. Мещерягина, А. В. Бурцев, А. М. Ермаков

PROBLEMS OF IMPLANT-ASSOCIATED SPINE INFECTION TRWATMENT (LITERATURE REVIEW)

Abstract.

The analysis of the literature data showed the lack of a unified approach to understanding the pyoinflammatory complications during stabilizing surgical interventions on the spine. Existing treatment methods are designed to stop the infection process. In this case, the correct assessment of the lesion is decisive in successful treatment. There are various approaches both in tactics and in application technologies. However, insufficient evidence of the effectiveness of the treatment methods indicates the unresolved nature of this problem. In the future, systematic reviews and meta-analyzes are required to determine potential methods of choice in the treatment of implant-associated purulent complications of the spine from the standpoint of evidence-based medicine. A review of literature was conducted from the databases of the RSCI, Scopus, Web of Science, PubMed with a retrospective from 1991 to 2020.

Keywords: spine, infection, surgical site infections, osteomyelitis.

Актуальность исследования

В настоящее время риск возникновения гнойных осложнений инструментальной хирургии позвоночника может достигать 20 % [1–3]. Лечение

© Кочнев Е. Я., Мещерягина И. А., Бурцев А. В., Ермаков А. М., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

этих пациентов зачастую требует повторного хирургического вмешательства, так как в большинстве случаев (до 65 %) наблюдаются рецидивы [4], что обуславливает необходимость повторных оперативных вмешательств [5–7], существенно удорожающих лечение. Так, согласно пятилетней статистике в США стоимость лечения этих пациентов составляет 64,356–88,353 долл., в то время как лечение пациентов без осложнений – 47,366 долл. [1]. В большинстве случаев хирургические вмешательства при гнойно-воспалительных осложнениях носят неотложный характер. В связи с чем многократно увеличивается нагрузка на систему здравоохранения, что особенно ощутимо в ситуации пандемии [8].

Цель работы – проанализировать современное состояние проблемы имплант-ассоциированной инфекции позвоночника по данным литературы.

Понятие имплант-ассоциированной инфекции позвоночника. В настоящее время нет однозначного и общепризнанного понимания относительно имплант-ассоциированной инфекции. Так, существуют терминологические разновидности для обозначения неспецифического воспалительного процесса в области оперативного вмешательства: инфекция в области хирургического вмешательства, дисцит, спондилодисцит, псоас-абсцесс, паравертебральный абсцесс, эпидуральный абсцесс, эпидурит и др. [9–11]. Об этом же свидетельствует положение данного инфекционного поражения между инфекцией в области хирургического вмешательства и остеомиелитом позвоночника в зависимости от глубины поражения [4, 12].

Исторически первой принято считать классификацию Thalgott J. S. с соавт. 1991 г. В ее основе лежит дифференцирование по стадии тяжести инфекции и иммунного ответа организма [13]. Позже появились классификации, основанные на глубине и времени возникновения инфекции. По глубине выделяют поверхностную (поражается кожа и подкожно-жировая клетчатка) и глубокую (поражаются все слои тканей, располагающиеся глубже) инфекции. Наиболее благоприятна для лечения поверхностная инфекция [3, 6]. По времени возникновения выделяют раннюю инфекцию, когда развитие гнойного процесса отмечается менее трех месяцев с момента операции. Отсроченной называют инфекцию, возникшую от 3 месяцев до 24 месяцев после операции, поздняя же возникает спустя более 24 месяцев с момента операции [7]. От времени возникновения может меняться тактика лечения [4].

Клинические проявления инфекции в области хирургического вмешательства далеко не всегда специфичны, особенно если дело касается инфекции, возникающей после полного заживления операционной раны. Однако клинически выделяют локальную болезненность, отечность, гиперемию, расхождение краев раны, гнойное отделяемое из раны, появление свищей, повышение температуры тела как общей, так и локальной [3, 9, 14].

Послеоперационно возникшую ликворею необходимо обязательно дифференцировать с гнойным процессом. Большое значение имеют изменения лабораторных показателей крови: уровня белка, глюкозы и лейкоцитарной формулы. При подозрении на наличие гнойного процесса рекомендовано микробиологическое исследование отделяемого ликвора с окрашиванием по Граму и культуральный метод исследования [10, 11, 15].

Диагностика гнойных осложнений в хирургии позвоночника является отдельной темой для обсуждения. К самым ценным инструментальным методам диагностики относятся магнитно-резонансная и компьютерная томогра-

фия и ее разновидности. Лабораторными методами, наиболее ценными для клинициста, являются: скорость оседания эритроцитов, С-реактивный белок, лейкоцитарная формула. На сегодня специфичных маркеров инфекции позвоночника не существует, проводятся исследования касательно диагностической ценности некоторых других маркеров [9, 11].

Принципы лечения. Лечение подразумевает применение нескольких направлений (или подходов, принципов), среди которых основное значение отводится: удалению пораженных гнойным процессом тканей; стабилизации при наличии признаков нестабильности, дренированию раны; антибиотикотерапии и восстановительному лечению.

Наиболее простой и дешевой является однократная процедура санации, применяемая в ранние сроки развития послеоперационных периимлантных инфекций. Благодаря чему обеспечивается удаление нежизнеспособных мягких тканей, микробиологическая идентификация патогена с последующей точно подобранной антибиотикотерапией [4, 11, 16]. Для поздних инфекций санационные мероприятия показали низкую эффективность, что связано с образованием стойких биопленок на элементах металлоконструкции [4, 10].

Удаление имплантов обеспечивает лучшие исходы в случаях, осложнившихся остеомиелитом или абсцессом. Сохранение имплантов приводит к высоким рискам повторных санационных операций, агрессивному течению с прогрессирующим разрушением кости и процентом несостоявшегося спондилодеза в 75 % случаев [17].

Замена металлоконструкции является альтернативным решением в подобной рода ситуациях. В случаях тяжелого течения (сепсис) после тщательной оценки прогностических рисков для жизни импланты оставляют [11]. Необходимость удаления фиксирующих устройств обычно является следствием неудачи санации и антибиотикотерапии. Таким образом, профиль риск/выгода в случаях ранних инфекций стоит против замены или удаления имплантов (6/13). Пациенты с имеющейся нестабильностью оперированных сегментов позвоночника, которым требуется удаление металлоконструкции, могут быть подвергнуты конверсии на новую инструментальную фиксацию после тщательного дебридмента и ирригации [4]. Данная тактика поможет удалить очаг инфекции со сформированными биопленками, предотвратить возникновение неврологических осложнений от нестабильности [3]. С межтеловыми имплантами при поздних инфекциях следует поступать аналогично. Однако при отсутствии клинико-рентгенологических признаков нестабильности, сдавления корешков и спинного мозга, а также при наличии технических сложностей удаления межтелового импланта – возможно сохранение металлоконструкции [4]. Если гнойный процесс не купируется – необходимо удаление либо конверсия после тщательной хирургической обработки на новый имплант [4, 11].

В случае удаления колонизированных микроорганизмами имплантов инфицированные ткани в межтеловом пространстве также следует подвергнуть дебридменту с последующей стабилизацией при необходимости [4, 18, 19].

Гнойные осложнения, возникшие после имплантации систем для хронической электростимуляции. Поверхностная инфекция может лечиться антибиотикотерапией и перевязками без удаления всей системы. При глубокой инфекции требуется удаление всей системы, санация и курс антибиоти-

котерапии. Локальная инфекция в области имплантированного электрода заключается в удалении электрода и использовании антибиотиков [20].

Лечение отсроченной инфекции, возникшей в период от 3 до 24 месяцев после операции на позвоночнике. Общепринятым трендом является удаление имплантов [11, 21–24]. Попытки сохранения металлоконструкции приводят к высоким рискам рецидивов инфекции [25]. Существует прогностическая шкала оценки рецидива гнойного процесса после ревизии и санации гнойного очага. Эта система подсчета баллов идентифицирует тех пациентов, которые более подвержены риску многократных санационных хирургических операций [26].

Антибиотикотерапия. Общепринятым является использование внутривенной антибиотикотерапии в послеоперационном периоде с учетом чувствительности к микрофлоре. Курс лечения составляет 4–8 недель внутривенного применения и последующего длительного перорального приема антибиотиков от 6 недель до 3 месяцев [11, 27].

Местное использование антибиотиков во время операции в рану имеет противоречивые данные о целесообразности их применения, но в целом рекомендовано [11, 28–30].

Химические и физические методы воздействия на инфекцию. Авторы AOSpineMasterSeriesVolume 10 [4] описывают использование биоактивного стекла при ревизионных санационных операциях на позвоночнике на костную ткань, подвергавшуюся микробному воздействию. Биоактивное стекло подавляет рост бактерий осмотическим и кислотнo-щелочным механизмом действия [31, 32].

Использование антисептиков с высоким бактерицидным эффектом предоставило успешную возможность для профилактики и лечения гнойных процессов, особенно во время растущего числа патогенов, устойчивых к нескольким препаратам [33, 34].

Возможно использование цементной массы с антибиотиком для создания спейсера на металлоконструкции в случае невозможности удаления имплантов. В двух найденных нами исследованиях указаны отличные результаты применения в 100 % случаев. К показаниям для данной методики также относится безуспешное применение стандартного санирующего и антибактериального лечения [35, 36]. Описан положительный результат при использовании микросфер из различных субстратов с постепенным высвобождением антибиотика [37, 38]. Разрабатываются импланты, постепенно высвобождающие антибиотик, которые возможно применять в плановой хирургии у пациентов с высоким риском появления гнойных осложнений [39].

Одним из перспективных направлений является разработка имплантов, способных подавлять возникновение инфекции: транспедикулярные винты с антибиотиком на камертоне [40]; композитные импланты с защищенным пленкой антибиотиком, закрепляемые на балке, установленной металлоконструкции [41, 42]. Это позволяет без антибиотика снижать вероятность образования биопленок на 30–50 % [43]. Использование пористых имплантов из тантала с антибиотиком обеспечивает более долгий противомикробный эффект в сравнении с костным цементом [4, 18, 19, 44, 45]. Статический эффект на образование биопленки выявлен у нитрида кремния [46].

Отдельным направлением в лечении имплант-ассоциированной инфекции позвоночника является использование аппаратов наружной транспедикулярной фиксации как метода внеочагового спондилосинтеза [47]. В случаях, когда гнойный процесс значительно повредил переднюю колонну позвонков, может потребоваться двух- или трехэтапное оперативное лечение [8, 48–50].

Использование ультразвуковой обработки раны совместно с механическим дебридментом и ирригацией растворами антисептиков позволяет лучше удалять биопленки, индуцируя локальное проникновение антибиотиков или антисептиков в мягкие ткани [51].

Технологии непрерывной ирригации проточно-промывными системами сегодня не часто описываются в литературе, хотя имеются данные о положительных результатах. Применение этой методики сопряжено с риском возникновения катетер-ассоциированной инфекции [52].

Установка дренажа улучшает заживление раны, уменьшает количество раневого отделяемого и купирует последующий бактериальный рост. Сроки, на которые оставляют дренаж при вертебральной периимплантной инфекции, составляют 5–7 дней [53]. В «чистой» же хирургии позвоночника принято оставлять дренаж не более чем на 72 ч, в противном случае крайне высок риск возникновения вторичной инфекции [2].

Использование вакуумного закрытия раны направлено на снижение скопления раневого отделяемого, создается постоянное отрицательное давление, обеспечивающее дренирование отделяемого из раны [4]. Методика показала свою высокую эффективность при лечении гнойных вертебральных послеоперационных осложнений [54, 55]. Сравнение методов проточно-промывной системы и вакуум-ассистированных повязок показало схожие результаты [56].

Современные рекомендации послеоперационного ведения гнойных ран спины нацелены на первичное закрытие в абсолютном большинстве случаев. В случаях некроза кожи и подкожной клетчатки с образованием кожного дефекта может быть использована техника закрытия раны кожными и мышечными лоскутами [4, 11, 19].

Использование гипербарической оксигенации возможно как для профилактики, так и для лечения гнойно-воспалительных послеоперационных заболеваний позвоночника, усиливающих проводимую антибактериальную терапию [57, 58]. Использование повязок с серебром не имеет доказательной базы для профилактики гнойных осложнений [19].

Заключение

На сегодня отсутствует единый подход при оценке гнойно-воспалительных осложнений при стабилизирующих оперативных вмешательствах на позвоночнике. Как следствие, нет однозначного мнения специалистов о лечении этих пациентов. Недостаточно изученная доказательная база по эффективности методик лечения свидетельствует о нерешенности данной проблемы. В будущем требуется проведение систематических обзоров и метаанализа для определения потенциальных методов выбора при лечении имплант-ассоциированных осложнений позвоночника с позиции доказательной медицины.

Статья выполнена в рамках госзадания «Оптимизация лечебного процесса у больных с ортопедотравматологической патологией, осложненной и неосложненной гнойной инфекцией, разработка новых патогенетически обоснованных (целесообразных) способов хирургического лечения, направленных на комплексное восстановление анатомо-функционального состояния конечности, общего гомеостаза и стойкое подавление гнойно-воспалительных явлений».

Библиографический список

1. Cost and Hospital Resource Utilization of Staphylococcus aureus Infection Post Elective Posterior Instrumented Spinal Fusion Surgeries in U.S. Hospitals: A Retrospective Cohort Study / Ning A. Rosenthal, Kirstin H. Heinrich, Jessica Chung, Holly Yu // SPINE. – 2018. – Vol. 44, № 9. – P. 637–646. – DOI 10.1097/BRS.0000000000002898.
2. Факторы риска развития глубокой инфекции области хирургического вмешательства после операций на позвоночнике / О. А. Смекаленков, Д. А. Пташников, С. А. Божкова, Д. А. Михайлов, С. В. Масевнин, Н. С. Заборовский, О. А. Лапаева // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 219–225. – DOI <http://dx.doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-2-219-225>.
3. **Долотин, Д. Н.** Гнойные осложнения в хирургии позвоночника с использованием металлоимплантатов: обзор литературы / Д. Н. Долотин, М. В. Михайловский, В. А. Суздалов // Хирургия позвоночника. – 2015. – Т. 12, № 2. – С. 33–39. – DOI 10.14531/ss2015.2.33-39.
4. AOSpine Masters Series / Vialle et. al. – Spinal Infections. – 2018. – Vol. 10. – P. 179.
5. Surgical site infections following instrumented stabilization of the spine / U. Dapunt, C. Burkle, F. Günther, W. Pepke, S. Hemmer, M. Akbar // TherClin Risk Manag. – 2017. – Vol. 13. – P. 1239–1245. – DOI 10.2147/TCRM.S141082.
6. **Maruo, K.** Outcome and treatment of postoperative spine surgical site infections: predictors of treatment success and failure / K. Maruo, S. H. Berven // J. OrthopSci. – 2014. – Vol. 19 (3). – P. 398–404. – DOI 10.1007/s00776-014-0545-z.
7. Deep surgical siteinfectionfollowingthoracolumbarinstrumentedspinal surgery. Tenyears of experience / B. de la Hera, F. Sanchez-Mariscal, A. Gomez-Rice, E. Ruano Soriano, I. Vázquez-Vecilla, L. Zúñiga, R. Rubio-Quevedo // Rev Esp Cir OrtopTraumatol. – 2019. – Vol. 63 (4). – P. 300–306. – DOI 10.1016/j.recot.2018.11.003.
8. **Spalteholz, M.** External transpedicular spine fixation in severe spondylodiscitis – salvage procedure / M. Spaltzenolz, R. H. Gahr // GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW. – 2013. – Vol. 29 (2). – DOI 10.3205/iprs000038.
9. **Akhaddar, A.** Atlas of Infections in Neurosurgery and Spinal Surgery / Ali Akhaddar // Springer International Publishing AG, 2017. – 339 p.
10. Инфекционные поражения позвоночника: проект национальных клинических рекомендаций / А. Ю. Мушкин, А. А. Вишнеvский, Е. О. Перецманас, А. Ю. Базаров, И. В. Басанкин // Хирургия позвоночника. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 63–76. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.4.63-76>.
11. Материалы Второй международной согласительной конференции по скелетно-мышечной инфекции : пер. с англ. / под общ. ред. Р. М. Тихилова, С. А. Божковой, И. И. Шубянка – Санкт-Петербург : РНИИТО им. Вредена, 2019. – 314 с.
12. Management of spinal infection: a review of the literature/ Sara Lener, Sebastian Hartmann, Giuseppe M. V. Barbagallo, Francesco Certo, Claudius Thomé, AnjaTschugg. – ActaNeurochirurgica. – 2018. – Vol. 160, iss. 3. – P. 487–496. – DOI 10.1007/s00701-018-3467-2.
13. Postoperative infections in spinal implants. Classification and analysis—a multicenter study / J. S. Thalgot, H. B. Cotler, R. C. Sasso, H. LaRocca, V. Gardner // Spine (Phila

- Pa 1976). – 1991. – Vol. 16 (8). – P. 981–984. – DOI 10.1097/00007632-199108000-00020.
14. Risk Factors and Prevention of Surgical Site Infections Following Spinal Procedures / Rani Nasser, Jennifer A. Kosty, Sanjit Shah, Jeffrey Wang, and Joseph Cheng // *Global Spine Journal*. – 2018. – Vol. 8 (4S). – P. 44S–48S. – DOI 10.1177/2192568218806275.
 15. Management of late-onset deep surgical site infection after instrumented spinal surgery / Dong Yin, Bin Liu, Yunbing Chang, Honglin Gu and Xiaoqing Zheng // *BMC Surg*. – 2018. – Vol. 18 (1). – P. 121. – DOI 10.1186/s12893-018-0458-4.
 16. **A h m e d, R.** Preservation of spinal instrumentation after development of postoperative bacterial infections in patients undergoing spinal arthrodesis / R. Ahmed, J. D. Greenlee, V. C. Traynelis // *J Spinal DisordTech*. – 2012. – Vol. 25. – P. 299–302. – DOI 10.1097/BSD.0b013e31821fbf72.
 17. MRI-based Decision Making of Implant Removal in Deep Wound Infection After Instrumented Lumbar Fusion / Masahiro Kanayama, Tomoyuki Hashimoto, Keiichi Shigenobu, Fumihiko Oha, Akira Iwata, Masaru Tanaka // *Clin Spine Surg*. – 2017. – Vol. 30 (2). – P. E99–E103. – DOI 10.1097/BSD.0b013e3182aa4c72.
 18. A comparison of *Staphylococcus aureus* biofilm formation on cobalt-chrome and titanium-alloy spinal implants / Shalin S. Patel, Wilson Aruni, Serkan Inceoglu, Yusuf T. Akpolat, Gary D. Botimer, Wayne K. Cheng, Olumide A. Danisa // *Journal of Clinical Neuroscience*. – 2016. – Vol. 31. – P. 219–223. – DOI 10.1016/j.jocn.2016.03.013.
 19. **K a s l i w a l, M. K.** Infection with spinal instrumentation: Review of pathogenesis, diagnosis, prevention, and management / M. K. Kasliwal, L. A. Tan, V. C. Traynelis // *SurgNeurol Int*. – 2013. – Vol. 4 (Suppl 5). – P. S392–403. – DOI 10.4103/2152-7806.120783.
 20. COVID-19 Response in the Global Epicenter: Converting a New York City Level 1 Orthopedic Trauma Service into a Hybrid Orthopedic and Medicine COVID-19 Management Team / John F. Dankert, David Merkow, Charles C. Lin, Daniel J. Kaplan, Jonathan D. Haskel, Omar Behery, Alexander Crespo, Abhishek Ganta // *J Orthop Trauma*. – 2020. – Vol. 29.
 21. **H e d e q u i s t, D.** Failure of attempted implant retention in spinal deformity delayed surgical site infections / D. Hedequist, A. Haugen, T. Hresko, J. Emans // *Spine*. – 2009. – Vol. 34. – P. 60–64. – DOI 10.1097/BRS.0b013e31818ed75e.
 22. **H o, C.** Management of infection after instrumented posterior spine fusion in pediatric scoliosis / C. Ho, D. L. Skaggs, J. M. Weiss, V. T. Tolo // *Spine*. – 2007. – Vol. 32. – P. 2739–2744. – DOI 10.1097/BRS.0b013e31815a5a86.
 23. **R i c h a r d s, B. R.** Delayed infections after posterior TSRH spinal instrumentation for idiopathic scoliosis: revisited / B. R. Richards, K. M. Emara // *Spine*. – 2001. – Vol. 26. – P. 1990–1996. – DOI 10.1097/00007632-200109150-00009.
 24. The management and outcome of spinal implant infections: contemporary retrospective cohort study / T. J. Kowalski, E. F. Berbari, P. M. Huddleston, J. M. Steckelberg, J. N. Mandrekar, D. R. Osmon // *Clin Infect Dis*. – 2007. – Vol. 44. – P. 913–920. – DOI 10.1086/512194.
 25. Risk factors for surgical site infection and urinary tract infection after spine surgery / H. Tominaga, T. Setoguchi, Y. Ishidou, S. Nagano, T. Yamamoto, S. Komiya // *EurSpine J*. – 2016. – Vol. 25. – P. 3908–3915. – DOI: 10.1007/s00586-016-4674-2.
 26. Postoperative infection treatment score for the spine (PITSS): construction and validation of a predictive model to define need for single versus multiple irrigation and debridement for spinal surgical site infection / C. P. DiPaola, D. D. Saravanja, L. Boriani, et al. // *Spine J*. – 2012. – Vol. 12. – P. 218–230. – DOI 10.1016/j.spinee.2012.02.004.
 27. Role of suppressive oral antibiotics in orthopedic hardware infections for those not undergoing two-stage replacement surgery / S. C. Keller, S. E. Cosgrove, Y. Higgins, D. A. Piggott, G. Osgood, P. G. Auwaerter // *Open Forum Infect Dis*. – 2016. – Vol. 30 (4). – P. 176. – DOI 10.1093/ofid/ofw176.

28. **Бывальцев, В. А.** Нежелательные лекарственные реакции при местном применении ванкомицина у пациентов после задних декомпрессивно-стабилизирующих оперативных вмешательств на пояснично-крестцовом отделе позвоночника / В. А. Бывальцев, И. А. Степанов, В. Э. Борисов // Хирургия позвоночника. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 76–83. – DOI <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.2.76-83>.
29. **Mesa, B. S.** Measures to reduce end-of-case wound contamination: the impact of intra-wound vancomycin powder and betadine irrigation on surgical site infections in posterior spinal fusion / B. C. Mesa, D. Talwar, J. M. Flynn // SpineDeform. – 2020. – Vol. 8 (1). – P. 45–50. – DOI 10.1007/s43390-020-00033-4.
30. Is intraoperative local vancomycin powder the answer to surgical site infections in spine surgery? / H. W. Hey, D. W. Thiam, Z. S. Koh, et al. // Spine. – 2017. – Vol. 42. – P. 267–274. – DOI 10.1097/BRS.0000000000001710.
31. Antibiofilm agents against MDR bacterial strains: is bioactive glass BAG-S53P4 also effective? / Monica Bortolin, Elena De Vecchi, Carlo Luca Romano, Marco Toscano, Roberto Mattina, Lorenzo Drago // JAntimicrobChemother. – 2016. – Vol. 71 (1). – P. 123–127. – DOI 10.1093/jac/dkv327.
32. In vitro antibacterial activity of bioactive glass S53P4 on multiresistant pathogens causing osteomyelitis and prosthetic joint infection / Mateus Trinconi Cunha, Maria Aparecida Murca, Stanley Nigro, Giselle Burlamaqui Klautau, Mauro José Costa Salles // BMC Infect Dis. – 2018. – Vol. 3, № 18 (1). – P. 157. – DOI 10.1186/s12879-018-3069-x.
33. **Willy, C.** Importance of wound irrigation solutions and fluids with antiseptic effects in therapy and prophylaxis : Update 2017 / C. Willy, C. Scheuermann-Poley, M. Stichling, T. von Stein, A. Kramer // Unfallchirurg. – 2017. – Vol. 120 (7). – P. 549–560. – DOI 10.1007/s00113-017-0375-5.
34. Edmiston, C. E. Jr. Antiseptic Irrigation as an Effective Interventional Strategy for Reducing the Risk of Surgical Site Infections / C. E. Jr. Edmiston, M. Spencer, D. Leaper // Surg Infect (Larchmt). – 2018. – Vol. 19 (8). – P. 774–780. – DOI 10.1089/sur.2018.156.
35. Permanent implantation of antibiotic cement over exposed instrumentation eradicates deep spinal infection / Joseph L. Laratta, Joseph M. Lombardi, Jamal N. Shillingford, Hemant P. Reddy, Borys V. Gvozdyev, Yong J. Kim // J Spine Surg. – 2018. – Vol. 4 (2). – P. 471–477. – DOI 10.21037/jss.2018.04.03.
36. Efficacy of Target Drug Delivery and Dead Space Reduction Using Antibiotic-loaded Bone Cement for the Treatment of Complex Spinal Infection / S. Masuda, S. Fujibayashi, B. Otsuki, H. Kimura, S. Matsuda // Clin Spine Surg. – 2017. – Vol. 30 (9). – P. E1246–E1250. – DOI 10.1097/BSD.0000000000000567.
37. Reduction of Postoperative Spinal Implant Infection Using Gentamicin Microspheres / Alec C. Stall, Ed Becker, Steven C. Ludwig, Daniel Gelb, Kornelis A. Poelstra // Spine (Phila Pa 1976). – 2009. – Vol. 1, № 34 (5). – P. 479–483. – DOI 10.1097/BRS.0b013e318197e96c.
38. Synthesis of chitosan-alginate microspheres with high antimicrobial and antibiofilm activity against multi-drug resistant microbial pathogens / Rajagopalan Thaya, Baskaralingam Vaseeharan, Jeyachandran Sivakamavalli, Arokiadhaswarya, Marimuthu Govindarajan, Naiyf S. Alharbi, Shine Kadaikunnan, Mohammed N. Al-anbr, Jamal M. Khaled, Giovanni Benelli // MicrobPathog. – 2018. – Vol. 114. – P. 17–24. – DOI 10.1016/j.micpath.2017.11.011.
39. Biomaterials in Spinal Implants: A Review / Andrew Warburton, Steven J. Girdler, Christopher M. Mikhail, Amy Ahn, Samuel K. Cho // Neurospine. – 2019. – Vol. 4. – DOI: 10.14245/ns.1938296.148.
40. **Eltorai, A. E. M.** On-demand antibiotic-eluting microchip for implanted spinal screws / A. E. M. Eltorai // J Orthop. – 2017. – Vol. 14 (4). – P. 565–570. – DOI 10.1016/j.jor.2017.07.012.

41. Ultrasound-triggered Antibiotic Release From PEEK Clips to Prevent Spinal Fusion Infection: Initial Evaluations / Lauren J. Delaney, Daniel MacDonald, Jay Leung, Keith Fitzgerald, Alex M. Sevit, John R. Eisenbrey, Neil Patel, Flemming Forsberg, Christopher K. Kepler, Taolin Fang, Steven M. Kurtz, Noreen J. Hickok // *ActaBiomater.* – 2019. – Vol. 93. – P. 12–24. – DOI 10.1016/j.actbio.2019.02.041.
42. Early adherence and biofilm formation of Cutibacterium / Dioscaris Garcia, Cory K. Mayfield, Jacqueline Leong, David G. Decker, Alexandra Zega, Jillian Glasser, Alan H. Daniels, Craig Ebersson, Andrew Green, Christopher Born // *The Spine Journal.* – 2020. – Vol. 20 (6). – DOI 10.1016/j.spinee.2020.01.001
43. Early adherence and biofilm formation of cutibacterium acnes (formerly Propionibacterium acnes) on spinal implant materials / Timothy R. Deer, David A. Provenzano, Michael Hanes, Jason E. Pope, Simon D. Thomson, Marc A. Russo, Tory McJunkin, MichaelSaulino, Louis J. Raso, Shivanand P. Lad, SamerNarouze, Steven M. Falowski, Robert M. Levy, GanesanBaranidharan, Stanley Golovac// *Spine J.* – 2020. – Vol. 20. – P. S1529–9430(20)30001-2. – DOI 10.1016/j.spinee.2020.01.001.
44. Antibacterial properties of PEKK for orthopedic applications / Wang Mian, Garima Bhardwaj, Thomas J Webster // *Int J Nanomedicine.* – 2017. – Vol. 12. – P. 6471–6476. – DOI 10.2147/IJN.S134983.
45. **Harrison, P. L.** Does tantalum exhibit any intrinsic antimicrobial or antibiofilm properties? / P. L. Harrison, T. Harrison, I. Stockley, T. J. Smith // *Bone Joint J.* – 2017. – Vol. 99-B (9). – P. 1153–1156. – DOI 10.1302/0301-620X.99B9.BJJ-2016-1309.R1.
46. Antibiotic-loaded tantalum may serve as an antimicrobial delivery agent / P. Sautet, S. Paratte, T. Meccediche, M. P. Abdel, X. Flecher, J. N. Argenson, M. Ollivier // *BoneJoint J.* – 2019. – Vol. 101-B (7). – P. 848–851. – DOI 10.1302/0301-620X.101B7.BJJ-2018-1206.R1.
47. Bacteriostatic behavior of surface modulated silicon nitride in comparison to polyetheretherketone and titanium / R. M. Bock, E. N. Jones, D. A. Ray, Sonny Bal B., G. Pezzotti, B. J. McEntire // *J Biomed Mater Res A.* – 2017. – Vol. 105 (5). – P. 1521–1534. – DOI 10.1002/jbm.a.35987.
48. Spondylodiscitis: diagnosis and treatment options / C. Herren, N. Jung, M. Pishnamaz, M. Breuninger, J. Siewe, R. Sobottke // *DtschArztebl Int.* – 2017. – Vol. 114 (51–52). – P. 875–882. – DOI 10.3238/arztebl.2017.0875.
49. **Базаров, А. Ю.** Классификации неспецифического гематогенного остеомиелита позвоночника. Критический анализ и предложения по применению / А. Ю. Базаров // *Травматология и ортопедия России.* – 2019. – № 25 (1). – С. 146–155. – DOI 10.21823/2311-2905-2019-25-1-146-155.
50. Invasive Lateral Approach to Thoracic and Lumbar Spine / Yashar Javidan, M. A. J. Richard, K. Hurley // *Jr. Minimally Discectomy and Corpectomy for Trauma, Tumor, Infection, and Deformity. Operative Techniques in Orthopaedics.* – 2019. – Vol. 29, iss. 2. – P. 100–721. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.oto.2019.100721>.
51. Sonobactericide: An Emerging Treatment Strategy for Bacterial Infections / K. R. Lattwein, H. Shekhar, J. J. P. Kouizer, W. J. B. van Wamel, C. K. Holland, K. Looiman // *UltrasoundMedBiol.* – 2020. – Vol. 46 (2). – P. 193–215. – DOI 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.09.011.
52. Continuous irrigation and drainage for early postoperative deep wound infection after posterior instrumented spinal fusion / Xiao-Feng Lian, Jian-Guang Xu, Bing-Fang Zeng, Xiao-Kang Liu, Hao Li, Man-le Qiu, Er-Zhu Yang // *J Spinal DisordTech.* – 2014. – Vol. 27 (8). – P. E315–317. – DOI 10.1097/BSD.000000000000122.
53. Implant Removal for the Management of Infection After Instrumented Spinal Fusion / Jeung Il Kim, KuenTak Suh, Seong-Jang Kim, Jung Sub Lee // *J Spinal DisordTech.* – 2010. – Vol. 23 (4). – P. 258–265. – DOI 10.1097/BSD.0b013e3181a9452c.

54. Recurrent Surgical Site Infections in the Spine After Treatment With the Vacuum-assisted Closure (VAC) System / C. Acala-Maquez, R. Torrelba, A. A. Mehbod, J. M. Dawson, T. D. Dressel, E. E. Transfeldt // *ClinSpineSurg.* – 2018. – Vol. 31 (8). – P. 351–355. – DOI 10.1097/BSJ.0000000000000668.
55. **Ridwan, S.** Safety and Efficacy of Negative Pressure Wound Therapy for Deep Spinal Wound Infections After Dural Exposure, Durotomy, or Intradural Surgery / S. Ridwan, A. Grote, M. Simon // *World Neurosurg.* – 2020. – Vol. 134. – P. e624–e630. – DOI 10.1016/j.wneu.2019.10.146.
56. Negative Pressure Wound Therapy Versus Closed Suction Irrigation System in the treatment of Deep Surgical Site Infection After Lumbar Surgery / Junkai Zeng, Xiaojiang Sun, Zhenyu Sun, Jie Guan, Chen Han, Xin Zhao, Pu Zhang, Youzhuan Xie, Jie Zhao // *World Neurosurg.* – 2019. – Vol. 127. – P. e389–e395. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.130>
57. Can hyperbaric oxygen be used to prevent deep infections in neuro-muscular scoliosis surgery? / M. E. Inanmaz, K. C. Kose, C. Isik, H. Atmaca, H. Basar // *BMC Surg.* – 2014. – Vol. 14. – P. 85. – DOI 10.1186/1471-2482-14-85.
58. **Larsson, A.** Hyperbaric oxygen in the treatment of postoperative infections in paediatric patients with neuromuscular spine deformity / A. Larsson, J. Uusijrvi, F. Lind, B. Gustavsson, H. Saraste // *Eur Spine J.* – 2011. – Vol. 20 (12). – P. 2217–2222. – DOI 10.1007/s00586-011-1797-3.

References

1. Rosenthal Ning A., Heinrich Kirstin H., Chung Jessica, Yu Holly *SPINE*. 2018, vol. 44, no. 9, pp. 637–646. DOI 10.1097/BRS.0000000000002898.
2. Smekalenkov O. A., Ptashnikov D. A., Bozhkova S. A., Mikhaylov D. A., Masevnin S. V., Zaborovskiy N. S., Lapaeva O. A. *Geniy ortopedii* [The genius of orthopedics]. 2019, vol. 25, no. 2, pp. 219–225. DOI <http://dx.doi.org/10.18019/1028-4427-2019-25-2-219-225>. [In Russian]
3. Dolotin D. N., Mikhaylovskiy M. V., Suzdalov V. A. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine surgery]. 2015, vol. 12, no. 2, pp. 33–39. DOI 10.14531/ss2015.2.33-39. [In Russian]
4. Vialle et al. *AOSpine Masters Series. Spinal Infections*. 2018, vol. 10, p. 179.
5. Dapunt U., Burkle C., Günther F., Pepke W., Hemmer S., Akbar M. *TherClin Risk Manag.* 2017, vol. 13, pp. 1239–1245. DOI 10.2147/TCRM.S141082.
6. Maruo K., Berven S. H. *J. OrthopSci.* 2014, vol. 19 (3), pp. 398–404. DOI 10.1007/s00776-014-0545-z.
7. de la Hera B., Sanchez-Mariscal F., Gomez-Rice A., E. Ruano Soriano, I. Vázquez-Vecilla, Zúñiga L., Rubio-Quevedo R. *Rev Esp Cir OrtopTraumatol.* 2019, vol. 63 (4), pp. 300–306. DOI 10.1016/j.recot.2018.11.003.
8. Spalteholz M., Gahr R. H. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW.* 2013, vol. 29 (2). DOI 10.3205/iprs000038.
9. Akhaddar A. *Atlas of Infections in Neurosurgery and Spinal Surgery*. Springer International Publishing AG, 2017, 339 p.
10. Mushkin A. Yu., Vishnevskiy A. A., Peretsmanas E. O., Bazarov A. Yu., Basankin I. V. *Khirurgiya pozvonochnika* [Spine surgery]. 2019, vol. 16, no. 4, pp. 63–76. DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.4.63-76>. [In Russian]
11. *Materialy Vtoroy mezhdunarodnoy soglasitel'noy konferentsii po skletno-myshechnoy infektsii: per. s angl.* [Proceedings of the 2nd international consensus conference on musculoskeletal infection: translated from english]. Eds. R. M. Tikhilov, S. A. Bozhkova, I. I. Shubnyak. Saint-Petersburg: RNIITO im. Vredena, 2019, 314 p. [In Russian]
12. Lener Sara, Hartmann Sebastian, Barbagallo Giuseppe M. V., Certo Francesco, Thomé Claudius, Tschugg Anja. *ActaNeurochirurgica.* 2018, vol. 160, iss. 3, pp. 487–496. DOI 10.1007/s00701-018-3467-2.

13. Thalgott J. S., Cotler H. B., Sasso R. C., LaRocca H., Gardner V. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991, vol. 16 (8), P. 981–984. DOI 10.1097/00007632-199108000-00020.
14. Nasser Rani, Kosty Jennifer A., Shah Sanjit, Wang Jeffrey and Cheng Joseph *Global Spine Journal*. 2018, vol. 8 (4S), pp. 44S–48S. DOI 10.1177/2192568218806275.
15. Dong Yin, Bin Liu, Yunbing Chang, HonglinGu and Xiaoqing Zheng *BMC Surg*. 2018, vol. 18 (1), pp. 121. DOI: 10.1186/s12893-018-0458-4.
16. Ahmed R., Greenlee J. D., Traynelis V. C. *J Spinal DisordTech*. 2012, vol. 25, pp. 299–302. DOI 10.1097/BSD.0b013e31821fbf72.
17. Masahiro Kanayama, Tomoyuki Hashimoto, Keiichi Shigenobu, Fumihiro Oha, Akira Iwata, Masaru Tanaka *Clin Spine Surg*. 2017, vol. 30 (2), pp. E99–E103. DOI 10.1097/BSD.0b013e3182aa4c72.
18. Shalin S. Patel, Wilson Aruni, SerkanInceoglu, Yusuf T. Akpolat, Gary D. Botimer, Wayne K. Cheng, Olumide A. Danisa *Journal of Clinical Neuroscience*. 2016, vol. 31, pp. 219–223. DOI: 10.1016/j.jocn.2016.03.013.
19. Kasliwal M. K., Tan L. A., Traynelis V. C. *SurgNeurol Int*. 2013, vol. 4 (suppl 5), pp. S392–403. DOI 10.4103/2152-7806.120783.
20. Dankert John F., Merkow David, Lin Charles C., Kaplan Daniel J., Haskel Jonathan D., Behery Omar, Crespo Alexander, Ganta Abhishek *J Orthop Trauma*. 2020, vol. 29.
21. Hedequist D., Haugen A., Hresko T., Emans J. *Spine*. 2009, vol. 34, pp. 60–64. DOI 10.1097/BRS.0b013e31818ed75e.
22. Ho C., Skaggs D. L., Weiss J. M., Tolo V. T. *Spine*. 2007, vol. 32, pp. 2739–2744. DOI 10.1097/BRS.0b013e31815a5a86.
23. Richards B. R., Emara K. M. *Spine*. 2001, vol. 26, pp. 1990–1996. DOI 10.1097/00007632-200109150-00009.
24. Kowalski T. J., Berbari E. F., Huddleston P. M., Steckelberg J. M., Mandrekar J. N., Osmon D. R. *Clin Infect Dis*. 2007, vol. 44, pp. 913–920. DOI 10.1086/512194.
25. Tominaga H., Setoguchi T., Ishidou Y., Nagano S., Yamamoto T., Komiya S. *EurSpine J*. 2016, vol. 25, pp. 3908–3915. DOI: 10.1007/s00586-016-4674-2.
26. DiPaola C. P., Saravanja D. D., Boriani L. et al. *Spine J*. 2012, vol. 12, pp. 218–230. DOI 10.1016/j.spinee.2012.02.004.
27. Keller S. C., Cosgrove S. E., Higgins Y., Piggott D. A., Osgood G., Auwaerter P. G. *Open Forum Infect Dis*. 2016, vol. 30 (4), pp. 176. DOI 10.1093/ofid/ofw176.
28. Byval'tsev V. A., Stepanov I. A., Borisov V. E. *Khirurgiya pozvonochnika* []. 2018, vol. 15, no. 2, pp. 76–83. DOI <http://dx.doi.org/10.14531/ss2018.2.76-83>. [In Russian]
29. Mesa B. S., Talwar D., Flynn J. M. *SpineDeform*. 2020, vol. 8 (1), pp. 45–50. DOI: 10.1007/s43390-020-00033-4.
30. Hey H. W., Thiam D. W., Koh Z. S., et al. *Spine*. 2017, vol. 42, pp. 267–274. DOI 10.1097/BRS.0000000000001710.
31. Bortolin Monica, De Vecchi Elena, Romano Carlo Luca, Toscano Marco, Mattina Roberto, Drago Lorenzo *J Antimicrob Chemother*. 2016, vol. 71 (1), pp. 123–127. DOI 10.1093/jac/dkv327.
32. Mateus Trinconi Cunha, Maria Aparecida Murca, Stanley Nigro, Giselle Burlamaqui Klautau, Mauro José Costa Salles *BMC Infect Dis*. 2018, vol. 3, no. 18 (1), p. 157. DOI 10.1186/s12879-018-3069-x.
33. Willy C., Scheuermann-Poley C., Stichling M., von Stein T., Kramer A. *Unfallchirurg*. 2017, vol. 120 (7), pp. 549–560. DOI 10.1007/s00113-017-0375-5.
34. Edmiston C. E. Jr., Spencer M., Leaper D. *Surg Infect (Larchmt)*. 2018, vol. 19 (8), pp. 774–780. DOI 10.1089/sur.2018.156.
35. Laratta Joseph L., Lombardi Joseph M., Shillingford Jamal N., Reddy Hemant P., Gvozdyev Borys V., Kim Yong J. *J Spine Surg*. 2018, vol. 4 (2), pp. 471–477. DOI 10.21037/jss.2018.04.03.
36. Masuda S., Fujibayashi S., Otsuki B., Kimura H., Matsuda S. *Clin Spine Surg*. 2017, vol. 30 (9), pp. E1246–E1250. DOI 10.1097/BSD.0000000000000567.

37. Stall Alec C., Becker Ed, Ludwig Steven C., Gelb Daniel, Poelstra Kornelis A. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009, vol. 1, no. 34 (5), pp. 479–483. DOI 10.1097/BRS.0b013e318197e96c.
38. Rajagopalan Thaya, Baskaralingam Vasecharan, Jeyachandran Sivakamavalli, ArokiadhasIswarya, Marimuthu Govindarajan, Naiyf S. Alharbi, Shine Kadaikunnan, Mohammed N. Alanbr, Jamal M. Khaled, Giovanni Benelli *MicrobPathog*. 2018, vol. 114, pp. 17–24. DOI 10.1016/j.micpath.2017.11.011.
39. Warburton Andrew, Girdler Steven J., Mikhail Christopher M., Ahn Amy, Cho Samuel K. *Neurospine*. 2019, vol. 4. DOI: 10.14245/ns.1938296.148.
40. Eltorai A. E. M. *J Orthop*. 2017, vol. 14 (4), pp. 565–570. DOI 10.1016/j.jor.2017.07.012.
41. Delaney Lauren J., MacDonald Daniel, Leung Jay, Fitzgerald Keith, Sevit Alex M., Eisenbrey John R., Patel Neil, Forsberg Flemming, Kepler Christopher K., Fang Taolin, Kurtz Steven M., Hickok Noreen J. *ActaBiomater*. 2019, vol. 93, pp. 12–24. DOI 10.1016/j.actbio.2019.02.041.
42. Dioscaris Garcia, Mayfield Cory K., Leong Jacqueline, Deckey David G., Zega Alexandra, Glasser Jillian, Daniels Alan H., Ebersson Craig, Green Andrew, Born Christopher *The Spine Journal*. 2020, vol. 20 (6). DOI 10.1016/j.spinee.2020.01.001
43. Deer Timothy R., Provenzano David A., Hanes Michael, Pope Jason E., Thomson Simon D., Russo Marc A., McJunkin Tory, MichaelSaulino, Raso Louis J., Lad Shivanand P., SamerNarouze, Falowski Steven M., Levy Robert M., Baranidharan Ganesan, Golovac Stanley *Spine J*. 2020, vol. 20, pp. S1529–9430(20)30001-2. – DOI 10.1016/j.spinee.2020.01.001.
44. Mian Wang, Bhardwaj Garima, Webster Thomas J *Int J Nanomedicine*. 2017, vol. 12, pp. 6471–6476. DOI 10.2147/IJN.S134983.
45. Harrison P. L., Harrison T., Stockley I., Smith T. J. *Bone Joint J*. 2017, vol. 99-B (9), pp. 1153–1156. DOI 10.1302/0301-620X.99B9.BJJ-2016-1309.R1.
46. Sautet P., Paratte S., Mechediche T., Abdel M. P., Flecher X., Argenson J. N., Ollivier M. *BoneJoint J*. 2019, vol. 101-B (7), pp. 848–851. DOI 10.1302/0301-620X.101B7.BJJ-2018-1206.R1.
47. Bock R. M., Jones E. N., Ray D. A., Sonny Bal B., Pez-zotti G., McEntire B. J. *J Biomed Mater Res A*. 2017, vol. 105 (5), P. 1521–1534. DOI 10.1002/jbm.a.35987.
48. Herren C., Jung N., Pishnamaz M., Breuninger M., Siewe J., Sobottke R. *DtschArztebl Int*. 2017, vol. 114 (51–52), pp. 875–882. DOI 10.3238/arztebl.2017.0875.
49. Bazarov A. Yu. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* []. 2019, no. 25 (1), pp. 146–155. DOI 10.21823/2311-2905-2019-25-1-146-155. [In Russian]
50. Javidan Yashar, Richard M. A. J., Hurley K. Jr. *Minimally Discectomy and Corpectomy for Trauma, Tumor, Infection, and Deformity. Operative Techniques in Orthopaedics*. 2019, vol. 29, iss. 2, pp. 100–721. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.oto.2019.100721>.
51. Lattwein K. R., Shekhar H., Kouizer J. J. P., van Wamel W. J. B., Holland C. K., Looiman K. *UltrasoundMedBiol*. 2020, vol. 46 (2), pp. 193–215. DOI 10.1016/j.ultrasmedbio.2019.09.011.
52. Xiao-Feng Lian, Jian-Guang Xu, Bing-Fang Zeng, Xiao-Kang Liu, Hao Li, Man-le Qiu, Er-Zhu Yang *J Spinal DisordTech*. 2014, vol. 27 (8), pp. E315–317. DOI 10.1097/BSD.000000000000122.
53. Jeung Il Kim, KuenTak Suh, Seong-Jang Kim, Jung Sub Lee *J Spinal DisordTech*. 2010, vol. 23 (4), pp. 258–265. DOI 10.1097/BSD.0b013e3181a9452c.
54. Acala-Maquez C., Torrelba R., Mehbod A. A., Dawson J. M., Dressel T. D., Transfeldt E. E. *ClinSpineSurg*. 2018, vol. 31 (8), pp. 351–355. DOI 10.1097/BSD.000000000000668.
55. Ridwan S., Grote A., Simon M. *World Neurosurg*. 2020, vol. 134, pp. e624–e630. DOI 10.1016/j.wneu.2019.10.146.

56. Zeng Junkai, Sun Xiaojang, Sun Zhenyu, Guan Jie, Han Chen, Zhao Xin, Zhang Pu, Xie Youzhuan, Zhao Jie *World Neurosurg.* 2019, vol. 127, pp. e389–e395. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.130>
57. Inanmaz M. E., Kose K. C., Isik C., Atmaca H., Basar H. *BMC Surg.* 2014, vol. 14, p. 85. DOI 10.1186/1471-2482-14-85.
58. Larsson A., Uusijrvi J., Lind F., Gustavsson B., Saraste H. *Eur Spine J.* 2011, vol. 20 (12), pp. 2217–2222. DOI 10.1007/s00586-011-1797-3.

Кочнев Егор Яковлевич

клинический аспирант, врач
травматолог-ортопед приемного
отделения, Национальный медицинский
исследовательский центр травматологии
и ортопедии имени академика
Г. А. Илизарова (Россия, г. Курган,
ул. М. Ульяновой, 6)

E-mail: Newakromion@list.ru

Kochnev Egor Yakovlevich

Postgraduate student, traumatologist-
orthopedist, admission unit, National
Ilizarov Medical Research Center
for Traumatology and Ortopedics
(6 M. Ulyanovoy street, Kurgan, Russia)

Мещерегина Ивана Александровна

кандидат медицинских наук, врач
травматолог-ортопед, врач нейрохирург,
старший научный сотрудник
лаборатории множественной, сочетанной
и боевой травмы, Национальный
медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии имени
академика Г. А. Илизарова (Россия,
г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6)

E-mail: ivalme@yandex.ru

Meshcheryagina Ivanna Aleksandrovna

Candidate of medical sciences,
traumatologist-orthopedist, neurosurgeon,
senior staff scientist, Laboratory
of Multiple, Combined and Combat
Injuries, National Ilizarov Medical
Research Center for Traumatology
and Ortopedics (6 M. Ulyanovoy street,
Kurgan, Russia)

Бурцев Александр Владимирович

доктор медицинских наук, вертебролог,
научный сотрудник лаборатории
Клиники патологии позвоночника
и редких заболеваний, Национальный
медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии имени
академика Г. А. Илизарова (Россия,
г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6)

E-mail: bav31rus@mail.ru

Burtsev Aleksandr Vladimirovich

Doctor of medical sciences, vertebrologist,
researcher, Laboratory of the Clinic
of Spine Pathology and Rare Diseases,
National Ilizarov Medical Research
Center for Traumatology and Ortopedics
(6 M. Ulyanovoy street, Kurgan, Russia)

Ермаков Артем Михайлович

кандидат медицинских наук, врач
травматолог-ортопед, Национальный
медицинский исследовательский центр
травматологии и ортопедии имени
академика Г. А. Илизарова (Россия,
г. Курган, ул. М. Ульяновой, 6)

E-mail: ema_cab@mail.ru

Ermakov Artem Mikhaylovich

Candidate of medical sciences,
traumatologist-orthopedist, National
Ilizarov Medical Research Center
for Traumatology and Ortopedics
(6 M. Ulyanovoy street, Kurgan, Russia)

Образец цитирования:

Проблема лечения имплант-ассоциированной инфекции позвоночника (обзор литературы) / Е. Я. Кочнев, И. А. Мещерягина, А. В. Бурцев, А. М. Ермаков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 28–41. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-3.

УДК 617-089.844

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-4

*А. В. Герасимов, В. И. Никольский,
С. В. Фролов, К. И. Сергацкий, Е. Г. Феоктистова*

ДЖОУЛЬМЕТРИЯ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОДЕРЖИМОГО КИСТ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Аннотация.

Актуальность и цели. Джоульметрия – интегральный метод оценки электрохимических свойств биологических объектов. На сегодня этот метод еще не использовали в изучении электрохимических свойств содержимого кист поджелудочной железы. Целью исследования явилось улучшение результатов диагностики и лечения пациентов с кистами поджелудочной железы.

Материалы и методы. Электрохимическое исследование выполнили 52 пациентам с кистами поджелудочной железы, которые были разделены на две группы: группа 1 – 30 больных, у которых киста не была связана с системой панкреатических протоков, группа 2 – 22 пациента с кистами, связанными с системой панкреатических протоков. Содержимое кист поджелудочной железы, полученное после наружного дренирования, вводили внутрь жидкостного проточного датчика, соединенного с джоульметрическим прибором, после чего регистрировали показатели работы тока.

Результаты. Показатель работы тока у пациентов группы 1 в среднем составил $2,52 \pm 1,03$ мкДж, у пациентов группы 2 – $12,47 \pm 2,66$ мкДж. Получены статистически достоверные данные о связи кист поджелудочной железы с протоковой системой.

Выводы. Применение джоульметрического метода у больных с кистами поджелудочной железы позволяет выявить связь с протоковой системой, что в дальнейшем помогает в определении тактики лечения пациентов.

Ключевые слова: киста поджелудочной железы, джоульметрия, электрохимические свойства, панкреатит.

*A. V. Gerasimov, V. I. Nikol'skiy,
S. V. Frolov, K. I. Sergatskiy, E. G. Feoktistova*

JOULE MEASUREMENT AS A METHOD FOR STUDYING THE ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF THE PANCREAS CYSTS CONTENT

© Герасимов А. В., Никольский В. И., Фролов С. В., Сергацкий К. И., Феоктистова Е. Г., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Abstract.

Background. Joule measurement is an integral way of evaluating electrochemical properties of biological objects. This method has not yet been used in the study of electrochemical properties of the pancreas cyst contents. The aim of the research is to improve the diagnosis and patients' treatment with pancreas cysts.

Materials and methods. Electrochemical study was performed in 52 patients with pancreas cysts that were divided into two groups: Group 1 included 30 patients in whom the cyst was not connected with the system of pancreas ducts, group 2 – 22 patients with cysts connected with the system of pancreas ducts. The content of pancreas cysts, received after external drainage was transferred into the liquid flow counter which was connected to the joule measurement device, and then the current characteristics were recorded.

Results. In the first group the average result was $2.52 \pm 1.03 \mu\text{J}$, and in the second group – $12.47 \pm 2.66 \mu\text{J}$. We have obtained statistically reliable data on the relation between pancreas cysts and the ductal system.

Conclusions. The use of the joule measurement method in patients with pancreas cysts allows identifying a connection with the ductal system, which further helps in determining the treatment strategy.

Keywords: pancreas cyst, joule measurement, electrochemical properties, pancreatitis.

Введение

Рост заболеваемости острым панкреатитом в последние годы приводит к увеличению количества больных с жидкостными скоплениями и постнекротическими кистами поджелудочной железы [1]. Выявление кист поджелудочной железы, как правило, определяет показания к проведению оперативного вмешательства, суть которого обуславливается этиологией образования кисты, локализацией, продолжительностью заболевания, размерами, содержанием, связью с протоковой системой, наличием осложнений и сопутствующей патологии.

В свою очередь вопросы диагностики и лечения больных с кистами поджелудочной железы остаются одной из актуальных проблем панкреатологии [2, 3]. До сих пор не решен вопрос о применении одного из самых информативных на данный момент времени метода – эндоскопической ретроградной панкреатохолангиографии (ЭРПХГ). Одни исследователи говорят о возникновении такого грозного осложнения, как острый панкреатит, после выполнения ЭРПХГ, другие, напротив, отмечают ее высокую информативность и безопасность. Такие методы диагностики, как магнитно-резонансная и компьютерная томография, ультразвуковое исследование далеко не всегда дают необходимую информацию о связи с протоковой системой поджелудочной железы, что влечет за собой неправильный выбор тактики лечения пациентов.

Электрохимическое исследование свойств различных биологических объектов возможно выполнить с помощью интегрального метода – джоульметрии. При исследовании биологических объектов этот метод дает возможность получить информацию об их состоянии. Преимуществами джоульметрии, в отличие от других методов контроля биологических объектов, являются ее простота в реализации и незначительное время для получения результата. В основу джоульметрии положено соответствие между работой, соверша-

емой внешним источником электрической энергии в исследуемом объекте, и изменением состояния исследуемого объекта. В качестве регистрируемых параметров наиболее часто выступают значения пропускаемого через электроды тока и вызванного им падения напряжения на электродах во время электрического воздействия. Соответственно этот метод дает возможность получить информацию о состоянии биологических объектов [4, 5]. При патологических процессах в тканях изменяются их электрические свойства [4]. Зная характеристики биологических объектов в норме, при помощи джоульметрии можно с высокой точностью определять патологические изменения.

На сегодня в литературе нет данных об изучении электрохимических свойств содержимого кист поджелудочной железы с помощью джоульметрии.

Цель исследования: улучшение результатов диагностики и лечения пациентов с кистами поджелудочной железы.

Материал и методы исследования

Исследование проведено на клинической базе кафедры «Хирургия» Медицинского института Пензенского государственного университета – в хирургических отделениях Пензенской областной клинической больницы им. Н. Н. Бурденко.

Объектом исследования стали 59 пациентов с кистами поджелудочной железы, которым выполняли чрескожное наружное дренирование под контролем ультразвукового исследования. Из них женщин было 19 человек, мужчин – 40 человек. Возраст варьировал от 28 до 72 лет (средний возраст составил $51,3 \pm 11,8$ года).

Локализация кист поджелудочной железы была следующая: в головке – у 13 человек (22 %), в теле – у 15 человек (25,4 %), в хвосте – у 9 человек (15,3 %), у остальных пациентов ($n = 22$) поражение было с захватом нескольких анатомических зон (37 %).

Электрохимическое исследование содержимого кист поджелудочной железы выполнили 59 пациентам, из которых 7 больных были исключены из исследования, так как в полученном содержимом кист поджелудочной железы наблюдались признаки нагноения, что могло привести к неправильной оценке полученных результатов. Остальных больных ($n = 52$) разделили на две группы: группа 1 – 30 больных, у которых киста не была связана с системой панкреатических протоков, группа 2 – 22 пациента с кистами, связанными с системой панкреатических протоков. Связь с протоковой системой устанавливали с помощью лабораторных и инструментальных методов исследования (амилазная активность содержимого кист, ультразвуковое исследование, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография). Данное разделение на группы было обусловлено предположением о различных электрохимических свойствах содержимого кист поджелудочной железы в зависимости от их связи с протоковой системой.

Методика исследования заключалась в следующем: всем пациентам на первом этапе лечения выполняли наружное дренирование кисты поджелудочной железы под контролем ультразвукового исследования, после чего содержимое кист поджелудочной железы забирали для электрохимического исследования в количестве 20 мл. В дистиллированной воде готовили серии

разведений содержимого кист поджелудочной железы различной концентрации: 1:1 и 2:1, также исследованию подверглось неразведенное содержимое кист поджелудочной железы. Использование различных разведений было необходимо для получения наиболее достоверных результатов. После этого полученные разведения содержимого кист поджелудочной железы вводили внутрь жидкостного проточного датчика (содержит два электрода одинаковой длины, расположенных параллельно и соединенных с тоководом; электроды выполнены в виде проводов, намотанных с равномерным шагом на изолированную поверхность), где за короткий промежуток времени на них действовал ток (0,01; 0,04; 0,08 и 0,1 мА).

На методику проведения электрохимического исследования содержимого кист поджелудочной железы отправлена заявка на патент РФ (№ 2020104081).

Дальнейшее получение результатов и построение кривых для расчета работы тока осуществляли с помощью диагностического комплекса (рис. 1).

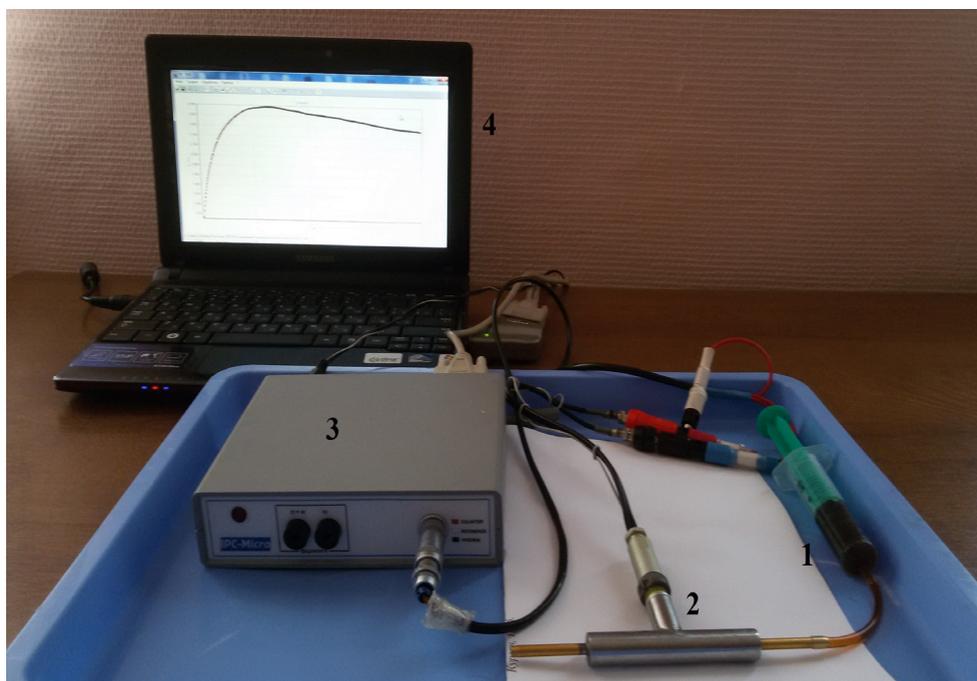


Рис. 1. Диагностический комплекс: 1 – шприц для нагнетания содержимого кист поджелудочной железы; 2 – жидкостной проточный датчик; 3 – джоульметрический прибор; 4 – компьютер с установленной программой IPC 2000

Для получения достоверных результатов исследования необходимо было ликвидировать воздушные пузыри в проточном датчике, так как их наличие вызывало несистематические помехи.

Работа диагностического комплекса осуществлялась следующим образом: необходимые параметры для измерительной системы задавали с персонального компьютера, которая получала информацию о биологическом объекте с помощью датчиков; затем измерительная система отправляла получен-

ные данные на персональный компьютер, где было возможно их визуализировать и сохранить на жесткий диск.

Программное обеспечение, разработанное на кафедре «Медицинские приборы и оборудование» Медицинского института Пензенского государственного университета и установленное на персональный компьютер, позволяло произвести глубокое исследование содержимого кист поджелудочной железы, использовать сложные алгоритмы обработки данных, графически визуализировать результаты измерений. Все необходимые параметры и режимы работы аппарата возможно было задать с помощью специализированной программы IPC 2000, поставляемой вместе с прибором. Посредством кнопки программатора и перехода в соответствующее меню осуществляли настройки измерений, которые могли быть применены как для одного единственного измерения, так и для их серии. Применяли ступенчатую форму токов различной продолжительности (максимальное количество шагов – 8), комбинированный режим (потенциостат или гальваностат), включенную и выключенную электрохимическую ячейку, выбор дискретности, также выбирали тип оси для визуализации полученных данных.

Достоинством программы являлась возможность фильтрации шумов от 100 и 50 Гц, возникающих при измерении и непосредственно после получения значений параметров.

Результаты и обсуждение

У всех пациентов ($n = 59$) на первом этапе лечения применяли чрескожное наружное дренирование кист поджелудочной железы под контролем ультразвукового сканирования, использовали дренажи различных диаметров – от 8 до 10 Fr. Размеры кист поджелудочной железы варьировали от 5 до 14 см. Осложнений в ближайшем послеоперационном периоде не было; в позднем послеоперационном периоде (более 3 недель) у 3 больных (5,1 %) наблюдали миграцию дренажа, что было обусловлено несоблюдением рекомендаций пациентами. Летальных исходов не наблюдали.

Стоит отметить, что полученное содержимое кист поджелудочной железы было различно по цвету и консистенции.

В ходе исследования было выявлено, что только неразведенное содержимое кист поджелудочной железы возможно использовать для электрохимического исследования. В остальных случаях (разведения 2:1 и 1:1) работу тока невозможно было рассчитать, так как полученные графики не имели максимальную величину значения потенциала (точки насыщения). В свою очередь, для расчета работы тока необходимо и минимальное, и максимальное значения потенциала. Поэтому электрохимическое исследование выполняли, используя неразведенное содержимое кист поджелудочной железы. Данный выбор обеспечивал необходимую концентрацию ионов для построения графиков и расчета работы тока.

У пациентов группы 1 показатель работы тока колебался в пределах от 0,92 до 4,25 мкДж (в среднем $2,52 \pm 1,03$ мкДж), у пациентов группы 2 – от 9,6 до 18,3 мкДж (в среднем $12,47 \pm 2,66$ мкДж).

Измеренные параметры для пациентов обеих групп представлены на рис. 2 и 3 в графической форме.

Таким образом, получены достоверные данные ($p < 0,05$) о связи кист поджелудочной железы с протоковой системой. Высокий показатель работы

тока у пациентов группы 2 объясняется разным химическим составом (наличие панкреатического сока, ферментов, желчи и т.д.).

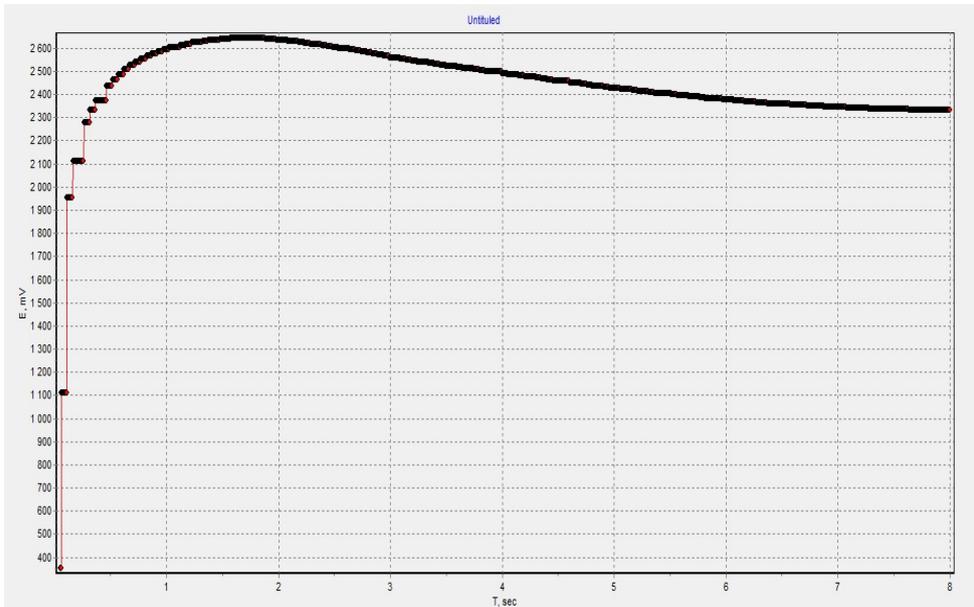


Рис. 2. Характерная кривая для пациентов группы 1

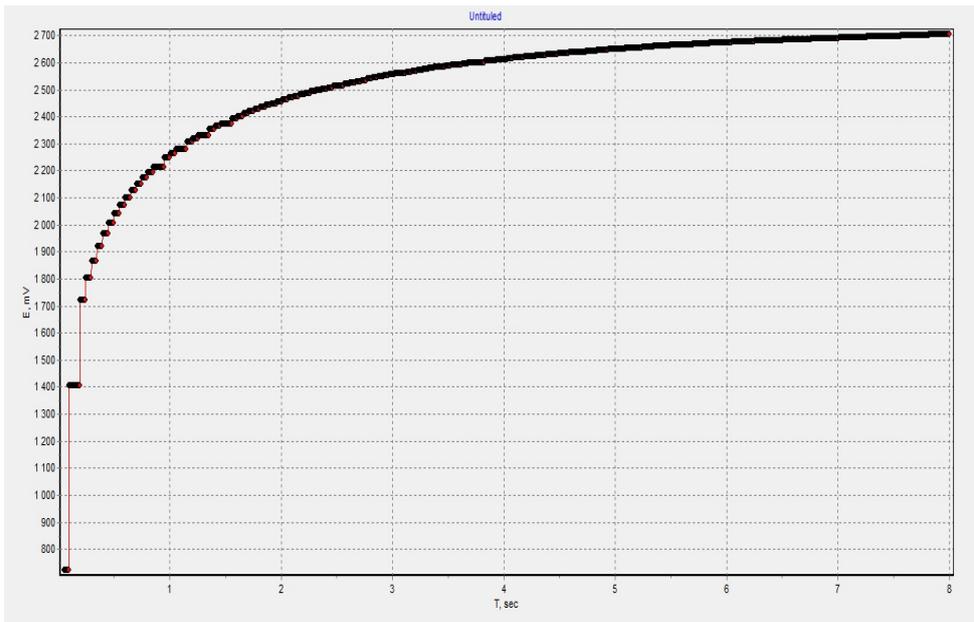


Рис. 3. Характерная кривая для пациентов группы 2

Из рис. 2 видно, что точка насыщения достигается при времени в 1,7 с, величина потенциала в данной точке равна 2600 мВ, тогда как на рис. 3 точка насыщения достигается при времени более чем в 8 с, величина потенциала в данной точке равна более 2700 мВ.

Основное отличие между полученными данными в исследуемых группах заключается в том, что при кистах поджелудочной железы, не связанных с протоковой системой, плато наступает гораздо раньше, и после этого кривая идет на спад, а при кистах, связанных с протоковой системой, плато по времени регистрируется практически в конце исследования, и после этого кривая на спад не идет.

Таким образом, для электрохимической реакции у больных с кистами поджелудочной железы, связанными с протоковой системой, требуется большая работа тока и количество времени для достижения точки насыщения, чем у пациентов с кистами поджелудочной железы, не связанными с протоковой системой, что подтверждается вышеприведенными данными.

В свою очередь джоульметрия как метод исследования электрохимических свойств содержимого кист поджелудочной железы обладает рядом преимуществ перед другими методами диагностики: быстрота и простота выполнения, отсутствие противопоказаний, возможность получить ценную информацию о связи кист поджелудочной железы с протоковой системой и интерпретировать ее за короткий промежуток времени.

Заключение

Применение джоульметрического метода у больных с кистами поджелудочной железы позволяет выявить связь с протоковой системой, что в дальнейшем играет существенную роль в определении тактики лечения пациентов.

Библиографический список

1. **Лубянский, В. Г.** Механизмы формирования постнекротических кист поджелудочной железы, сроки и методы эндоскопического чрезжелудочного дренирования / В. Г. Лубянский, В. В. Насонов, А. В. Лепилов, В. А. Яковлев // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2017. – Т. 2, № 2 (114). – С. 28–33.
2. Surgical treatment of pancreatic pseudocysts / J. L. Martinez-Ordaz, C. Toledo-Toral, N. Franco-Guerrero et al. // *Cir Cir.* – 2016. – Vol. 84, № 4. – P. 288–292.
3. **Носков, И. Г.** Методы лечения постнекротических кист поджелудочной железы: современный взгляд на проблему (обзор литературы) / И. Г. Носков // *ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA.* – 2017. – Т. 2, № 5. – С. 155–162.
4. **Герашенко, С. И.** Джоульметрия и джоульметрические системы: теория и приложение : монография / С. И. Герашенко. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2002. – 192 с.
5. **Никольский, В. И.** Исследование литогенности желчи у больных механической желтухой методом электрохимического анализа / В. И. Никольский, А. В. Герасимов, К. И. Сергацкий, В. В. Карнаухов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2017. – № 1 (41). – С. 39–46.

References

1. Lubyanskiy V. G., Nasonov V. V., Lepilov A. V., Yakovlev V. A. *Byulleten' VSNTs SO RAMN* [Bulletin of the Eastern Siberian Scientific Center of the Siberian Department of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2017, vol. 2, no. 2 (114), pp. 28–33. [In Russian]
2. Martinez-Ordaz J. L., Toledo-Toral C., Franco-Guerrero N. et al. *Cir Cir.* 2016, vol. 84, no. 4, pp. 288–292.

3. Noskov I. G. *ACTA BIOMEDICA SCIENTIFICA*. 2017, vol. 2, no. 5, pp. 155–162.
4. Gerashchenko S. I. *Dzhoul'metriya i dzhoul'metricheskie sistemy: teoriya i prilozhenie: monografiya* [Joule measurement and joule measurement systems: theory and application: monograph]. Penza: Izd-vo PGU, 2002, 192 p. [In Russian]
5. Nikol'skiy V. I., Gerasimov A. V., Sergatskiy K. I., Karnaukhov V. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki* [University proceedings. Volga region. Medical sciences]. 2017, no. 1 (41), pp. 39–46. [In Russian]

Герасимов Александр Викторович

кандидат медицинских наук, доцент,
кафедра хирургии, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: gerasimov-av30@yandex.ru

Gerasimov Aleksandr Viktorovich

Candidate of medical sciences, associate
professor, sub-department of surgery,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Никольский Валерий Исаакович

доктор медицинских наук, профессор,
кафедра хирургии, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: pmisurg@gmail.com

Nicol'skiy Valeriy Isaakovich

Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of surgery, Medical
Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Фролов Сергей Владимирович

ассистент, кафедра хирургии,
Медицинский институт, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: mebege@gmail.com

Frolov Sergey Vladimirovich

Assistant, sub-department of surgery,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Сергацкий Константин Игоревич

кандидат медицинских наук, доцент,
кафедра хирургии, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: pmisurg@gmail.com

Sergatskiy Konstantin Igorevich

Candidate of medical sciences, associate
professor, sub-department of surgery,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Феоктистова Елена Геннадьевна

кандидат медицинских наук, доцент,
кафедра хирургии, Медицинский
институт, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: eyutkina@bk.ru

Feoktistova Elena Gennad'evna

Candidate of medical sciences, associate
professor, sub-department of surgery,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Джоульметрия как метод исследования электрохимических свойств содержимого кист поджелудочной железы / А. В. Герасимов, В. И. Никольский, С. В. Фролов, К. И. Сергацкий, Е. Г. Феоктистова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 42–50. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-4.

УДК 616.411-001-089

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-5

В. В. Масляков, В. Э. Федоров, В. Ю. Барсуков, М. А. Шихмагомедов

ВЫБОР ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТАКТИКИ ПРИ ЗАКРЫТЫХ ТРАВМАХ СЕЛЕЗЕНКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЯЖЕСТИ СОСТОЯНИЯ В МОМЕНТ ПОСТУПЛЕНИЯ

Аннотация.

Актуальность и цели. Цель исследования – определение выбора хирургического лечения зарытой травмы селезенки в зависимости от тяжести состояния пациента в момент поступления.

Материалы и методы. В работе проведен ретроспективный анализ течения ближайшего послеоперационного периода 126 пациентов с закрытыми травмами селезенки, находившихся на лечении в отделении неотложной хирургии. Из общего количества пациентов преобладали лица мужского пола – 89 (70,6 %), женщин было – 37 (29,4 %). В исследование были включены пациенты обоего пола с закрытыми травмами живота, сопровождающимися сочетанными или изолированными повреждениями селезенки, возраст пациентов составил 18–55 лет. Не включались пациенты моложе 18 лет и старше 55 лет, имеющие повреждения головного и спинного мозга. С учетом того, что основным из ведущих факторов, оказывающим влияние на течение ближайшего послеоперационного периода у таких пациентов, является фактор времени, т.е. время доставки в лечебное учреждение от момента получения травмы, всех пациентов разделили на две группы: группа А – время доставки в лечебное учреждение не превышало одного часа от момента получения травмы. Данная группа разделена на две подгруппы: А1 – изолированные повреждения и А2 – сочетанные повреждения. В группу Б вошли пациенты, время доставки которых превысило один час, которые также были разделены на две подгруппы: Б1 – изолированные повреждения и Б2 – сочетанные повреждения. При травмах селезенки применялись три вида операций: спленэктомия по общепринятой методике, аутолиентрансплантация путем пересадки кусочка селезенки размером 1,5 см² в ткань большого сальника и органосохраняющие операции с применением тахокомба.

Результаты и выводы. На основании представленных данных сделано заключение, что на выбор хирургического лечения при травме селезенки оказывают влияние следующие факторы: характер повреждения, время доставки от момента повреждения и состояние в момент поступления.

Ключевые слова: травма селезенки, оперативное лечение, спленэктомия, аутолиентрансплантация, органосохраняющие операции, время доставки, выбор хирургического лечения.

V. V. Maslyakov, V. E. Fedorov, V. Yu. Barsukov, M. A. Shikhmagomedov

SELECTION OF SURGICAL TACTICS FOR CLOSED SPLEEN INJURY, DEPENDING ON THE SEVERITY OF THE CONDITION AT THE TIME OF ADMISSION

© Масляков В. В., Федоров В. Э., Барсуков В. Ю., Шихмагомедов М. А., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Abstract.

Background. The purpose of the research is to determine the selection of surgical tactics for closed spleen injury, depending on the severity of the condition at the time of admission.

Materials and methods. The work carried out a retrospective analysis of the course of the immediate postoperative period of 126 patients with closed spleen injuries who were treated in the emergency surgery unit. Of the total number of patients, males prevailed – 89 (70.6%), women – 37 (29.4%). The study included patients of both sexes with closed abdominal injuries accompanied by concomitant or closed spleen injuries; the age of the patients was 18–55 years old. Patients under 18 and over 55 with brain and spinal cord injuries were not included. Considering that, the main of the leading factors influencing the course of the immediate postoperative period in such patients is the time factor, i.e. the time of delivery to the medical institution from the moment of injury. All patients were divided into two groups: group A - the time of delivery to the medical institution did not exceed one hour from the moment of injury. This group was divided into two subgroups: A1 – closed injuries and A2 – combined injuries. The second group, Group B, included patients whose delivery time exceeded one hour, which were also divided into two subgroups: B1 – closed injuries and B2 – combined injuries. For spleen injuries, three types of operations were used: splenectomy according to the generally accepted technique, autolent transplantation by transplanting a piece of spleen 1.5 cm² into the tissue of the greater omentum, and organ-preserving operations using a tachocomb.

Conclusion. Based on the presented data, it was concluded that the choice of surgical treatment for spleen injury is influenced by the following factors: the nature of the injury, the delivery time from the moment of injury, and the state at the time of admission.

Keywords: spleen trauma, operative treatment, splenectomy, autolent transplantation, organ-preserving operations, delivery time, selection of surgical treatment.

Введение

Травма живота занимает одно из ведущих мест в современной ургентной хирургии. В 20–25 % такие травмы сопровождаются разрывами селезенки [1, 2]. Морфологические особенности строения селезенки не дают возможности достижения надежного гемостаза путем ее ушивания, поэтому основная операция, к которой прибегают хирурги, является спленэктомия. Вместе с тем имеется множество сведений о том факте, что этому органу принадлежит ряд важных функций и ее удаление приводит к развитию тяжелых осложнений [3, 4]. Для профилактики этих осложнений предложены различные методы, включающие в себя выполнение аутолиентрансплантации или органосохраняющих операций (ОСО) [5–9]. При этом выбор оперативного лечения этого органа зависит от многих факторов, например характера повреждения и наличия или отсутствия сочетанных повреждений [8, 10–18].

Однако, несмотря на достаточно большое количество публикаций, посвященных данному вопросу, остается множество нерешенных проблем.

Цель исследования – определение выбора хирургического лечения закрытой травмы селезенки в зависимости от тяжести состояния пациента в момент поступления.

Материалы и методы

В работе проведен ретроспективный анализ течения ближайшего послеоперационного периода 126 пациентов с закрытыми травмами селезенки, находившихся на лечении в отделении неотложной хирургии Больницы скорой медицинской помощи (БСМП) г. Энгельса в период с 2000 по 2019 г.

Из общего количества пациентов преобладали лица мужского пола – 89 (70,6 %), женщин было – 37 (29,4 %).

В исследование были включены пациенты с закрытыми травмами живота, сопровождающимися сочетанными или изолированными повреждениями селезенки обоего пола, возраст составил 18–55 лет. Не включались пациенты моложе 18 лет и старше 55 лет, имеющие повреждения головного и спинного мозга.

Изолированные повреждения были отмечены у 58 (46 %) пациентов, а сочетанные и множественные – у 68 (53,9 %) человек.

Анализ причин травм селезенки позволил установить, что травмы этого органа были получены вследствие дорожно-транспортного происшествия (ДТП) – у 68 (53,9 %) человек; падение с высоты – у 23 (18,2 %) человек; бытовая травма – у 16 (12,7 %) пациентов; криминальная травма – у 9 (7,1 %) человек; производственная травма – у 7 (5,5 %) пациентов; причину не удалось установить у 3 (2,4 %) человек.

Из 126 пациентов с закрытыми травмами шок различной степени тяжести был зарегистрирован у 65 (51,6 %) человек. Распределение пациентов по тяжести шока при изолированной и сочетанной травме селезенки представлено на рис. 1.

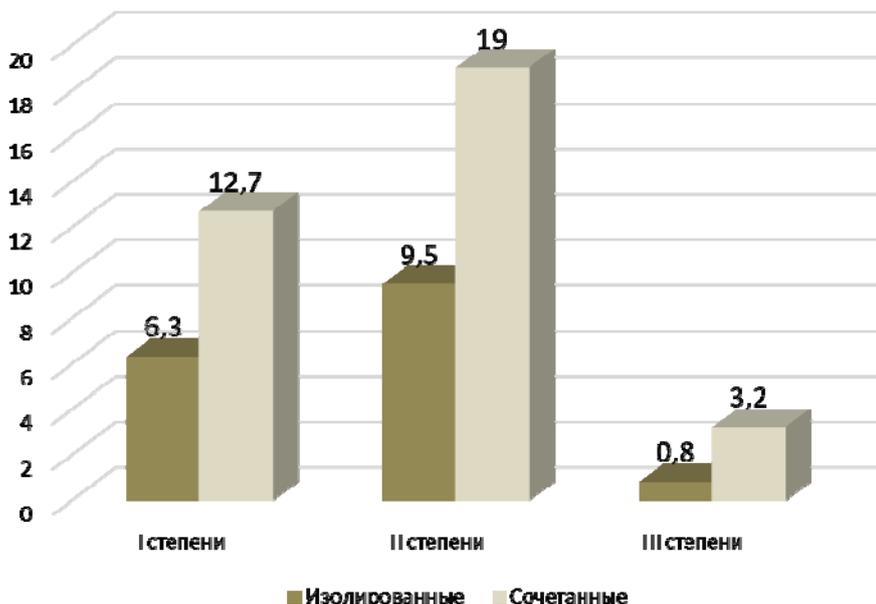


Рис. 1. Распределение пациентов с закрытыми травмами селезенки по тяжести шока (%)

Как видно из данных, представленных на рис. 1, тяжесть повреждений закономерно приводила к тяжести шока. Так, у пациентов с изолированными

повреждениями шок I степени был зарегистрирован у 8 (6,3 %) пациентов, а при сочетанных – у 16 (12,7 %). Шок II степени соответственно у 12 (9,5 %) и 24 (19 %) пациентов, а III степени – у 1 (0,8 %) и 4 (3,2 %) человек.

Распределение пациентов с закрытыми травмами селезенки по объему внутрибрюшной кровопотери представлено на рис. 2.

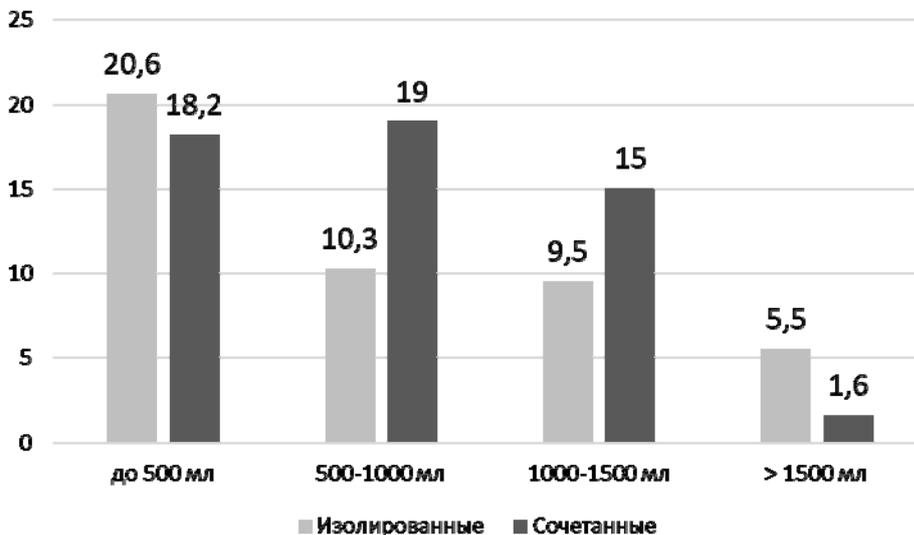


Рис. 2. Распределение пациентов с закрытыми травмами селезенками в зависимости от объема внутрибрюшной кровопотери (%)

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что у пациентов с изолированными повреждениями селезенки преобладала кровопотеря до 500 мл – у 26 (20,6 %) человек, а при сочетанных – от 500 до 1000 мл – у 24 (19 %) человек.

Для оценки тяжести травмы по двум параметрам (тяжести повреждения и тяжести состояния) применялась шкала ВПХ-СП. Тяжесть повреждения селезенки оценивали по классификации AAST (American Association for the Surgery of Trauma – Американской ассоциации хирургии травмы) [19].

О тяжести состояния пострадавших при поступлении судили по сумме баллов, полученной при сложении значения симптомов по 12 критериям по методике Е. К. Гуманенко и др. [20] по шкале ВПХ-СП с общеизвестной градацией. Сумма баллов свыше 31 по шкале ВПХ-СП характеризовала состояние больного как крайне тяжелое, а свыше 45 баллов – как критическое. Значения баллов тяжести таблицы рассчитаны с учетом вероятности летального исхода и развития осложнений.

С учетом того, что основным из ведущих факторов, оказывающим влияние на течение ближайшего послеоперационного периода у таких пациентов, является фактор времени, т.е. время доставки в лечебное учреждение от момента получения травмы, всех пациентов разделили на две группы: группа А – время доставки в лечебное учреждение не превышало одного часа от момента получения травмы. Данная группа разделена на две подгруппы: А1 – изолированные повреждения и А2 – сочетанные повреждения. В группу Б вошли пациенты, время доставки которых превысило один час, они также

были разделены на две подгруппы: Б1 – изолированные повреждения и Б2 – сочетанные повреждения.

При травмах селезенки применялись три вида операций: спленэктомия, по общепринятой методике, аутолиентрансплантация путем пересадки кусочка селезенки размером $1,5 \text{ см}^2$ в ткань большого сальника и ОСО с применением тахокомба.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного анализа было установлено, что в группе А1, состоящей из 26 (20,6 %) пациентов, спленэктомия была выполнена у 8 (6,3 %) человек, спленэктомия с аутолиентрансплантацией – у 6 (4,8 %), а ОСО – у 12 (9,5 %) пациентов. Из представленных данных видно, что в данной группе преобладало выполнение ОСО, что можно объяснить преобладанием в этой группе пациентов, состояние которых было расценено как удовлетворительное.

Виды операций у пациентов данной группы, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП, представлены на рис. 3.

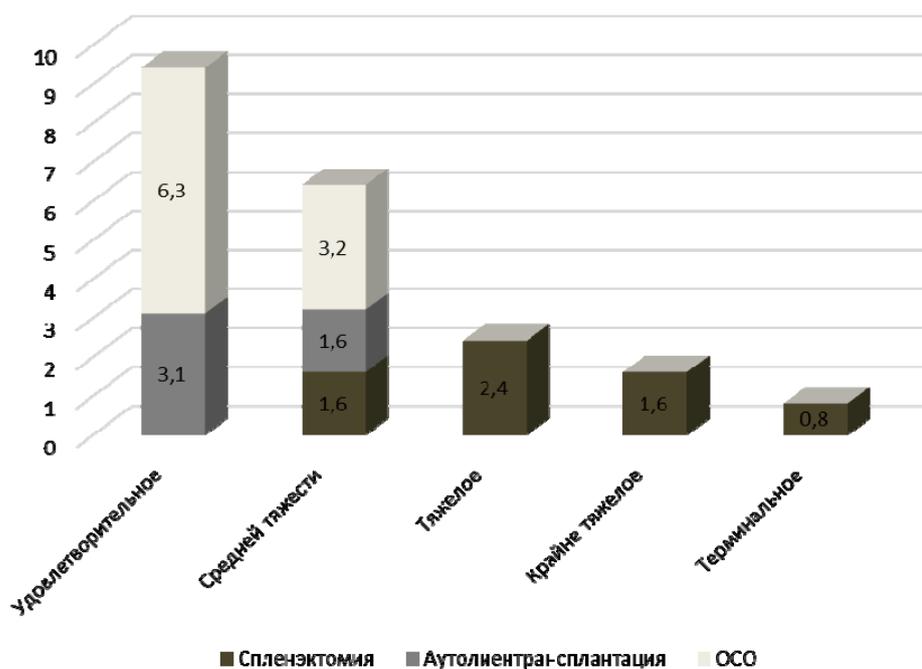


Рис. 3. Виды операций у пациентов группы А1, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП (%)

Как видно из данных, представленных на рис. 3, отмечается четкая зависимость вида выполненной операции от состояния пациентов в момент поступления. Так, в группе пациентов, состояние которых в момент поступления было расценено как удовлетворительное, спленэктомия не выполнялась, аутолиентрансплантация была выполнена в 4 (3,1 %) наблюдениях, а ОСО – в 8 (6,3 %) случаях.

В том случае, если состояние пациента было расценено как средней степени тяжести, спленэктомия и аутолиентрансплантация были выполнены в 2 (1,6 %) наблюдениях, а ОСО – в 4 (3,2 %) случаях.

При тяжелом состоянии во всех 3 (2,4 %) случаях выполнялась спленэктомия. В группах пациентов, поступивших в крайне тяжелом и терминальном состоянии, были выполнены спленэктомии в 2 (1,6 %) и 1 (0,8 %) случаях соответственно.

Считаем необходимым отметить тот факт, что в 3 (2,4 %) случаях у пациентов, поступивших в крайне тяжелом и терминальном состоянии, была применена тактика *damage control*, однако она не привела к желаемому результату, и все пациенты погибли в ближайшее время от момента поступления в стационар.

В группе А2 из 42 (33,3 %) пациентов спленэктомия была выполнена в 28 (22,2 %) наблюдениях, что статистически достоверно больше, чем в группе А1 ($p < 0,05$). Аутолиентрансплантация – в 5 (3,9 %) случаях, при сопоставлении с группой А1 статистически достоверной разницы не получено ($p > 0,05$). ОСО в данной группе удалось выполнить в 9 (7,1 %) случаях, что статистически достоверно меньше, чем в группе А1 ($p < 0,05$). Уменьшение выполненных ОСО в данной группе может быть обусловлено более тяжелым состоянием пациентов, которые поступили в более поздние сроки от момента получения травмы, чем в группе А1.

Виды операций у пациентов данной группы, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП, представлены на рис. 4.

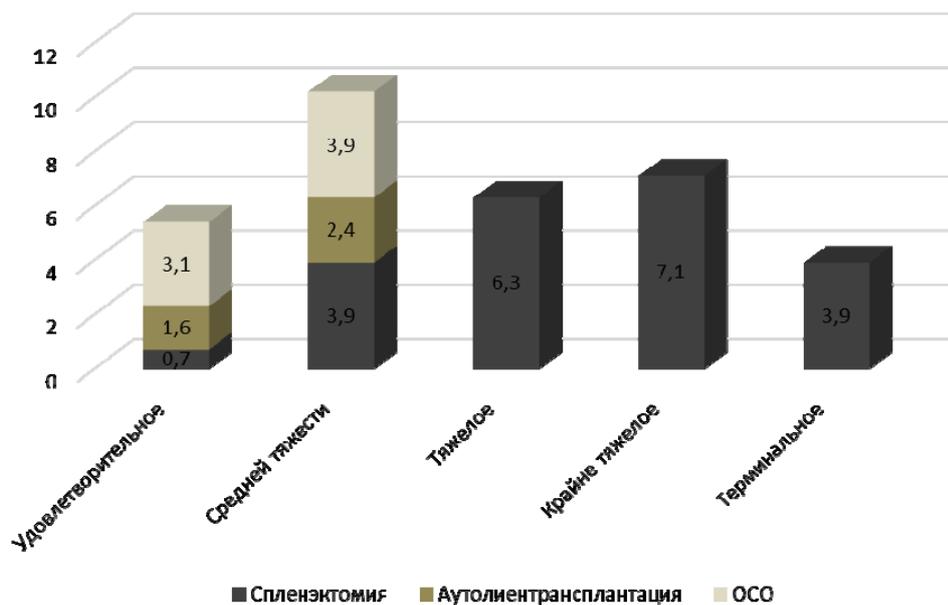


Рис. 4. Виды операций у пациентов группы А2, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП (%)

Как видно из данных, которые представлены на рис. 4, в том случае, если состояние пациента было расценено как удовлетворительное, спленэк-

томия была выполнена в 1 (0,7 %) случае, аутолиентрансплантация – в 2 (1,6 %), а ОСО – в 4 (3,1 %) наблюдениях. В том случае, если в момент поступления состояние было расценено как удовлетворительное, операцией выбора считалась ОСО. Выполнение спленэктомии и аутолиентрансплантации проводилось лишь в тех случаях, когда ОСО не было возможности выполнить по техническим причинам.

В том случае, если в момент поступления состояние пациента было расценено как средней степени тяжести, ОСО удалось выполнить в 5 (3,9 %) наблюдениях, спленэктомию – в 5 (3,9 %) случаях, а аутолиентрансплантацию – в 3 (2,4 %) наблюдениях. В этих случаях, также как и в случае поступления пациентов в удовлетворительном состоянии, операцией выбора была ОСО. Отказом от выполнения ОСО был характер повреждения селезенки, при котором достижение надежного гемостаза вызывало сомнения.

При тяжелом, крайне тяжелом и терминальном состоянии пациентов в момент поступления операцией выбора была спленэктомия, которая была выполнена в 8 (6,3 %), 9 (7,1 %) и 5 (3,9 %) случаях соответственно. Считаем, что выполнение ОСО при таких состояниях ведет к удлинению времени операции, а это в данных случаях недопустимо.

Тактика *damage control* в группе пациентов А2 была применена в 16 (12,7 %) случаях, когда в момент поступления состояние пациентов было расценено как тяжелое, крайне тяжелое и терминальное. При этом из 16 случаев применение этой тактики дало положительный результат в 6 (4,7 %) наблюдениях, когда удалось спасти жизнь пациентов за счет стабилизации состояния и удаления после этого селезенки.

Проведенный анализ пациентов группы Б1 показал, что в данной группе из 32 (25,4 %) пациентов спленэктомия была выполнена у 16 (12,7 %) человек, спленэктомия с аутолиентрансплантацией – в 10 (7,3 %) наблюдениях, а ОСО – у 6 (4,8 %) пациентов. Из представленных данных видно, что в данной группе, по сравнению с пациентами группы А1, статистически достоверно преобладали спленэктомии, которые были выполнены в данной группе в 12,7 %, а в группе А1 – в 6,3 % наблюдений ($p < 0,05$). Отмечается снижение выполнения ОСО с 6,3 % в группе пациентов А1 до 4,8 % в группе Б1 ($p < 0,05$), а также увеличение количества выполненных спленэктомий аутолиентрансплантацией с 6,3 % в группе А1 до 7,3 % в группе Б1 ($p > 0,05$). Это можно объяснить тем, что большинство пациентов в этой группе поступали в тяжелом состоянии, обусловленном наличием сочетанных и сопутствующих повреждений, и выполнение ОСО в этой ситуации было противопоказано. С другой стороны, в этой группе были выявлены повреждения селезенки, при которых выполнение ОСО, даже в том случае, если состояние пациентов в момент поступления расценивалось как удовлетворительное, было неоправданно и не могло обеспечить надежного гемостаза.

Виды операций у пациентов данной группы, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП, представлены на рис. 5.

Из представленных на рис. 5 данных видно, что наибольшее количество ОСО – 5 (3,9 %) – удалось выполнить в группе пациентов, состояние которых в момент поступления было расценено как удовлетворительное. Спленэктомия с аутолиентрансплантацией в этой группе была выполнена 7 (5,5 %) пациентам.

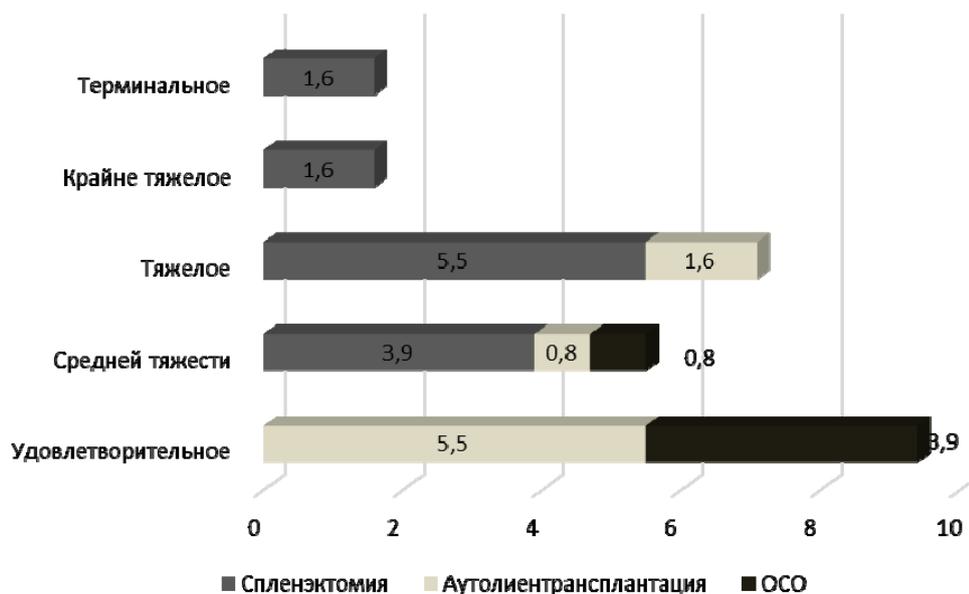


Рис. 5. Виды операций у пациентов группы Б1, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП (%)

В группе пациентов, состояние которых в момент поступления было расценено как средней степени тяжести, ОСО были выполнены в 1 (0,8 %) наблюдении, спленэктомия с аутолиентрансплантацией также в 1 (0,8 %) наблюдении. Наибольшее число – 5 (3,9 %) наблюдений – в этой группе закончилось удалением селезенки.

Среди пациентов с тяжелым состоянием ОСО не были выполнены ни в одном наблюдении, аутолиентрансплантация выполнялась в 2 (1,6 %) наблюдениях, а удаление селезенки – в 7 (5,5 %) случаях.

В группе пациентов, которые поступили в крайне тяжелом и терминальном состоянии, было выполнено только удаление селезенки – в 2 (1,6 %) случаях.

На основании представленных данных можно сделать заключение, что характер выполненной операции у пациентов группы Б1 был продиктован двумя факторами: состоянием в момент поступления и характером повреждений. В тех случаях, когда в момент поступления состояние расценивалось как тяжелое или крайне тяжелое, выполнение любой операции, за исключением спленэктомии, считалось неоправданным. Это было обусловлено тем фактором, что такие состояния сопровождаются выраженными нарушениями гемодинамики, и любое затягивание времени выполнения оперативного лечения приводит к усугублению данного состояния. В том случае, если состояние пациента позволяло удлинить время операции, то операцией выбора считалось выполнение ОСО, а в тех случаях, когда ее по техническим причинам не удавалось выполнить, как альтернатива рассматривалась аутолиентрансплантация.

Тактика *damage control* у пациентов этой группы была применена в 7 (5,5 %) случаях, при этом в 5 наблюдениях она принесла желаемый результат, у пациентов была отмечена стабилизация гемодинамики, что позволило продолжить оперативное лечение и спасти жизнь этим пациентам.

При анализе видов оперативного лечения у пациентов группы Б2 было установлено, что из 26 (29,6 %) человек ОСО не было выполнено ни у одного пациента. В 5 (3,9 %) случаях была выполнена спленэктомия с дополнением аутолиентрансплантацией. Самая распространенная операция в этой группе была спленэктомия, которая проведена в 21 (16,6 %) случае.

Распределение видов оперативного лечения у пациентов этой группы в зависимости от состояния в момент поступления, представлено на рис. 6.

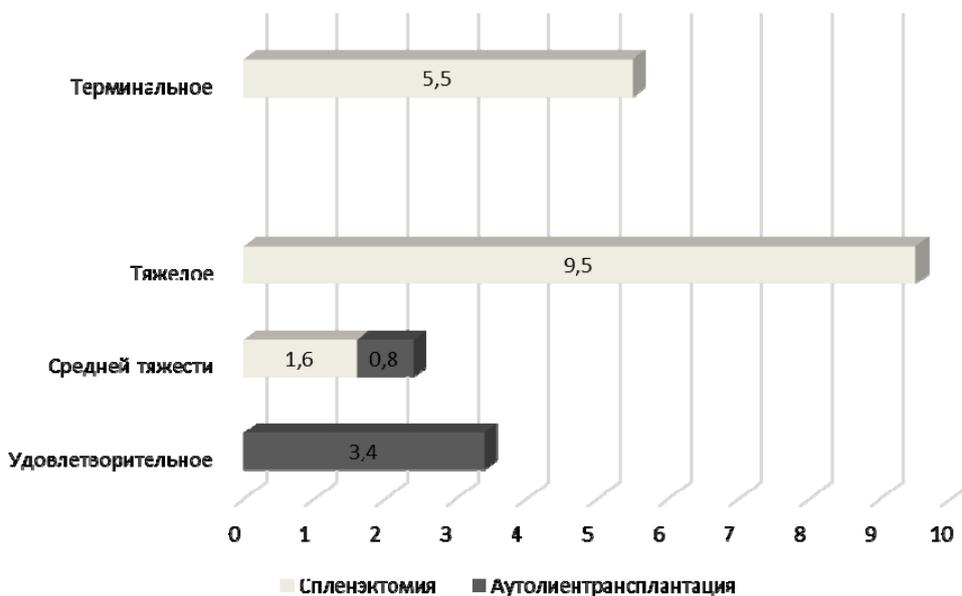


Рис. 6. Виды операций у пациентов группы Б2, выполненных в зависимости от состояния в момент поступления по шкале ВПХ-СП (%)

Как показывают данные, представленные на рис. 6, у пациентов, состояние которых было расценено как удовлетворительное, во всех наблюдениях – 4 (3,1 %) случая – спленэктомия была дополнена аутолиентрансплантацией. Отказ от выполнения ОСО в данной группе был обусловлен характером повреждения органа, когда надежного гемостаза добиться было сложно. В то же время общее состояние позволяло выполнить данный вид оперативного лечения.

В группе пациентов, состояние которых в момент поступления было расценено как средней степени тяжести, аутолиентрансплантация была выполнена в 1 (0,8 %) наблюдении, при этом преобладали спленэктомии – 2 (1,6 %) наблюдения. Проведенный анализ показал, что отказ от выполнения ОСО и аутолиентрансплантации, несмотря на небольшое количество наблюдений в этой группе, был оправдан. Характер повреждений селезенки в этой группе позволял выполнить ОСО, однако, несмотря на это и тот факт, что в момент поступления состояние данных пациентов было расценено как средней степени тяжести, во время выполнения оперативного лечения гемодинамика была нестабильной. В связи с чем в двух наблюдениях была применена тактика *damage control*. Нарушения гемодинамики в данном случае можно рассматривать как проявление отсроченного шока вследствие множественных травм и поздней доставки в лечебное учреждение.

В группе пациентов, состояние которых было расценено как тяжелое и терминальное, были выполнены только спленэктомии, соответственно в 12 (9,5 %) и 7 (5,5 %) наблюдениях. Такую тактику в отношении пациентов данной группы можно считать оптимальной, так как изначально пациенты поступали в тяжелом состоянии и основной задачей хирурга в данном случае являлось выполнение быстрого и надежного гемостаза.

Таким образом, на основании представленных данных можно сделать заключение, что на выбор хирургического лечения при травме селезенки оказывают влияние следующие факторы: характер повреждения, время доставки от момента повреждения и состояние в момент поступления.

Библиографический список

1. **Чарышкин, А. Л.** Аутоотрансплантация ткани селезенки у больных с разрывом селезенки с закрытой травмой живота / А. Л. Чарышкин, В. П. Демин, М. Р. Гафиуллов // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2012. – № 3. – С. 68–74.
2. Особенности течения ближайшего послеоперационного периода при ранениях живота с повреждениями селезенки / В. В. Масляков, Ю. Г. Шапкин, А. Я. Дадаев, С. А. Куликов, М. А. Шихмагомедов // Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н. В. Склифосовского. – 2020. – № 9 (1). – С. 14–20.
3. **Морозов, Д. А.** Значение резидуальной селезеночной ткани в профилактике постспленэктомического гипоспленизма (обзор современной литературы) / Д. А. Морозов, С. А. Ключев // Детская хирургия. – 2015. – № 19 (6). – С. 34–40.
4. **Морозов, Д. А.** Постспленэктомический гипоспленизм / Д. А. Морозов, С. А. Ключев // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2015. – № 70 (4). – С. 413–418.
5. Хирургическая тактика при повреждениях селезенки / М. М. Гладинец, А. К. Садыков, А. Т. Маратова, Н. С. Шарипова, Д. Н. Кенжалина // Наука и здравоохранение. – 2013. – № 1. – С. 16–18.
6. **Чарышкин, А. Л.** Хирургическое лечение больных с травматическими повреждениями селезенки / А. Л. Чарышкин, В. П. Демин, М. Р. Гафиуллов // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2015. – № 3. – С. 66–72.
7. **Тимербулатов, М. В.** Органосохраняющая и мини-инвазивная хирургия селезенки при ее повреждениях / М. В. Тимербулатов, А. Г. Хасанов, Р. Р. Фаязов // Медицинский вестник Башкортостана. – 2007. – № 2 (5). – С. 25–29.
8. **Смолькина, А. В.** Особенности ведения пациентов при сочетанной травме с разрывом селезенки / А. В. Смолькина, С. В. Макаров, Р. М. Евсеев, Н. И. Халитова // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2019. – № 3 (39). – С. 137–140.
9. **Чарышкин, А. Л.** Эффективность ушивания ран печени и селезенки при травматических повреждениях органов брюшной полости / А. Л. Чарышкин, М. Р. Гафиуллов, В. П. Демин // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2012. – № 3. – С. 42–44.
10. **Алексеев, В. С.** Сочетанная травма селезенки / В. С. Алексеев, Е. С. Катанов // Вестник Чувашиского университета. – 2013. – № 3. – С. 341–346.
11. **Пикало, И. А.** Повреждения селезенки в структуре сочетанной травмы у детей / И. А. Пикало // Acta Biomedica Scientifica. – 2012. – № 86 (4). – С. 101–105.
12. **Подкаменев, В. В.** Повреждения селезенки при сочетанной летальной травме у детей / В. В. Подкаменев, И. А. Пикало, А. П. Зайцев // Детская хирургия. – 2012. – № 6: – С. 12–14.

13. **Подкаменев, В. В.** Критерии выбора способа лечения детей с повреждениями селезенки / В. В. Подкаменев, И. А. Пикало // *Детская хирургия*. – 2014. – № 5. – С. 23–27.
14. **Jeremitsky, E.** Starting the clock: defining nonoperative management of blunt splenic injury by time / E. Jeremitsky, R. S. Smith, A.W. Ong // *Am. J. Surg.* – 2013. – № 205 (3). – P. 298–301.
15. Nonoperative management of splenic injuries: significance of age / A. W. Ong, K. E. Eilertson, E. F. Reilly, T. A. Geng, F. Madbak, A. McNicholas, F. B. Fernandez // *J. Surg. Res.* – 2016. – № 201 (1). – P. 134–140.
16. Ten-year experience of splenic trauma in New Zealand: the rise of non-operative management / Y. Alamri, D. Moon, D. A. Yen, C. Wakeman, T. Eglinton, F. Frizelle // *NZ Med. J.* – 2017. – № 130 (1463). – P. 11–18.
17. Nonoperative treatment of blunt injury to solid abdominal organs / G. C. Velmahos, K. G. Toutouzias, R. Radin, L. Chan, D. Demetria-des // *Arch. Surg.* – 2003. – № 138 (8). – P. 844–51.
18. **Pereira, B. M.** Non-operative management of hepatic trauma and the interventional radiology: an update review / B. M. Pereira // *Indian J. Surg.* – 2013. – № 75 (5). – P. 339–45.
19. URL: <http://www.aast.org/library/traumatools/injuryscoringscales.aspx#kidney>
20. **Гуманенко, Е. К.** Объективная оценка тяжести травм / Е. К. Гуманенко, В. В. Бояринцев, Т. Ю. Супрун, П. П. Ляшедько. – Санкт-Петербург : ВМедА, 1999. – 110 с.

References

1. Charyshkin A. L., Demin V. P., Gafulllov M. R. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal* [Ulyanovsk medical and biological journal]. 2012, no. 3, pp. 68–74. [In Russian]
2. Maslyakov V. V., Shapkin Yu. G., Dadaev A. Ya., Kulikov S. A., Shikmagomedov M. A. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'. Zhurnal im. N. V. Sklifosovskogo* [Emergency medical care. Journal named after N. V. Sklifosovsky]. 2020, no. 9 (1), pp. 14–20. [In Russian]
3. Morozov D. A., Klyuev S. A. *Detskaya khirurgiya* [Pediatric surgery]. 2015, no. 19 (6), pp. 34–40. [In Russian]
4. Morozov D. A., Klyuev S. A. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2015, no. 70 (4), pp. 413–418. [In Russian]
5. Gladinets M. M., Sadykov A. K., Maratova A. T., Sharipova N. S., Kenzhalina D. N. *Nauka i zdravookhranenie* [Science and healthcare]. 2013, no. 1, pp. 16–18. [In Russian]
6. Charyshkin A. L., Demin V. P., Gafulllov M. R. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal* [Ulyanovsk medical and biological journal]. 2015, no. 3, pp. 66–72. [In Russian]
7. Timerbulatov M. V., Khasanov A. G., Fayazov R. R. *Meditsinskiy vestnik Bashkortostana* [Bashkortostan medical bulletin]. 2007, no. 2 (5), pp. 25–29. [In Russian]
8. Smol'kina A. V., Makarov S. V., Evseev R. M., Khalitova N. I. *Vestnik meditsinskogo instituta «Reaviz»: reabilitatsiya, vrach i zdorov'e* [Bulletin of medical Institute “Reaviz”: rehabilitation, doctor and health]. 2019, no. 3 (39), pp. 137–140. [In Russian]
9. Charyshkin A. L., Gafulllov M. R., Demin V. P. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Irkutsk)* [Siberian medical journal (Irkutsk)]. 2012, no. 3, pp. 42–44. [In Russian]
10. Alekseev V. S., Katanov E. S. *Vestnik Chuvashskogo universiteta* [Bulletin of Chuvash University]. 2013, no. 3, pp. 341–346. [In Russian]
11. Pikalo I. A. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012, no. 86 (4), pp. 101–105.

12. Podkamenev V. V., Pikalo I. A., Zaytsev A. P. *Detskaya khirurgiya* [Pediatric surgery]. 2012, no. 6, pp. 12–14. [In Russian]
13. Podkamenev V. V., Pikalo I. A. *Detskaya khirurgiya* [Pediatric surgery]. 2014, no. 5, pp. 23–27. [In Russian]
14. Jeremitsky E., Smith R. S., Ong A. W. *Am. J. Surg.* 2013, no. 205 (3), pp. 298–301.
15. Ong A. W., Eilertson K. E., Reilly E. F., Geng T. A., Madbak F., McNicholas A., Fernandez F. B. *J. Surg. Res.* 2016, no. 201 (1), pp. 134–140.
16. Alamri Y., Moon D., Yen D. A., Wakeman C., Eglinton T., Frizelle F. *NZ Med. J.* 2017, no. 130 (1463), pp. 11–18.
17. Velmahos G. C., Toutouzas K. G., Radin R., Chan L., Demetria-des D. *Arch. Surg.* 2003, no. 138 (8), pp. 844–51.
18. Pereira B. M. *Indian J. Surg.* 2013, no. 75 (5), pp. 339–45.
19. Available at: <http://www.aast.org/library/traumatools/injuryscoringscales.aspx#kidney>
20. Gumanenko E. K., Boyarintsev V. V., Suprun T. Yu., Lyashed'ko P. P. *Ob'ektivnaya otsenka tyazhesti travm* [Objective assessment of the severity of injuries]. Saint-Petersburg: VMedA, 1999, 110 p. [In Russian]

Масляков Владимир Владимирович
доктор медицинских наук, профессор,
проректор по научной работе,
Саратовский медицинский университет
«Реавиз» (Россия, г. Саратов,
ул. Верхний рынок, корпус 10)
E-mail: maslyakov@inbox.ru

Maslyakov Vladimir Vladimirovich
Doctor of medical sciences, professor,
vice-rector for research, Saratov Medical
University “Reaviz” (building 10,
Verkhny rynek street, Saratov, Russia)

Федоров Владимир Эдуардович
доктор медицинских наук, профессор,
кафедра хирургии и онкологии,
Саратовский государственный
медицинский университет имени
В. И. Разумовского (Россия, г. Саратов,
ул. Большая Казачья, 112)
E-mail: meduniv@sgmu.ru

Fedorov Vladimir Eduardovich
Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of surgery and oncology,
Saratov State Medical University named
after V. I. Razumovsky (112 Bolshaya
Kazachya street, Saratov, Russia)

Барсуков Владислав Юрьевич
доктор медицинских наук, профессор,
кафедра факультетской хирургии
и онкологии, Саратовский
государственный медицинский
университет имени В. И. Разумовского
(Россия, г. Саратов, ул. Большая
Казачья, 112)
E-mail: meduniv@sgmu.ru

Barsukov Vladislav Yur'evich
Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of faculty surgery
and oncology, Saratov State
Medical University named after
V. I. Razumovsky (112 Bolshaya
Kazachya street, Saratov, Russia)

Шихмагомедов Мурат Альбертович
аспирант, Саратовский медицинский
университет «Реавиз» (Россия,
г. Саратов, ул. Верхний рынок,
корпус 10)
E-mail: mail@reaviz.ru

Shikmagomedov Murat Al'bertovich
Postgraduate student, Saratov Medical
University “Reaviz” (building 10,
Verkhny rynek street, Saratov, Russia)

Образец цитирования:

Масляков, В. В. Выбор хирургической тактики при закрытых травмах селезенки в зависимости от тяжести состояния в момент поступления / В. В. Масляков, В. Э. Федоров, В. Ю. Барсуков, М. А. Шихмагомедов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 51–63. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-5.

УДК 611.061.1

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-6

Э. С. Кафаров, И. У. Вагабов, О. К. Зенин

ВАРИАНТНАЯ АНАТОМИЯ И ТРЕХМЕРНО-КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ФОРМИРОВАНИЯ СЕГМЕНТАРНЫХ АРТЕРИЙ ПОЧЕК¹

Аннотация.

Актуальность и цели. Цель исследования – установить вариантную анатомию и провести количественный анализ сегментарных артерий почек.

Материалы и методы. Проведен трехмерный анализ 116 коррозионных препаратов артериальной системы почки человека. После 3D-оцифровки были созданы базы данных, включающие различные варианты и типы ветвления сегментов артерий.

Результаты. Количество сегментарных артерий почки, источники кровоснабжения сегментов почки, места их отхождений зависят от вариантов деления почечных артерий и типов ветвления внутриорганных ветвей. Полусные сегменты почек получают кровь из различных источников. К ним идут сосуды от вентральной и дорсальной ветвей почечной артерии. При рассыпном типе ветвления количество сегментарных артерий относительно больше, чем при магистральном типе.

Выводы. Результаты свидетельствуют об индивидуальном анатомическом количественном диморфизме сегментарных артерий почки. Предполагаемыми областями применения полученных результатов являются кафедры морфологического профиля, а также лучевых методов исследования, урологии, полостной хирургии и трансплантологии.

Ключевые слова: почка, почечная артерия, сегмент.

E. S. Kafarov, I. U. Vagabov, O. K. Zenin

VARIANT ANATOMY AND A 3-D QUANTITATIVE ANALYSIS OF SEGMENTAL RENAL ARTERIES FORMATION SOURCES

Abstract.

Background. The purpose of the research is to establish variant anatomy and to conduct quantitative analysis of segmental renal arteries.

Materials and methods. Three-dimensional analysis of 116 corrosive preparations of the renal arterial system was performed. After 3D digitization, databases were created including various variants and types of branching of arterial segments.

¹ Статья опубликована в рамках реализации гранта РФФИ согласно договору 19-315-90033.

© Кафаров Э. С., Вагабов И. У., Зенин О. К., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Results. The number of renal segmental arteries, the sources of blood supply to the renal segments, the place of their discharge depend on the division variants of the renal arteries and types of branching of the intra-organ branches. The pole segments of the kidneys receive blood from various sources. These are the vessels from the ventral and dorsal branches of the renal artery. In the loose type of branching, the number of segmental arteries is relatively larger than in the trunk type.

Conclusions. The results indicate an individual anatomical quantitative dimorphism of the segmental renal arteries. The proposed fields of application of the obtained results are the departments of morphological profile, as well as radiation methods of research, urology, cavity surgery and transplantology.

Keywords: kidney, renal artery, segment.

Введение

Сосудистой системе почки посвящено большое количество работ. Однако до сих пор отсутствует единая точка зрения о доле, зональном и сегментарном строении почки. Отсутствуют точные критерии, по которым вещество почки делят на доли или сегменты [1–6]. Много работ посвящено вопросу наличия в почках малососудистых зон и определению сегментарности внутриорганных артерий почки. В настоящее время нет единого мнения о количестве почечных сегментов. Ряд авторов утверждают, что число сегментов почки может достигать шести [7, 8]. Так, по данным Л. А. Олофинского (1970), почка имеет 4 сегмента в 3,5 % случаев, 5 сегментов – в 72,6 % случаев и 6 сегментов в 23,9 % случаев [6]. Ш. Р. Сабировым (1978) было выявлено 4 сегмента почки в 35 % случаев, 5 сегментов – в 38,5 % случаев и 6 сегментов в 26,5 % случаев [9]. Вопросами сегментарного строения почки занимались как отечественные, так и зарубежные ученые. Так, по данным Longia, почка имеет 5 сегментов, что выявлено в 53 % случаев, 4 сегмента – в 46 % случаев и 3 сегмента почки имели в 1 % случаев [10]. Среди выявленных вариантов – почки с количеством сегментов менее пяти: при первом варианте отсутствовал верхний сегмент почки (15 % наблюдений); при втором варианте – один впередилоханочный сегмент, состоящий из объединенных верхнего и нижнего (14 % наблюдений); при третьем варианте отсутствовал сегмент нижнего полюса (17 % случаев) [11]. Вариантной анатомией сегментов занимался и Samraio [12, 13]. По его данным, 5 сегментов имела почка в 61,2 % наблюдений, 4 сегмента почка имела в 38,8 % случаев. Вероятно, это связано с тем, что за сегментарную артерию авторы принимают ветви различного порядка [12, 13].

Таким образом, имеет место необходимость проведения исследований по изучению сегментарного строения почек, их зон, количества и источников кровоснабжения. Это диктуется запросами практической хирургии в плане выполнения сегментарных резекций или органосохраняющих операций на почках. Ожидаемые морфологические данные позволят проводить органосберегающие операции.

Цель исследования – установить вариантную анатомию и провести количественный анализ сегментарных артерий почек.

Материалы и методы

Проведен трехмерный анализ 116 коррозионных препаратов (рис. 1, 2) артериальной системы почки человека [2, 5]. Коррозионные препараты под-

вергались 3D оцифровке. После 3D-оцифровки полихромных коррозионных препаратов артериальной системы почки человека были созданы базы данных, включающие различные варианты и типы ветвления сегментов артерий. Компьютерная программа создавала виртуальные 3D-паттерны артериальной системы почки путем трехмерной графической реконструкции. После чего полихромные коррозионные препараты артериальной системы почки подвергались частичной декомпозиции до обнажения магистральных крупных артериальных стволов с последующим 3D-сканированием и созданием баз данных.

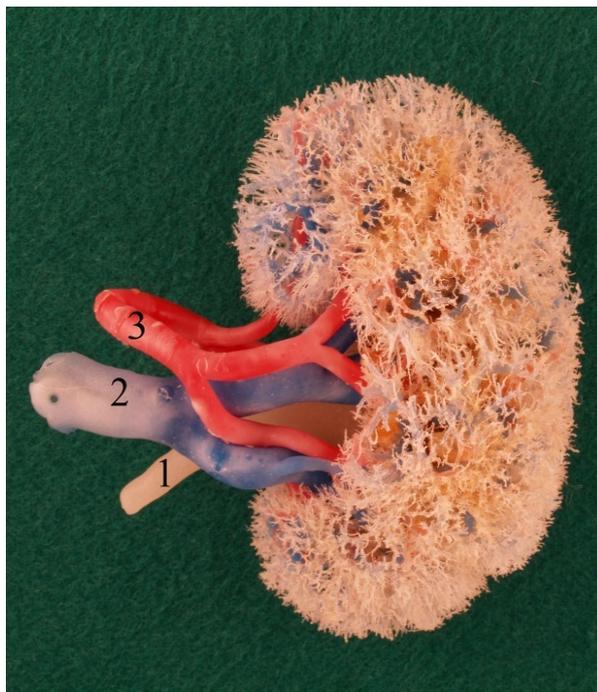


Рис. 1. Коррозионный препарат сосудов почки (мужчина, 47 лет):
1 – лоханка; 2 – почечные вены; 3 – почечные артерии делятся на вентральную и дорсальную ветви (рассыпной тип ветвления артериальных сосудов)

Компьютерные программы Mimics-8.1 и 3D-max использовали для определения:

- трехмерной (3D) проекции артериальных сосудов почек по отношению к фронтальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостям;
- внеорганных ветвей почечной артерии в трехмерной проекции;
- количества почечных артерий в воротах почки;
- топографии почечных артерий в воротах почки.

Варианты деления почечной артерии в воротах почки: экстраорганное деление почечной артерии и интраорганное деление почечной артерии.

Типы разветвления почечной артерии внутри почки в зависимости от вариантов деления в воротах каждой ее ветви:

- магистральный тип ветвления;
- рассыпной тип ветвления.

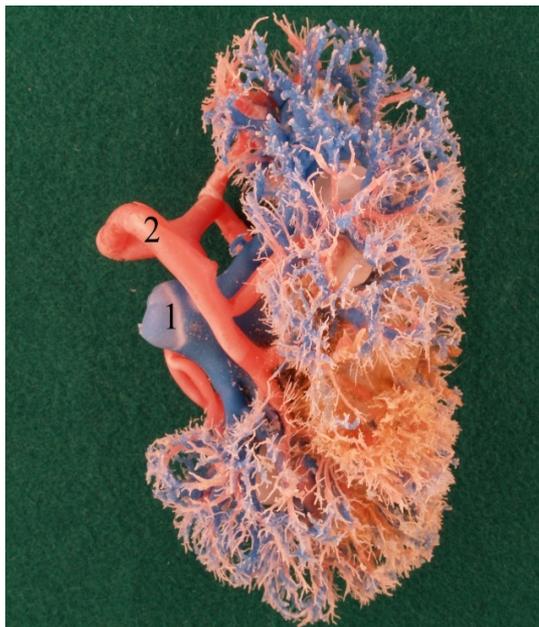


Рис. 2. Коррозионный препарат сосудов почки (мужчина, 45 лет).
1 – почечные вены; 2 – почечные артерии делятся на вентральную и дорсальную ветви (магистральный тип ветвления артериальных сосудов)

Количество артериальных сосудов почечной артерии разных порядков в зависимости от типов интраорганного ветвления каждой ветви почечной артерии в трехмерной проекции:

- количество сосудов первого порядка (I);
- количество сосудов второго порядка (II);
- количество сосудов третьего порядка (III);
- количество сосудов четвертого порядка (IV).

Количество сегментарных артерий, их бассейны в почках в зависимости от типов интраорганного ветвления ветвей почечной артерии в 3D-проекции:

- при магистральном типе ветвления;
- при рассыпном типе ветвления.

Статистическая обработка включала вычисление основных показателей распределения случайных величин: медианы, средней величины, квартилей, доверительного интервала, минимального и максимального значения, дисперсии, среднего квадратичного отклонения, ошибки средней, ошибки медианы. Использовали лицензионный пакет прикладных статистических программ MedStat в соответствии с рекомендациями [14].

Результаты исследования

В результате проведенных исследований установлено, что в 54,2 % случаев наблюдаются варианты деления главной почечной артерии на вентральную и дорсальную ветви. Установлено наличие четырех вариантов ветвления вентральных и дорсальных артерий (табл. 1). При первом варианте вентральная ветвь делилась по рассыпному типу, а дорсальная – по магистральному (46,2 % случаев).

Таблица 1

Варианты источников кровоснабжения верхнего полносного сегмента при делении главной почечной артерии на вентральную и дорсальную ветви

Вариант (%)	Ветвь	Тип ветвления артерий	Варианты источников кровоснабжения (%)	Сегмент	
I (46,2 %)	Вентральная ветвь почечной артерии	Рассыпной тип	1 артерия, отходящая от вентральной артерии (41,2 %)	Верхний полносной сегмент	
	Дорсальная ветвь почечной артерии	Магистральный тип	2 артерии, отходящие от вентральной и дорсальной артерий (32,3 %)		
	II (23,3 %)	Вентральная ветвь почечной артерии	Рассыпной тип	1 артерия, отходящая от главной почечной артерии (21,2 %)	Верхний полносной сегмент
				1 артерия, отходящая от дорсальной артерии (5,3 %)	
III (19,4 %)	Вентральная ветвь почечной артерии	Магистральный тип	2 артерии, отходящие от вентральной артерии (36,2 %)	Верхний полносной сегмент	
			2 артерии, отходящие от вентральной и дорсальной артерий (31,4 %)		
	Дорсальная ветвь почечной артерии	Рассыпной тип	1 артерия, отходящая от вентральной артерии (24,3 %)	Верхний полносной сегмент	
			1 артерия, отходящая от вентральной артерии (8,1 %)		
IV (11,1 %)	Вентральная ветвь почечной артерии	Магистральный тип	1 артерия, отходящая от вентральной артерии (64,4 %)	Верхний полносной сегмент	
			2 артерии, отходящие от вентральной артерии (31,3 %)		
	Дорсальная ветвь почечной артерии	1 артерия, отходящая от главной почечной артерии (4,3 %)			
IV (11,1 %)	Вентральная ветвь почечной артерии	Магистральный тип	1 артерия, отходящая от вентральной артерии (55,2 %)	Верхний полносной сегмент	
			2 артерии, отходящие от вентральной и дорсальной ветвей (24,3 %)		
	Дорсальная ветвь почечной артерии	Рассыпной тип	1 артерия, отходящая от дорсальной артерии (14,4 %)		
			1 артерия, отходящая от главной почечной артерии (6,1 %)		

Анализ уровневой организации звеньев системы почечной артерии при данном варианте и типе ветвления показал, что количество сегментарных артерий *A. interlobares* – 1 (III) составляло в среднем ($X \pm m$) 7 ± 1 . Так, при наличии в почках пяти сегментов при первом варианте верхнеполюсной сегмент кровоснабжался одной артерией – *A. interlobares* – 1 (III), отходящей от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), что встретили в 41,2 % случаев. При втором варианте данный сегмент питается двумя сегментарными артериями, причем одна из них отходила от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), разветвляясь в вентральной половине верхнеполюсного сегмента, а другая сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III) являлась ветвью дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II) и распределялась в дорсальной половине верхнеполюсного сегмента, что было обнаружено в 32,3 % случаев. При третьем варианте в верхнеполюсном сегменте разветвлялась одна артерия, отходящая от главной почечной артерии *A. renalis* (I), что выявлено в 21,2 % случаев. И, наконец, при четвертом варианте в верхнеполюсном сегменте распределялась одна сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III), которая отходила от дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II), что было обнаружено в 5,3 % случаев. При данном варианте ветвления артерий и при пятисегментарном строении почки в верхнем переднем и в нижнем переднем сегментах распределялись по одной сегментарной артерии *A. interlobares* – 1 (III), которые являлись ветвями вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II). В кровоснабжении нижнеполюсного сегмента при данном типе ветвления мы обнаружили три разновидности. Так, при первой – в нижнеполюсном сегменте распределялась одна сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III), отходившая от вентральной ветви *A. ventralis (zonal)* (II), что встретили в 68,3 % случаев. При второй – нижнеполюсной сегмент питается двумя сегментарными артериями *A. interlobares* – 1 (III), причем первая являлась ветвью вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II) и распределялась в вентральной и дорсальной половине нижнеполюсного сегмента, а вторая являлась ветвью дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II), питая в основном задние отделы нижнеполюсного сегмента – 27,4 % случаев. При третьей – питание нижнеполюсного сегмента происходило за счет ветви, отходившей от главной почечной артерии – *A. renalis* (I), что встретили в 4,3 % случаев. При этом в заднем сегменте распределялась одна сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III), которая являлась продолжением дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II).

В 23,8 % наблюдений при делении главной почечной артерии на вентральную и дорсальную ветви был выявлен второй вариант ветвления внутриорганный артериальной системы почки, где обе артерии делились по рассыпному типу. Анализ уровневой организации звеньев системы почечной артерии при данном варианте и типе ветвления артериальных сосудов почек показал, что количество сегментарных артерий *A. interlobares* – 1 (III) составляло в среднем – 9 ± 1 . В кровоснабжении верхнеполюсного сегмента также было выявлено несколько разновидностей. Так, при первой – в верхнеполюсном сегменте распределялись две сегментарные артерии *A. interlobares* – 1 (III), причем обе отходившие от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II) распределялись в вентральной и дорсальной части верхнеполюсного сегмента, что встретили в 36,2 % случаев. При второй – в верхнеполюсном сегменте распределяются также две сегментарные артерии *A. interlobares* – 1 (III), только

одна из них отходила от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), разветвляясь в вентральной половине верхнеполюсного сегмента, а другая от дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II), распределяясь в дорсальной половине данного сегмента, что встретили в 31,4 % случаев. При третьей – верхнеполюсной сегмент кровоснабжается одной сегментарной артерией *A. interlobares – 1* (III), отходящей от вентральной – *A. ventralis (zonal)* (II), что встретили в 24,3 % случаев. При четвертой – в верхнеполюсном сегменте распределяется также одна сегментарная артерия *A. interlobares – 1* (III), но только являясь ветвью дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II), что встречалось в 8,1 % случаев.

В верхнем переднем и в нижнем переднем сегментах распределялись по одной и по две сегментарные артерии *A. interlobares – 1* (III), которые ответвлялись от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II). Причем в первом случае верхний передний сегмент кровоснабжался двумя, а нижнепередний – одной сегментарной артерией *A. interlobares – 1* (III) (66,5 % случаев) и, наоборот, верхний передний сегмент кровоснабжался одной, а нижнепередний – двумя сегментарными артериями *A. interlobares – 1* (III), отходящими от вентральной артерии – *A. ventralis (zonal)* (II), что было обнаружено в 33,5 % случаев.

В кровоснабжении нижнеполюсного сегмента при данном варианте и типе ветвления артерий было установлено три различных случая. Так, при первом случае нижнеполюсной сегмент питался двумя сегментарными артериями *A. interlobares – 1* (III). Причем одна из них являлась ветвью вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), распределялась в вентральной и дорсальной половине нижнеполюсного сегмента почки, а вторая – ветвь дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II) – распределялась в основном в задних отделах нижнеполюсного сегмента почки, что выявлено в 54,2 % случаев. При втором случае в нижнеполюсном сегменте распределялись две сегментарные артерии *A. interlobares – 1* (III), отходившие от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), что выявлено в 37,3 % случаев. При третьем варианте нижнеполюсной сегмент кровоснабжался ветвью, отходившей от самой главной почечной артерии *A. renalis* (I), что мы встретили в 8,5 % случаев. В заднем сегменте почки распределялась одна или две сегментарные артерии *A. interlobares – 1* (III), (58,5 и 41,5 % случаев) соответственно, которые являлись ветвями дорсальной артерии почки *A. dorsalis (zonal)* (II).

В 19,4 % случаев при делении главной почечной артерии на вентральную и дорсальную ветви выявлен третий тип ветвления артериальных сосудов почки, где обе ветви системы почечной артерии имели магистральный тип. Анализ уровневой организации звеньев системы почечной артерии при данном варианте и типе ветвления артериальных сосудов почки показал, что количество сегментарных артерий *A. interlobares – 1* (III) составляло в среднем 6 ± 1 .

При наличии в почках пяти сегментов при первом варианте верхнеполюсной сегмент питался одной артерией *A. interlobares – 1* (III), отходящей от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), что обнаружено в 64,4 % случаев. При втором варианте верхнеполюсной сегмент питался двумя артериями *A. interlobares – 1* (III), причем отходящими также от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), которые разветвлялись в вентральной и дорсальной половине верхнеполюсного сегмента, что обнаружено в 31,3 % случаев. При

третьем варианте в верхнеполюсном сегменте распределялась одна артерия, отходящая от главной почечной артерии *A. renalis* (I), что обнаружено в 4,3 % случаев.

При пятисегментарном строении почки в верхнем переднем и в нижнем переднем сегментах распределяются по одной сегментарной артерии *A. interlobares* – 1 (III), которые отходят от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II). В кровоснабжении нижнеполюсного сегмента при данном варианте и типе ветвления артерий установлено три варианта. При первом варианте в нижнеполюсном сегменте распределяется одна сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III), являясь ветвью вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II) и распределяясь в вентральной и дорсальной половине нижнеполюсного сегмента, что обнаружено в 59,3 % случаев. При втором варианте нижнеполюсной сегмент питался двумя сегментарными артериями – *A. interlobares* – 1 (III), отходившими от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), что встретили в 32,4 % случаев. При третьем варианте питание нижнеполюсного сегмента происходило за счет ветви, отходившей от самой главной почечной артерии *A. renalis* (I), что мы встретили в 8,3 % случаев.

В заднем сегменте почки распределялась одна сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III), которая являлась продолжением дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II).

При четвертом варианте ветвления системы почечной артерии вентральная ветвь имела магистральный тип ветвления, а дорсальная – рассыпной, что встретили в 11,1 % случаев. При этом уровневая организация звеньев системы почечной артерии при данном варианте и типе ветвления артериальных сосудов почки показала, что количество сегментарных артерий *A. interlobares* – 1 (III) составляло в среднем 7 ± 1 .

Анализ первого варианта показал, что верхнеполюсной сегмент кровоснабжается одной сегментарной артерией *A. interlobares* – 1 (III), причем отходящей от вентральной артерии *A. ventralis (zonal)* (II), разветвляясь в вентральной и дорсальной половине верхнеполюсного сегмента, что выявлено в 55,2 % случаев. При втором варианте верхнеполюсной сегмент питается двумя сегментарными артериями *A. interlobares* – 1 (III), причем одна из них отходит от вентральной ветви *A. ventralis (zonal)* (II), а вторая – от дорсальной *A. dorsalis (zonal)* (II), что встретили 24,3 % случаев. При третьем варианте в верхнеполюсном сегменте распределялась одна артерия, отходящая от дорсальной *A. dorsalis (zonal)* (II) – 14,4 % случаев. При четвертом варианте в верхнеполюсном сегменте распределялась одна артерия, отходящая от главной почечной артерии *A. renalis* (I), что обнаружено в 6,1 % случаев.

При наличии в почках пяти сегментов в верхнем переднем и в нижнем переднем сегментах распределяются по одной сегментарной артерии *A. interlobares* – 1 (III), которые ответвлялись от вентральной артерии – *A. ventralis (zonal)* (II). В кровоснабжении нижнеполюсного сегмента при данном варианте и типе ветвления артерий установлено три варианта. При первом варианте нижнеполюсной сегмент питается одной сегментарной артерией *A. interlobares* – 1 (III), являясь ветвью вентральной артерии – *A. ventralis (zonal)* (II) и распределяясь в вентральной и дорсальной половине нижнеполюсного сегмента, что обнаружено в 67,3 % случаев. При втором варианте в нижнеполюсном сегменте распределяются две сегментарные арте-

рии *A. interlobares* – 1 (III), отходящие от вентральной *A. ventralis (zonal)* (II) и дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II) – 28,4 % случаев. При третьем варианте нижнеполюсной сегмент питается за счет ветви, отходящей от самой главной почечной артерии *A. renalis* (I), что мы встретили 4,3 % случаев.

При первом варианте в заднем сегменте распределялась одна сегментарная артерия *A. interlobares* – 1 (III), которая являлась ветвью дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II), что обнаружено в 88,5 % случаев. При втором варианте в заднем сегменте распределялись две сегментарные артерии *A. interlobares* – 1 (III), которые являлись ветвями дорсальной артерии *A. dorsalis (zonal)* (II), что обнаружено в 11,5 % случаев.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что количество сегментарных артерий почки, источники кровоснабжения сегментов почки, места их отхождений зависят от вариантов деления почечных артерий и типов ветвления внутриорганных ветвей.

Полюсные сегменты почек получают кровь из различных источников. К ним идут ветви как от вентральной, так и дорсальной ветвей почечной артерии. При делении главной почечной артерии на вентральную и дорсальную ветви сегментарные артерии, отходящие от дорсальной ветви, питают полюсные сегменты почки. При рассыпном типе ветвления количество сегментарных артерий, участвующих в питании почечных сегментов, относительно больше, чем при магистральном типе.

Библиографический список

1. Использование интраоперационной навигации при органосохраняющих хирургических вмешательствах по поводу опухоли почки / Ю. Г. Аляев, Д. Н. Фиев, Н. В. Петровский, С. Б. Хохлачев // Онкоурология. – 2012. – № 3. – С. 31–36.
2. Артериальная система человека в цифрах и формулах / под ред. О. К. Зенина. – Донецк : Донбасс, 2002. – 196 с.
3. **Асфандияров, Ф. Р.** Вариантная анатомия сосудистого русла почки / Ф. Р. Асфандияров, Э. С. Кафаров // Астраханский медицинский журнал. – 2007. – № 2. – С. 23–27.
4. Трехмерное моделирование опухолевого процесса в почке с последующим планированием оперативного вмешательства на ней / П. В. Глыбочко, Ю. Г. Аляев, С. К. Терновой, Н. Г. Дзеранов, С. Хохлачев, Н. Д. Ахвледиани, Н. В. Петровский, Д. Н. Фиев // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Т. 11, № S1. – С. 38–40.
5. **Кафаров, Э. С.** Структурные преобразования венозных сосудов почек человека в зрелом, пожилом и старческом возрастах : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.00.02 / Кафаров Э. С. ; Башкирский государственный медицинский университет. – Уфа, 2014. – 45 с.
6. **Олофинский, Л. А.** Хирургическое значение взаимоотношений сосудистой архитектоники почки со строением чашечно-лоханочной системы и внешней формой органа : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02 / Олофинский Л. А. ; Владивостокский медицинский институт. – Владивосток, 1970. – 15 с.
7. **Понукалин, А. Н.** Сегментарное строение и архитектура артериального русла почки / А. Н. Понукалин, Д. Ю. Потапов, Д. А. Дурнов // Bulletin of Medical Internet Conferences. – 2013. – № 3. – С. 864–868.

8. **Bordei, P. St.** Anatomical study of triple renal arteries / P. St. Bordei, D. Antohe // *Morpologie*. – 2002. – № 274. – P. 37–41.
9. **Сабиров, Ш. Р.** Сегментарное строение почки человека : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02 / Сабиров Ш. Р. ; Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова. – Москва, 1978. – 18 с.
10. Surface projection of arterial segments in the human kidney / G. S. Longia et al. // *Acta Anat (Basel)*. – 1982. – № 113 (2). – P. 145–150.
11. Bilateral triple renal arteries / T. Pestemalci et al. // *Saudi J. Kidney Dis. Transpl.* – 2009. – № 20 (3). – P. 468–470.
12. **Sampaio, F. J.** Partial nephrectomy in cancer of the upper pole of kidney. Anatomical bases / F. J. Sampaio // *J. Urol. (Paris)*. – 1996. – № 102 (5-6). – P. 199–203.
13. **Sampaio, F. J.** Proportional analysis of the kidney arterial segments / F. J. Sampaio, J. L. Schiavani, J. L. Favorito // *Urol. Res.* – 1993. – № 21 (6). – P. 371–374.
14. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat / Ю. Е. Лях, В. Г. Гурьянов, В. Н. Хоменко, О. А. Панченко. – Донецк : Папакица Е. К., 2006. – 214 с.

References

1. Alyaev Yu. G., Fiev D. N., Petrovskiy N. V., Khokhlachev S. B. *Onkourologiya* [Oncourology]. 2012, no. 3, pp. 31–36. [In Russian]
2. *Arterial'naya sistema cheloveka v tsifrakh i formulakh* [The human arterial system in numbers and formulas]. Ed. by O. K. Zenin. Donetsk: Donbass, 2002, 196 p. [In Russian]
3. Asfandiyarov F. R., Kafarov E. S. *Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal* [Astrakhan medical journal]. 2007, no. 2, pp. 23–27. [In Russian]
4. Glybochko P. V., Alyaev Yu. G., Ternovoy S. K., Dzeranov N. G., Khokhlachev S., Akhvlendiani N. D., Petrovskiy N. V., Fiev D. N. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian medicine]. 2012, vol. 11, no. S1, pp. 38–40. [In Russian]
5. Kafarov E. S. *Strukturnyye preobrazovaniya venoznykh sosudov pochek cheloveka v zrelom, pozhilom i starcheskom vozrastakh: avtoref. dis. d-ra med. nauk (14.00.02)* [Structural transformations of the venous vessels of the human kidneys in mature, elderly and senile age: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of medical sciences (14.00.02)]; Bashkirskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet. Ufa, 2014, 45 p. [In Russian]
6. Olofinskiy L. A. *Khirurgicheskoe znachenie vzaimootnosheniy sosudistoy arkhitektoniki pochki so stroeniem chashechno-lokhanochnoy sistemy i vneshney formoy organa: avtoref. dis. kand. med. nauk (14.00.02)* [Surgical significance of the relationship of vascular architectonics of the kidney with the structure of the calyx-pelvic system and the external shape of the organ: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences (14.00.02)]; Vladivostokskiy meditsinskiy institut. Vladivostok, 1970, 15 p. [In Russian]
7. Ponukalin A. N., Potapov D. Yu., Durnov D. A. *Bulletin of Medical Internet Conferences*. 2013, no. 3, pp. 864–868.
8. Bordei P. St., Antohe D. *Morpologie*. 2002, no. 274, pp. 37–41.
9. Sabirov Sh. R. *Segmentarnoe stroenie pochki cheloveka: avtoref. dis. kand. med. nauk (14.00.02)* [Segmental structure of the human kidney: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences (14.00.02)]; Pervyy Moskovskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet imeni I. M. Sechenova. Moscow, 1978, 18 p. [In Russian]
10. Longia G. S. et al. *Acta Anat (Basel)*. 1982, no. 113(2), pp. 145–150.
11. Pestemalci T. et al. *Saudi J. Kidney Dis. Transpl.* 2009, no. 20 (3), pp. 468–470.

12. Sampaio F. J. *J. Urol. (Paris)*. 1996, no. 102 (5-6), pp. 199–203.
13. Sampaio F. J., Schiavani J. L., Favorito J. L. *Urol. Res.* 1993, no. 21 (6), pp. 371–374.
14. Lyakh Yu. E., Gur'yanov V. G., Khomenko V. N., Panchenko O. A. *Osnovy kompyuternoy biostatistiki: analiz informatsii v biologii, meditsine i farmatsii statisticheskim paketom MedStat* [Fundamentals of computer biostatistics: analysis of information in biology, medicine and pharmacy with the statistical package Medstat]. Donetsk: Papakitsa E. K., 2006, 214 p. [In Russian]
-

Кафаров Эдгар Сабирович

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией, Чеченский государственный университет (Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Асланбека Шерипова, 32)

E-mail: Edgar-kafaroff@yandex.ru

Kafarov Edgar Sabirovich

Doctor of medical sciences, professor, head of the sub-department of normal and topographic anatomy with operative surgery, Chechen State University (32 Aslanbeka Sheripova street, Grozny, Chechen Republic, Russia)

Вагабов Ислам Узгенбайевич

аспирант, Чеченский государственный университет (Россия, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Асланбека Шерипова, 32)

E-mail: malsi_85@mail.ru

Vagabov Islam Uzgenbayevich

Postgraduate student, Chechen State University (32 Aslanbeka Sheripova street, Grozny, Chechen Republic, Russia)

Зенин Олег Константинович

доктор медицинских наук, профессор, кафедра анатомии человека, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: zen.olegz@gmail.com

Zenin Oleg Konstantinovich

Doctor of medical sciences, professor, sub-department of human anatomy, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Кафаров, Э. С. Вариантная анатомия и трехмерно-количественный анализ источников формирования сегментарных артерий почек / Э. С. Кафаров, И. У. Вагабов, О. К. Зенин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 64–74. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-6.

*М. Н. Юртайкина, И. Н. Чаиркин,
С. П. Селякин, М. М. Мишечкин, А. Г. Рыбаков*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА МУЖСКОГО ПОЛА РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИИ, ПО ДАННЫМ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Аннотация.

Актуальность и цели. В литературе отсутствуют данные по изучению и оценке региональных особенностей параметров тела и физического развития юношей Республики Мордовии в возрасте 17–21 года. В связи с этим целью данного исследования явилось изучение антропометрических показателей, компонентного состава тела и основных показателей физического развития юношей-студентов Республики Мордовии в сравнении с молодежью других регионов России.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили 1612 юношей-студентов Мордовского государственного университета им. Н. Н. Огарева в возрасте 17–21 года, рожденных и постоянно проживающих в экологических условиях Республики Мордовии. Антропометрическое обследование проводилось по методике В. В. Бунака (1941) с использованием стандартного набора антропометрических инструментов.

Результаты. Проведен сравнительный анализ антропометрических параметров молодых людей Республики Мордовии с представителями других регионов России. Установлено, что юноши Республики Мордовии в большинстве случаев имеют высокие показатели окружности грудной клетки и ширины плеч, обладают андроморфным типом телосложения со средней плотностью тела, отсутствием у большинства излишней массы тела с повышенной массой жирового и мышечного компонентов и сниженной массой костного компонента, что, возможно, является ответной реакцией организма на внешние воздействия, а также сниженную двигательную активность и недостаточную физическую нагрузку.

Выводы. Полученные результаты могут быть использованы при составлении нормативных документов, стандартов физического развития юношей, а также при разработке региональных и вузовских оздоровительных программ для молодежи Республики Мордовии.

Ключевые слова: антропометрия, компонентный состав тела, соматотип.

*М. N. Yurtaykina, I. N. Chairkin,
S. P. Selyakin, M. M. Mishechkin, A. G. Rybakov*

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF YOUNG MEN'S PHYSICAL DEVELOPMENT LEVEL IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA ACCORDING TO ANTHROPOMETRIC RESEARCH

© Юртайкина М. Н., Чаиркин И. Н., Селякин С. П., Мишечкин М. М., Рыбаков А. Г., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Abstract.

Background. There are no data in the literature on the study and assessment of regional characteristics of body parameters and physical development of young men of the Republic of Mordovia at the age of 17–21 years old. In this regard, the purpose of this research is to study anthropometric indicators, body composition and the main indicators of male students' physical development in the Republic of Mordovia in comparison with young people in other regions of Russia.

Materials and methods. The object of the research was 1612 young male students (17–21 years old) of the Ogarev Mordovia State University, born and permanently living in the ecological conditions of the Republic of Mordovia. Anthropometric examination was carried out according to the method of V. V. Bunak (1941) using a standard set of anthropometric instruments.

Results. A comparative analysis of the anthropometric parameters of young people in the Republic of Mordovia with representatives of other regions of Russia is carried out. It has been established that the youth men of the Republic of Mordovia in most cases have high chest circumference and shoulder width, have an andromorphic body type with an average body density. The majority have no excess body weight with an increased mass of fat and muscle components and a reduced mass of the bone component. Probably, it is the body's response to external influences, as well as reduced physical activity and insufficient physical activity.

Conclusion. The results obtained can be used in the preparation of regulatory documents, standards for the physical development of young men, as well as in the development of regional and university health programs for young men of the Republic of Mordovia.

Keyword: anthropometry, component composition of the human body, somatotype.

Введение

Физическое развитие многие исследователи рассматривают как важную составляющую физического здоровья человека [1–4]. В настоящее время реформирование системы высшего образования в нашей стране обуславливает интенсификацию учебного процесса, что сопровождается очень высоким уровнем воздействия информационных нагрузок в сочетании с низкими показателями физического здоровья подрастающего поколения. На фоне постоянных эмоциональных перегрузок, слабого физического развития и недостаточной двигательной активности это может приводить к неблагоприятным сдвигам в организме, которые проявляются ухудшением здоровья, снижением умственной и физической работоспособности учащейся молодежи [5, 6].

Поэтому актуальной задачей является своевременный мониторинг состояния физического здоровья молодежи разных регионов России, совершенствование системы мер по сохранению и восстановлению здоровья студентов в период их обучения в вузе.

Цель исследования – изучить антропометрические параметры и уровень физического развития юношей-студентов Республики Мордовии в возрасте 17–21 года в сравнении с молодежью других регионов России.

Материалы исследования

Материалом исследования послужили результаты обследования 1612 юношей-студентов – уроженцев Республики Мордовии, в возрасте от 17 лет до 21 года, обучающихся в Национальном исследовательском Мордовском

государственном университете им. Н. Н. Огарева. В исследовании участвовали юноши, чьи предки и родители по этнической принадлежности – славяне, по национальности – мордва и русские. Все обследуемые студенты дали письменное согласие на участие в исследовании. Антропометрическое исследование проведено по методике Бунака В. В. (1941) [7], использован стандартный набор антропометрических инструментов. Для оценки полученных результатов антропометрических величин и выявления региональных особенностей физического развития юношей Республики Мордовии, по антропометрическим показателям были рассчитаны: индекс Кетле II, индекс Ропера, индекс Эрисмана, индекс Таннера. По формулам Матейки производили расчеты абсолютных и относительных величин жирового, мышечного и костного компонентов тела. Соматотипирование проводилось по результатам индекса Рис-Айзенка. Полученные результаты исследования обработаны методами вариационной статистики. Для проверки нормальности распределения использован критерий Шапиро-Уилкса.

Результаты исследования и обсуждение

В ходе проведенного исследования установлено: средний рост – $175,97 \pm 0,61$ см, средняя масса тела – $75,76 \pm 1,19$ кг, окружность грудной клетки в состоянии покоя $94,12 \pm 0,78$ см, относительная ширина плеч – $41,63 \pm 0,30$ см. Физическое развитие и антропометрические показатели юношей-студентов Республики Мордовия сравнивали с данными, которые были получены в других регионах России (табл. 1).

Длина тела является одним из наиболее устойчивых показателей физического развития, который на 98 % наследственно детерминирован. Показатель средней длины тела студентов Мордовии в возрасте 17–21 года (табл. 1) близки с показателями юношей из Челябинска [8], Набережных Челнов [9], Ростова-на-Дону [10], Волгограда [11] и Ставрополя [12]. Юноши из Мордовии оказались выше ростом по сравнению со студентами из Пензы [13]. Однако они были ниже ростом в сравнении представителями из ХМАО-Югры [14], Тувы [15], Северного Кавказа [16], Магаданской области [17], Волгоградской области [11], Иркутска и Иркутской области [18], Омска [19], Петрозаводска [20], Сургута [21], Барнаула [22], Москвы [23], Липецка [24], Краснодара [25], Красноярска [26–28], Тюмени [29], Саратова [30, 31] и Железногорска [28].

Другим важным показателем физического развития является масса тела, которая очень изменчива и варьирует под влиянием различных внешних и внутренних факторов. Показатель средней массы тела юношей Мордовии ниже величины данного показателя, чем у русских юношей-студентов из Северного Кавказа [16], близок с данными у представителей из Краснодара [25], при этом следует отметить, что масса тела мордовских парней ниже в сравнении с представителями из других регионов России (табл. 1).

Ширину плеч относят к основным показателям, которые характеризует физическое развитие юношей. Сравнительный анализ результатов данного показателя установил, что студенты Республики Мордовии уступают юношам из Краснодара [25], при этом следует указать, что ширина плеч юношей Мордовии больше в сравнении с представителями из других регионов России (табл. 1).

Таблица 1

Результаты антропометрических показателей юношей разных регионов России ($M \pm m$)

Год исследования, автор, контингент обследованных	Рост (см)	Масса (кг)	Окружность грудной клетки (см)	Ширина плеч (см)
	2	3	4	5
1				
Студенты 17–21 года Республики Мордовии	175,97 ± 0,61	75,76 ± 1,19	94,12 ± 0,78	41,63 ± 0,30
2018 г., Аверьянова И. В. с соавт., юноши 17–21 года Магаданской области	179,5 ± 1,8	70,4 ± 1,2	91,9 ± 0,7	нет данных
2014 г., Москаленко О. Л., юноши-студенты 17–21 года г. Красноярска и г. Железногорска	180,24 ± 0,54	70,35 ± 1,43	нет данных	нет данных
2012 г., Колокольцев М. М. с соавт., студенты 17–20 лет г. Иркутска и Иркутской области	177,5 ± 0,55	73,69 ± 1,38	нет данных	нет данных
2010 г., Блинова Е. Г., студенты 17, 18, 19 лет г. Омска	177,83 ± 0,17	67,9 ± 0,24	94,35 ± 0,17	39,48 ± 0,09
2010 г., Лиманская Н. И., студенты 18–22 лет г. Волгограда и Волгоградской области	176,0 ± 0,7	65,6 ± 0,69	нет данных	нет данных
2010 г., Папкова И. Г. с соавт., студенты 17–21 года г. Петрозаводска	176,6 ± 0,6	67,1 ± 0,65	нет данных	нет данных
2009 г., Калинин О. В. с соавт., студенты 17–21 года г. Краснодара	176,7 ± 0,8	69,4 ± 0,78	нет данных	нет данных
2009 г., Литовченко О. Г., юноши 17–20 лет г. Сургута	175,0 ± 0,98	66,2 ± 1,13	89,57 ± 0,75	нет данных
2009 г., Цатурян Л. Д., русские юноши-студенты 17–21 года Северного Кавказа	178,2 ± 0,65	69,16 ± 1,37	90,62 ± 0,76	нет данных
2008 г., Галкина Т. Н., студенты 17–21 года г. Пензы	178,1 ± 0,6	72,2 ± 0,6	90,9 ± 0,9	нет данных
	177,45 ± 0,46	75,11 ± 0,8	95,79 ± 0,54	42,29 ± 0,26
	177,15 ± 1,55	67,65 ± 1,58	90,01 ± 1,57	нет данных
	180,95 ± 1,75	72,33 ± 1,64	92,95 ± 1,76	нет данных
	178,35 ± 0,77	80,13 ± 1,47	нет данных	нет данных
	174,57 ± 0,58	70,70 ± 1,18	94,71 ± 0,75	39,15 ± 0,31

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
2008 г., Голубев А. И. с соавт., юноши первого курса г. Набережные Челны	175,0 ± 0,07	63,5 ± 10,0	нет данных	нет данных
2008 г., Логинов С. И., юноши 17–21 года ХМАО-Югры	177,0 ± 0,06	68,8 ± 10,8	88,8 ± 7,8	нет данных
2008 г., Надеина С. Я. с соавт., юноши 17–21 года г. Барнаула	176,2 ± 0,27	68,7 ± 0,36	92,4 ± 0,32	31,3 ± 0,29
2008 г., Негашева М. А., юноши 16–20 лет г. Москвы	178,1	67,9	нет данных	нет данных
2007 г., Аг-Оол Е. М., русские юноши 17 лет Тувы	169,65 ± 2,46	58,34 ± 3,03	нет данных	нет данных
2007 г., Аношкина Н. Л. с соавт., юноши 17–19 лет г. Липецка	178,4 ± 0,66	71,6 ± 0,94	нет данных	нет данных
2006 г., Ивакина Е. В., юноши 17–18 лет г. Тюмени и г. Челябинска	177,7 ± 1,7 175,4 ± 2,0	71,8 ± 0,7 68,3 ± 0,9	нет данных нет данных	нет данных нет данных
2004 г., Коваленко Н. В., студенты 18 лет г. Ставрополя	175,1 ± 0,62	68,0 ± 0,8	нет данных	нет данных
2004 г., Шарайкина Е. П., юноши 17–18 лет г. Красноярска	176,42 ± 0,2	67,86 ± 0,4	нет данных	нет данных
2003–2004 гг., Анисимова Е. Н., юноши 17–18 лет г. Красноярска	177,79 ± 0,79	69,42 ± 0,42	92,51 ± 0,31	36,50 ± 0,14
2003 г., Варганова О. Т., юноши 17–23 лет г. Ростова-на-Дону	175,4 ± 0,8	65,7 ± 0,9	нет данных	нет данных
2003 г., Ионина Е. В., юноши 17–21 года г. Тюмени	176,72 ± 0,63	70,84 ± 1,09	90,65 ± 0,70	нет данных
2003 г., Уметский В. С., студенты 17–20 лет г. Саратова	177,5 ± 0,6	66,3 ± 0,8	89,7 ± 0,5	38,8 ± 0,2
2000 г., Еремин А. В., студенты 17–19 лет г. Саратова	178,8 ± 0,5	67,2 ± 0,8	92,6 ± 0,5	39,10 ± 0,18

Окружность грудной клетки является одним из важнейших показателей физического развития, характеризующим объем тела, функциональное состояние органов грудной полости, развитие грудных и спинных мышц. Среди сравниваемых групп молодых людей средняя величина окружности грудной клетки юношей из Мордовии соизмерима с данным показателем у студентов из Иркутска [18] и Пензы [13], однако уступает студентам из Краснодара [25], но превышает таковой показатель во всех сравниваемых группах (табл. 1).

Пропорциональность развития грудной клетки юношей Мордовии оценивали при помощи индекса Эрисмана, средний показатель которого составил $3,31 \pm 0,76$. По результатам данного индекса пропорциональную грудную клетку имели 51,92 %, широкую – 38,46 % и только в 9,62 % случаев выявлено узкогрудие (рис. 1).

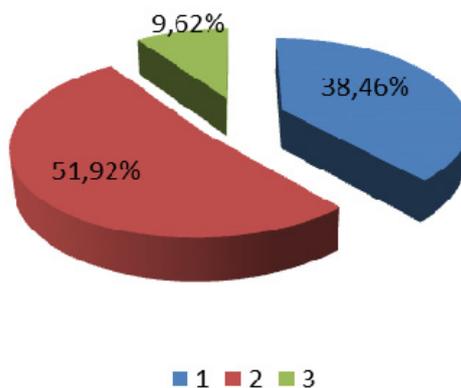


Рис. 1. Распределение молодежи по форме грудной клетки:
1 – широкая; 2 – пропорциональная; 3 – узкая

Для сравнения: у студентов из Пензы [13] доминировала широкая форма грудной клетки, которая отмечена в 53,08 % случаев, узкая – в 28,46 %, пропорциональная – в 18,46 %. Схожая картина зафиксирована в Краснодаре [25], где широкая форма грудной клетки выявлена в 48 % случаев, пропорциональная – в 27 % и узкая – в 25 %. В Иркутске [18] выявлено преобладание узкой формы грудной клетки – 50,46 % случаев, широкая встретилась в 49,54 % случаев.

Весоростовые соотношения предусматривали вычисления индексов, теоретически обоснованных и наиболее часто употребляемых в клинической практике. Наиболее простым в применении и высокоинформативным является индекс Кетле II. Среднее значение индекса Кетле II составило $23,55 \pm 0,18$ кг/м², это указывает на показатель нормы у большинства юношей-студентов Республики Мордовии. По результатам данного индекса нормальный показатель массы тела выявлен в 67,31 % случаев, предожирение – в 28,85 % и дефицит массы тела отмечен в 3,85 % случаев (рис. 2).

Для сравнения: среднее значение индекса Кетле II у краснодарских [25] студентов составило $23,86 \pm 0,28$, показатель в пределах нормы отмечен в 70,13 %, наличие лишнего веса – в 24,03 %, ожирение – в 4,5 % случаев и в 1,3 % случаев – хроническая энергетическая недостаточность. У пензенских студентов [13] вес в пределах нормы зарегистрирован в 67,69 %, наличие

лишнего веса – в 17,69 %, хроническая энергетическая недостаточность – в 7,69 % и ожирение в 6,93 % случаев. У юношей из Прибайкалья [18] индекс Кетле II в пределах нормы зафиксирован в 58,76 %, наличие лишнего веса – в 20,12 %, ожирение – в 1,5 % и хроническая энергетическая недостаточность – в 1,3 % случаев.

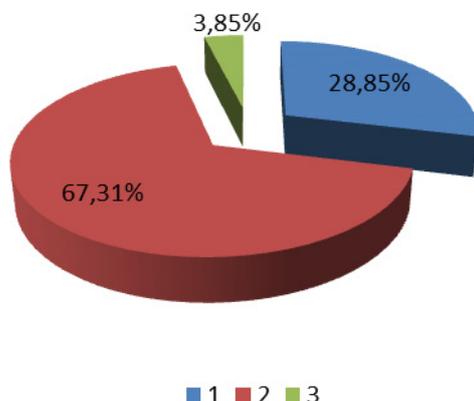


Рис. 2. Распределение студенческой молодежи по индексу Кетле II:
1 – предожирение; 2 – нормальный показатель; 3 – дефицит массы тела

Индекс Рорера дает возможность охарактеризовать резко варьирующие признаки индивида, такие как полнота и плотность тела. Среднее значение индекса Рорера у студентов из Мордовии составило $13,00 \pm 0,02 \text{ кг/м}^3$, из чего следует, что для большинства юношей характерен средний уровень плотности, зарегистрированный в 42,31 % случаев, уровень плотности выше среднего выявлен в 40,38 % и ниже среднего – в 17,31 % случаев. У студентов из Иркутска [18] среднее значение индекса Рорера составило $1,29 \pm 0,04 \text{ кг/м}^3$, согласно этому средний уровень плотности отмечен в 72,96 % случаев, выше среднего – в 12,44 % и в 14,59 % случаев уровень плотности соответствовал показателю ниже среднего. У молодых людей из Пензы [13] доминировал показатель плотности выше среднего – был зафиксирован в 46,92 % случаев, средний показатель плотности – в 30 % и низкий – в 23,08 % случаев. У юношей из Краснодара [25] также превалировал показатель плотности тела выше среднего и был выявлен в 56,6 % случаев, ниже среднего – в 12,5 % и средний показатель – в 30,9 % случаев.

Для определения соответствия полу (развитие костной системы) был использован индекс Таннера. По результатам вычисления указанного индекса выявили, что в популяции юношей-студентов Республики Мордовии в 74,29 % случаев соматический тип определялся как андроморфный, мезоморфный – в 23,81 %, гинекоморфный – в 1,90 % случаев. Для сравнения: краснодарские [25] студенты обладали андроморфным соматотипом в 80,9 % случаев, мезоморфным – в 14,5 % и гинекоморфным – в 4,6 % случаев. Среди пензенских [13] парней андроморфное телосложение зарегистрировано в 42,31 % случаев, мезоморфное – в 36,15 % и гинекоморфное – в 21,54 % случаев. Другая картина зарегистрирована в Прибайкалье [18], где среди юношей преобладал мезоморфный тип телосложения – выявлен в 58,5 % случаев, в 34,72 % – андоморфный и в 6,68 % случаев – гинекоморфный.

Тип телосложения определяет конституцию человека, пропорцию и форму его тела, поэтому данный показатель необходимо учитывать при анализе физического состояния человека. Тип телосложения зависит от наследственности и является постоянной характеристикой, которую можно и нужно учитывать, но невозможно изменить. При соматотипировании по результатам индекса Рис-Айзенка было установлено, что средний показатель равен $104,83 \pm 0,54$. Выявили, что соматотип определялся как нормостенический в 48,57 % случаев, астенический – в 40,00 % и в 11,43 % – как пикнический (рис. 3).

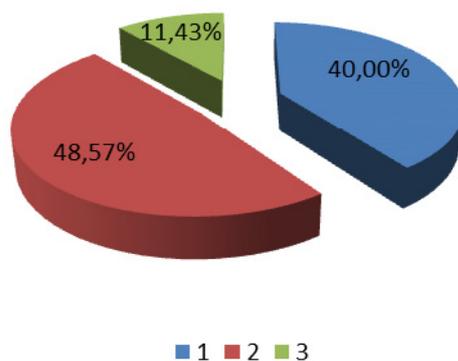


Рис. 3. Распределение типов телосложения по индексу Рис-Айзенка:
1 – астенический; 2 – нормостенический; 3 – пикнический

Для сравнения: в исследуемой выборке студентов Краснодара [25] выявлено нормостеников – 59,2 %, астеников – 30,3 %, пикнический соматотип определялся в 10,5 % случаев. Схожая картина зафиксирована в Пензе [13], где в 53,07 % случаев соматотип определялся как нормостенический, в 28,46 % – астенический и в 18,46 % случаев пикнический. А вот в Иркутске [18] чаще встречался астенический соматотип – зарегистрирован 81,87 % случаев, а в 16,44 % случаев – нормостенический.

Абсолютный и относительный компонентный состав массы тела у студенческой молодежи мужского пола Республики Мордовии определяли по формулам Матейки. Среднее значение абсолютной массы жирового компонента веса сомы составило $16,90 \pm 0,65$ кг, мышечного – $32,90 \pm 0,50$ кг и костного – $12,85 \pm 0,18$ кг. Средняя величина относительной массы жирового компонента – $21,48 \pm 0,56$ % (норма – 12 %), мышечного – $43,10 \pm 0,41$ % (норма – 42 %), костного – $16,86 \pm 0,17$ % (норма – 18 %) (рис. 4).

Для сравнения: в исследованной выборке Красноярских [28] студентов средняя величина абсолютной массы жирового компонента составила $15,63 \pm 0,37$ кг, относительная – 22,52 %, средняя величина абсолютной массы мышечного компонента – $29,56 \pm 0,20$ кг, относительная – 42,58 %, средняя величина абсолютной массы костного компонента – $12,07 \pm 0,09$ кг, относительная – 17,38 %. В Краснодаре [25] в исследованной популяции юношей средняя величина абсолютной массы жирового компонента составила $19,95 \pm 0,60$ кг, относительная – $26,06 \pm 0,6$ %, средняя величина абсолютной массы мышечного компонента – $21,90 \pm 0,40$ кг, относительная – $29,46 \pm 0,53$ %, средняя величина абсолютной массы костного компонента – $12,05 \pm$

$\pm 0,15$ кг, относительная – $16,11 \pm 0,16$ %. Наши данные схожи с результатами авторов из других регионов России [10,13,18, 23]. Состояние костной ткани является показателем, который отражает уровень и гармоничность развития организма, его функциональный статус. Недостаточность костной массы к 18–20 годам влечет повышенную частоту остеопоретических переломов [32], которые могут возникать в более поздние периоды жизни. Костная ткань обладает высокой пластичностью, которая реагирует на изменения двигательной активности, физических нагрузок, а также является важным показателем типологических проявлений адаптации. Дальнейшее изучение изменчивости костного компонента сомы может способствовать выяснению общих закономерностей взаимодействия организма с окружающей средой и эффективности реализации генотипа в фенотипе.

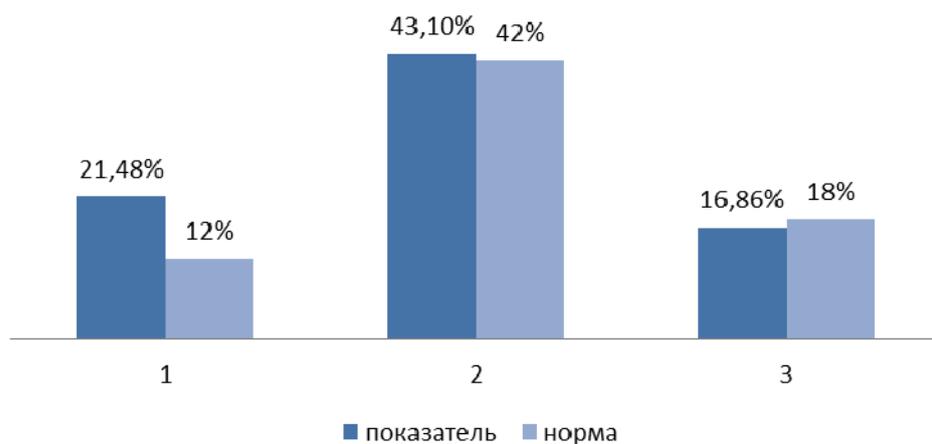


Рис. 4. Показатели состава компонента тела студентов в сравнении с нормой: 1 – жировой; 2 – мышечный; 3 – костный

Таким образом, представители студенческой молодежи юношеского возраста мужского пола Республики Мордовии в большинстве случаев имеют высокие показатели окружности грудной клетки и ширины плеч, андроморфный тип телосложения со средней плотностью тела и повышенной массой жирового и мышечного, но сниженной массой костного компонента, что, возможно, является ответной реакцией организма на внешние воздействия, а также выявлена сниженная двигательная активность и недостаточная физическая нагрузка.

Библиографический список

1. Орлова, С. В. Оценка состояния здоровья студентов юношеского возраста с учетом соматотипов : автореф. дис.... канд. мед. наук / Орлова С. В. – Ростов-на-Дону, 2004. – 19 с.
2. Николенко, В. Н. Конституциональные особенности девушек Саратовского региона / В. Н. Николенко, И. С. Аристова, О. В. Сырова // VIII конгресс международной ассоциации морфологов. Морфология. – 2006. – Т. 129, № 4. – С. 92–93.
3. Николаев, В. Г. Антропологическое обследование в клинической практике / В. Г. Николаев, Н. Н. Николаева, Л. В. Синдеева, Л. В. Николаева. – Красноярск : Версо, 2007. – 172 с.

4. **Харламов, Е. В.** Состояние здоровья студентов с учетом влияния фенотипических факторов на соматотипы // Региональные проблемы гигиены окружающей среды и здоровья населения : науч. тр. – Вып. 7. – Ростов-на-Дону, 2002. – С. 344–346.
5. Антропометрическая характеристика студентов г. Саранска и Республики Мордовия / И. Н. Чаиркин, М. Н. Юртайкина, А. А. Паршин, М. М. Мишечкин, Н. В. Чаиркина, К. В. Гришунина // Морфологические Ведомости. – 2015. – № 4. – С. 32–37.
6. **Агафонов, А. В.** Особенности адаптации студентов к условиям обучения в вузе в зависимости от разных состояний здоровья и двигательной активности : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Агафонов А. В. – Чебоксары, 2008. – 20 с.
7. **Бунак, В. В.** Антропометрия: практический курс / В. В. Бунак. – Москва, 1941. – 368 с.
8. **Ивакина, Е. А.** Особенности физического развития и состояния системы кровообращения студентов Уральского региона : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ивакина Е. А. – Тюмень, 2006. – 29 с.
9. **Голубев, А. И.** Динамика физического развития функционального состояния и оценки уровня здоровья студентов младших курсов филиала Казанского государственного университета в городе Набережные Челны / А. И. Голубев, К. Б. Тумаров // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2008. – Т. 3, № 1. – URL: http://www.kamgifk.ru/magazin/1_08/1_2008_06.pdf
10. **Вартанова, О. Г.** Характеристика анатомических компонентов соматотипа здоровых людей – жителей юга России юношеского и первого периода зрелого возраста и при дисфункции некоторых эндокринных желез : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Вартанова О. Г. – Волгоград, 2003. – 22 с.
11. **Лиманская, Н. И.** Морфофункциональные показатели физического развития лиц призывного возраста Волгоградского региона в зависимости от типа телосложения : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Лиманская Н. И. – Волгоград, 2010. – 25 с.
12. **Коваленко, Н. В.** Диагностическая значимость маркерных параметров систем организма юношей в норме и при пролапсе митрального клапана с учетом их конституциональных особенностей : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Коваленко Н. В. – Ставрополь, 2004. – 24 с.
13. **Галкина, Т. Н.** Антропометрические и соматотипологические особенности лиц юношеского возраста в Пензенском регионе : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Галкина Т. Н. – Волгоград, 2008. – 22 с.
14. **Логинов, С. И.** Системный анализ и управление физической активностью человека в условиях ХМАО-Югры : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Логинов С. И. – Сургут, 2008. – 48 с.
15. **Аг-Оол, Е. М.** Модернизация школьного физкультурного образования в Республике Тыва на основе учета особенностей физического и моторного развития коренного населения и национально-региональных традиций двигательной активности (на примере старших классов средней школы) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Аг-Оол Е. М. – Омск, 2007. – 52 с.
16. **Цатурян, Л. Д.** Сравнительная эколого-физиологическая характеристика адаптивных реакций организма обследованных разных этнических групп : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Цатурян Л. Д. – Москва, 2009. – 41 с.
17. **Аверьянова, И. В.** Функциональные особенности системы внешнего дыхания и газообмена юношей 17–21 года, постоянных жителей различных климатогеографических районов Магаданской области / И. В. Аверьянова, С. И. Вдовенко //

- Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2018. – № 3 (75). – С. 84–88. – DOI 10.5281/zenodo.1488054.
18. **Колокольцев, М. М.** Сравнительная характеристика уровня физического развития студенческой молодежи юношеского возраста Иркутской области / М. М. Колокольцев, В. Ю. Лебединский // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2012. – № 6 (88). – С. 47–54.
 19. **Блинова, Е. Г.** Основы социально-гигиенического мониторинга условий обучения студентов высших учебных заведений / Е. Г. Блинова, В. Р. Кучма // Гигиена и санитария. – 2012. – № 1. – С. 35–40.
 20. **Пашкова, И. Г.** Соматометрическая характеристика юношей на Европейском Севере / И. Г. Пашкова, С. А. Кудряшова, Т. А. Колупаева // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 6 – С. 90–96.
 21. **Литовченко, О. Г.** Особенности морфофункционального и психофизиологического развития уроженцев среднего Приобья в возрасте 7–20 лет : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Литовченко О. Г. – Челябинск, 2009. – 32 с.
 22. Популяционное исследование антропометрических показателей лиц юношеского возраста жителей Барнаула / С. Я. Надеина, О. В. Филатова, Н. В. Кузьмина, Д. М. Фалеева // Известия Алтайского государственного университета. – 2008. – № 3. – С. 11–14.
 23. **Негашева, М. А.** Опыт определения состава тела у 17-летних юношей и девушек методом биоимпедансного анализа / М. А. Негашева, Т. А. Мишкова // Морфологические ведомости. – 2007. – № 1–2. – С. 253–256.
 24. **Аношкина, Н. Л.** Питание и физическое развитие лиц юношеского возраста в Липецкой области / Н. Л. Аношкина, А. В. Гулин, В. Б. Максименко // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 12. – С. 23–27.
 25. **Калмин, О. В.** Сравнительная характеристика уровня физического развития юношеского возраста г. Краснодара и Краснодарского края / О. В. Калмин, Ю. С. Афанасьевская, А. В. Самотуга // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 3 (11). – С. 12–25.
 26. **Анисимова, Е. Н.** Антропометрические характеристики и биохимические показатели крови юношей различных типов телосложения : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Анисимова Е. Н. – Красноярск, 2004. – 25 с.
 27. **Шарайкина, Е. П.** Закономерности изменчивости антропометрических параметров и биохимических показателей крови молодых людей в зависимости от типа телосложения и пола : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Шарайкина Е. П. – Красноярск, 2005. – 44 с.
 28. **Москаленко, О. Л.** Состояние физического развития юношей г.г. Красноярска и Железногорска / О. Л. Москаленко, А. С. Пуликов // В мире научных открытий. – 2016. – № 11 (83). – С. 120–127.
 29. **Ионина, Е. В.** Морфотипологическая характеристика жителей Тюменской области юношеского возраста во взаимосвязи с показателями сердечно-сосудистой системы : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ионина Е. В. – Тюмень, 2003. – 22 с.
 30. **Еремин, А. В.** Характеристика физического развития саратовских студентов-мужчин (по данным антропометрии) : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Еремин А. В. – Саратов, 2000. – 24 с.
 31. **Уметский, В. С.** Соматометрическая и соматотипологическая характеристика физического развития современного поколения мужчин 17–19 лет : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Уметский В. С. – Оренбург, 2003. – 21 с.
 32. Некоторые итоги и перспективы изучения соматотипологических особенностей жителей юга России / А. В. Кондрашев, Е. В. Чаплыгина, О. Т. Варганова, Е. С. Бескопыльная, К. А. Нор-Аревян, Д. Н. Осипов // Астраханский медицинский журнал. – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 68.

References

1. Orlova S. V. *Ocenka sostojanija zdorov'ja studentov junosheskogo vozrasta s uchetom somatotipov: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Assessment of the health status of adolescent students, taking into account somatotypes: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Rostov-on-Don, 2004, 19 p. [In Russian]
2. Nikolenko V. N., Aristova I. S., Syrova O. V. *VIII kongress mezhdunarodnoj associacii morfologov. Morfologija* [The 8th Congress of the International Association of Morphologists. Morphology]. 2006, vol. 129, no. 4, pp. 92–93. [In Russian]
3. Nikolaev V. G., Nikolaeva N. N., Sindeeva L. V., Nikolaeva L. V. *Antropologicheskoe obsledovanie v klinicheskoy praktike* [Anthropological examination in clinical practice]. Krasnojarsk: Verso, 2007, 172 p. [In Russian]
4. Harlamov E. V. *Regional'nye problemy gigieny okruzhajushhej sredy i zdorov'ja naselenija: nauch. tr.* [Regional problems of environmental hygiene and public health: collected papers]. Issue 7. Rostov-on-Don, 2002, pp. 344–346. [In Russian]
5. Chairkin I. N., Jurtajkina M. N., Parshin A. A., Mishechkin M. M., Chairkina N. V., Grishunina K. V. *Morfologicheskie Vedomosti* [Morphological bulletin]. 2015, no. 4, pp. 32–37. [In Russian]
6. Agafonov A. V. *Osobennosti adaptacii studentov k uslovijam obuchenija v vuze v zavisimosti ot raznyh sostojanij zdorov'ja i dvigatel'noj aktivnosti: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Features of students' adaptation to the conditions of education at the university, depending on different states of health and physical activity: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Cheboksary, 2008, 20 p. [In Russian]
7. Bunak V. V. *Antropometrija: prakticheskij kurs* [Anthropometry: practical course]. Moscow, 1941, 368 p. [In Russian]
8. Ivakina E. A. *Osobennosti fizicheskogo razvitija i sostojanija sistemy krovoobrashhenija studentov Ural'skogo regiona: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Features of physical development and the state of the blood circulation system of students of the Ural region: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Tjumen, 2006, 29 p. [In Russian]
9. Golubev A. I., Tumarov K. B. *Pedagogiko-psihologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical, psychological, medical and biological problems of physical culture and sports]. 2008, vol. 3, no. 1. Available at: http://www.kamgifik.ru/magazin/1_08/1_2008_06.pdf [In Russian]
10. Vartanova O. G. *Harakteristika anatomicheskikh komponentov somatotipa zdorovyh ljudej – zhitelej juga Rossii junosheskogo i pervogo perioda zrelogo vozrasta i pri disfunkcii nekotoryh jendokrinnyh zhelez: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Characteristics of the anatomical components of the somatotype of healthy people and people with dysfunction of some endocrine glands - residents of southern Russia in adolescence and the first period of adulthood: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Volgograd, 2003, 22 p. [In Russian]
11. Limanskaja N. I. *Morfofunkcional'nye pokazateli fizicheskogo razvitija lic prizyvnogo vozrasta Volgogradskogo regiona v zavisimosti ot tipa teloslozhenija: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Morphological and functional indicators of physical development of persons of military age in the Volgograd region, depending on the type of physique: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Volgograd, 2010, 25 p. [In Russian]
12. Kovalenko N. V. *Diagnostichestkaja znachimost' markernyh parametrov sistem organizma junoshej v norme i pri prolapse mitral'nogo klapana s uchetom ih konstitucional'nyh osobennostej: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Diagnostic significance of the marker parameters of the body systems of young men in health and in mitral valve pro-

- lapse, taking into account their constitutional features: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Stavropol, 2004, 24 p. [In Russian]
13. Galkina T. N. *Antropometricheskie i somatotipologicheskie osobennosti lic junosheskogo vozrasta v Penzenskom regione: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Anthropometric and somatotypological characteristics of adolescents in the Penza region: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Volgograd, 2008, 22 p. [In Russian]
 14. Loginov S. I. *Sistemnyj analiz i upravlenie fizicheskoj aktivnost'ju cheloveka v uslovijah HMAO-Jugry: avtoref. dis. dokt. biol. nauk* [System analysis and management of human physical activity in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Yugra: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Surgut, 2008, 48 p. [In Russian]
 15. Ag-Ool E. M. *Modernizacija shkol'nogo fizkul'turnogo obrazovanija v Respublike Tyva na osnove ucheta osobennostej fizicheskogo i motornogo razvitiya korennoho naselenija i nacional'no-regional'nyh tradicij dvigatel'noj aktivnosti (na primere starshih klassov srednej shkoly): avtoref. dis. d-ra ped. nauk* [Modernization of school physical education in the Republic of Tyva based on taking into account the peculiarities of physical and motor development of the indigenous population and national-regional traditions of physical activity (on the example of senior secondary school): author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of pedagogical sciences]. Omsk, 2007, 52 p. [In Russian]
 16. Caturjan L. D. *Sravnitel'naja jekologo-fiziologicheskaja harakteristika adaptivnyh reakcij organizma obsledovannyh raznyh jetnicheskikh grupp: avtoref. dis. d-ra med. nauk* [Comparative ecological and physiological characteristics of the adaptive reactions of the organism of the examined different ethnic groups: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of medical sciences]. Moscow, 2009, 41 p. [In Russian]
 17. Aver'janova I. V., Vdovenko S. I. *Zdorov'e. Medicinskaja jekologija. Nauka* [Health. Medical ecology. The science]. 2018, no. 3 (75), pp. 84–88. DOI: 10.5281/zenodo.1488054. [In Russian]
 18. Kolokol'cev M. M., Lebedinskij V. Ju. *Bulleten' VSNC SO RAMN* [Bulletin of the Eastern Siberian Scientific Center of the Siberian Department of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2012, no. 6 (88), pp. 47–54. [In Russian]
 19. Blinova E. G., Kuchma V. R. *Gigiena i sanitarija* [Hygiene and sanitation]. 2012, no. 1, pp. 35–40. [In Russian]
 20. Pashkova I. G., Kudrjashova S. A., Kolupaeva T. A. *Fundamental'nye issledovanija* [Fundamental researches]. 2010, no. 6, pp. 90–96. [In Russian]
 21. Litovchenko O. G. *Osobennosti morfofunkcional'nogo i psihofiziologicheskogo razvitiya urozhencev srednego Priob'ja v vozraste 7–20 let: avtoref. dis. d-ra biol. nauk* [Features of the morphofunctional and psychophysiological development of natives of the middle Ob region at the age of 7–20 years old: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Cheljabinsk, 2009, 32 p. [In Russian]
 22. Nadeina S. Ja., Filatova O. V., Kuz'mina N. V., Faleeva D. M. *Izvestija Altajskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Altai State University]. 2008, no. 3, pp. 11–14. [In Russian]
 23. Negasheva M. A., Mishkova T. A. *Morfologicheskie vedomosti* [Morphological bulletin]. 2007, no. 1–2, pp. 253–256. [In Russian]
 24. Anoshkina N. L., Gulin A. V., Maksimenko V. B. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State University]. 2006, no. 12, pp. 23–27. [In Russian]

25. Kalmin O. V., Afanas'evskaja Ju. S., Samotuga A. V. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki* [University proceedings. Volga region. Medical sciences]. 2009, no. 3 (11), pp. 12–25. [In Russian]
26. Anisimova E. N. *Antropometricheskie harakteristiki i biohimicheskie pokazateli krovi junoshej razlichnyh tipov teloslozhenija: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Anthropometric characteristics and biochemical parameters of the blood of young men of various body types: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Krasnojarsk, 2004, 25 p. [In Russian]
27. Sharajkina E. P. *Zakonomernosti izmenchivosti antropometricheskikh parametrov i biohimicheskikh pokazatelej krovi molodyh ljudej v zavisimosti ot tipa teloslozhenija i pola: avtoref. dis. d-ra med. nauk* [Regularities of variability of anthropometric parameters and biochemical parameters of the young people blood, depending on the type of physique and gender: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of medical sciences]. Krasnojarsk, 2005, 44 p. [In Russian]
28. Moskalenko O. L., Pulikov A. S. *V mire nauchnyh otkrytij* [In the world of scientific discovery]. 2016, no. 11 (83), pp. 120–127. [In Russian]
29. Ionina E. V. *Morfotipologicheskaja harakteristika zhitelej Tjumenskoj oblasti junoshejskogo vozrasta vo vzaimosvjazi s pokazateljami serdechno-sosudistoj sistemy: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Morphotypological characteristics of adolescent residents of the Tyumen region in relation to the indicators of the cardiovascular system: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Tjumen, 2003, 22 p. [In Russian]
30. Eremin A. V. *Harakteristika fizicheskogo razvitija saratovskih studentov-muzhchin (po dannym antropometrii): avtoref. dis. kand. med. nauk* [Characteristics of the physical development of Saratov male students (according to anthropometry data): author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Saratov, 2000, 24 p. [In Russian]
31. Umetskij V. S. *Somatometricheskaja i somatotipologicheskaja harakteristika fizicheskogo razvitija sovremennogo pokolenija muzhchin 17–19 let: avtoref. dis. kand. med. nauk* [Somatometric and somatotypological characteristics of the physical development of the modern generation of men 17-19 years old: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences]. Orenburg, 2003, 21 p. [In Russian]
32. Kondrashev A. V., Chaplygina E. V., Vartanova O. T., Beskopyl'naja E. S., Nor-Arevjan K. A., Osipov D. N. *Astrahanskij medicinskij zhurnal* [Astrakhan medical journal]. 2007, vol. 2, no. 2, p. 68. [In Russian]

Юртайкина Мария Николаевна

ассистент, кафедра нормальной и патологической анатомии с курсом судебной медицины, Медицинский институт, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: m.n.yurtaikina@rambler.ru

Yurtaykina Mariya Nikolaevna

Assistant, sub-department of normal and pathological anatomy with the course of forensic medicine, Medical Institute, Ogarev Mordovia State University (68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Чаиркин Иван Николаевич

доктор медицинских наук, профессор,
кафедра анатомии человека, Первый
Московский государственный
медицинский университет имени
И. М. Сеченова (Россия, г. Москва,
ул. Трубецкая, 8, стр. 2)

E-mail: chairkin@rambler.ru

Селякин Сергей Петрович

доктор медицинских наук, профессор,
кафедра нормальной и патологической
анатомии с курсом судебной медицины,
Медицинский институт, Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет
имени Н. П. Огарева (Россия,
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: sselakin@gmail.com

Мишечкин Максим Михайлович

старший преподаватель, кафедра
нормальной и патологической анатомии
с курсом судебной медицины,
Медицинский институт, Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет имени
Н. П. Огарева (Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: maximM-M-M@yandex.ru

Рыбаков Алексей Геннадьевич

кандидат медицинских наук, доцент,
заведующий кафедрой нормальной
и патологической анатомии с курсом
судебной медицины, Медицинский
институт, Национальный
исследовательский Мордовский
государственный университет
имени Н. П. Огарева (Россия,
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: inform13med@yandex.ru

Chairkin Ivan Nikolaevich

Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of human anatomy,
First Moscow State Medical University
named after I. M. Sechenov (building 2,
8 Trubetskaya street, Moscow, Russia)

Selyakin Sergey Petrovich

Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of normal and pathological
anatomy with the course of forensic
medicine, Medical Institute, Ogarev
Mordovia State University
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Mishechkin Maksim Mikhaylovich

Senior lecturer, sub-department
of normal and pathological anatomy
with the course of forensic medicine,
Medical Institute, Ogarev Mordovia
State University (68 Bolshevistskaya
street, Saransk, Russia)

Rybakov Aleksey Gennad'evich

Candidate of medical sciences, associate
professor, head of the sub-department
of normal and pathological anatomy
with the course of forensic medicine,
Medical Institute, Ogarev Mordovia
State University (68 Bolshevistskaya
street, Saransk, Russia)

Образец цитирования:

Сравнительная характеристика уровня физического развития лиц юношеского возраста мужского пола Республики Мордовии по данным антропометрического исследования / М. Н. Юртайкина, И. Н. Чаиркин, С. П. Селякин, М. М. Мишечкин, А. Г. Рыбаков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 75–89. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-7.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИРИНЫ ЗУБНЫХ ДУГ У ЛИЦ ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА С РАЗНОЙ ФОРМОЙ ЧЕРЕПА

Аннотация.

Актуальность и цели. Сведения исследований о вариабельности размеров ширины зубных дуг очень разнообразны, противоречивы и недостаточно изучены, так как в большинстве случаев проводились без учета взаимосвязи с краниотипом, гендерными и половыми особенностями. Цель исследования – изучить изменчивость параметров ширины зубных дуг у лиц разного пола и возраста в зависимости от формы черепа.

Материалы и методы. Объектом исследования были 204 человека разного пола в возрасте от 21 до 60 лет. На гипсовых моделях верхней и нижней челюстей измеряли ширину зубных дуг на уровне первых премоляров и первых моляров по точкам, предложенных Pont. Обследуемым измеряли продольный и поперечный диаметр головы.

Результаты. В первом возрастном периоде параметры ширины зубных дуг в области первых премоляров и первых моляров преобладают у мужчин по сравнению с женщинами как на верхней, так и нижней челюстях. Во втором возрастном периоде аналогичные показатели статистически достоверно больше у женщин. У лиц женского пола ширина зубных дуг увеличивается от первого периода зрелого возраста ко второму периоду на верхней и нижней челюстях. У мужчин ширина зубных дуг уменьшается от первого периода ко второму, за исключением области премоляров верхней челюсти.

Выводы. Полученные данные необходимо учитывать для диагностики и при планировании лечения у пациентов, имеющих аномалии и деформации челюстно-лицевой области.

Ключевые слова: краниотип, ширина зубных дуг, форма черепа, долихоцефалы, мезоцефалы, брахицефалы.

О. В. Kalmin, E. A. Koretskaya, L. A. Zyul'kina

VARIABILITY OF DENTAL ARCHES' WIDTH IN MATURE INDIVIDUALS WITH DIFFERENT SKULL SHAPES

Abstract.

Background. Research data on the variability of the dimensions of dental arches' width are very diverse, contradictory and insufficiently studied, since in most cases they were carried out without taking into account the relationship with the craniotype, gender and sex characteristics. The purpose of the research is to study the variability of the parameters of the dental arches' width in individuals of different gender and age, depending on the shape of the skull.

Materials and methods. The object of the study was 204 people of different sexes aged from 21 to 60 years old. On the plaster models of the upper and lower jaws,

the dental arches' width was measured at the level of the first premolars and the first molars at the points proposed by Pont. The subjects measured the longitudinal and transverse diameter of the head.

Results. In the first age period, the parameters of the dental arches' width in the area of the first premolars and first molars predominate in men, compared to women, both on the upper and lower jaws. In the second age period, similar indicators are statistically significantly higher in women. In female individuals, the dental arches' width increases from the first period of adulthood to the second period on the upper and lower jaws. In men, the dental arches' width decreases from the first period to the second, except for the area of the premolars of the upper jaw.

Conclusions. The data obtained should be taken into account for diagnosis and treatment planning in patients with anomalies and deformities of the maxillofacial region.

Keywords: cryotip, the width of the dental arches, the shape of the skull, dolichocephalic, mesocephalic, brachycephalic.

Введение

На протяжении многих десятилетий вариантная анатомия зубных дуг привлекала внимание многих специалистов, в частности врачей-ортодонтот [1]. Одной из актуальных проблем для оказания качественной стоматологической помощи остается определение индивидуальной формы и размеров как зубов, так и зубочелюстных дуг. В литературе описаны различные варианты форм и размеры зубочелюстных дуг с учетом пола, возраста и расовых особенностей как при физиологической окклюзии, так и при патологии челюстно-лицевой области, представлены доказательства взаимосвязи краниофациального комплекса с одонтометрическими параметрами [2, 3]. Однако полученные данные очень противоречивые, и многие исследователи при определении взаимосвязи размеров и зубочелюстных дуг не отмечают полового диморфизма. Известно, что форму дуги главным образом определяют размеры и форма зубов, а не пол пациента [4, 5]. Изучение и использование данных о типологических и половых особенностях ширины зубных дуг позволят более детально выявить закономерности параметров в диагностике зубочелюстных аномалий и планируемом комплексном лечении.

Цель исследования – изучить изменчивость параметров ширины зубных дуг у лиц разного пола и возраста в зависимости от формы черепа.

Материалы и методы

В исследовании принимали участие 204 человека, постоянно проживающих в г. Пензе и Пензенской области. Исходя из возрастной периодизации, которая была принята на 7-й Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии АПН СССР в г. Москве в 1965 г., обследуемые были поделены следующим образом (табл. 1).

Обследуемым измеряли продольный и поперечный диаметр головы, затем стандартными ложками альгинатной слепочной массой «Упин» снимали оттиски с обеих челюстей. На моделях, отлитых из гипса, определяли ширину зубных дуг в области премоляров и моляров по точкам, которые предложил и описал Pont. Далее определяли головной индекс как отношение поперечного диаметра мозгового черепа к продольному. Согласно полученным значениям индекса все обследуемые разделялись на имеющих: долихоцефалическую

форму головы – числовые величины головного индекса меньше 75,0 %; мезоцефалическую форму головы – индекс от 75,0 до 79,9 %, брахицефалическую форму головы – значения головного индекса от 80 % и более.

Таблица 1

Объекты исследования

	1-й период зрелого возраста	2-й период зрелого возраста
мужчины	51 человек	52 человека
женщины	50 человек	51 человек

С помощью пакета программ Statistica for Windows v 10.0 вычисляли количественные данные вариационно-статистическими методами. Нормальность распределения параметров проверяли при помощи критерия Колмогорова – Смирнова при уровне значимости $p < 0,05$. Распределение всех изученных параметров было близко к нормальному. Достоверность различий между независимыми группами оценивали с помощью критерия Колмогорова – Смирнова при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследований и обсуждение

Сравнительный анализ параметров ширины зубных дуг в точках Пона в первом периоде зрелого возраста показал, что на верхней челюсти в области первых премоляров средние значения составляют у мужчин $36,19 \pm 0,24$ мм, у женщин – $35,04 \pm 0,24$ мм, в области первых моляров у мужчин – $49,67 \pm 0,32$ мм, что на 8,66 % выше, чем у женщин ($45,71 \pm 0,23$ мм) ($p < 0,05$). На нижней челюсти ширина зубной дуги в области первых премоляров у мужчин составляет $35,06 \pm 0,45$ мм, у женщин – $34,05 \pm 0,18$ мм. В области первых моляров нижней челюсти показатели данного параметра у мужчин выше, чем у женщин, на 15,47 % и составляют $51,43 \pm 0,40$ и $44,54 \pm 0,29$ мм соответственно ($p < 0,05$) (табл. 2).

Во втором периоде зрелого возраста ширина зубной дуги на верхней челюсти в области первых премоляров составила: у мужчин – $37,12 \pm 0,30$ мм, у женщин – $37,49 \pm 0,27$ мм; в области первых моляров: у мужчин – $48,11 \pm 0,32$ мм, у женщин – $48,95 \pm 0,16$ мм. На нижней челюсти в данном возрастном периоде ширина зубной дуги в области первых премоляров у мужчин была – $34,63 \pm 0,24$ мм, у женщин – $34,76 \pm 0,41$ мм. В области первых моляров нижней челюсти показатели данного параметра у мужчин составили $45,21 \pm 0,42$ мм, у женщин – $45,69 \pm 0,57$ мм (табл. 1).

Среди женщин первого периода зрелого возраста брахицефалическая форма черепа отмечена в 46,0 % случаев, долихоцефалическая – в 32,0 % случаев, мезоцефалическая – в 22,0 % случаев. У мужчин долихоцефалическая форма отмечена в 35,3 % случаев, мезоцефалическая и брахицефалическая составили 33,3 и 31,4 % соответственно. Во втором периоде зрелого возраста у женщин брахицефалическая форма черепа встречалась в 37,2 % случаев, мезоцефалическая – в 35,3 % случаев, долихоцефалическая – в 27,5 % случаев. У мужчин значительно преобладала мезоцефалическая форма, она отмечена в 65,4 % случаев, брахицефалическая и долихоцефалическая составили 26,9 и 7,7 % соответственно (рис. 1).

Таблица 1

Ширина зубной дуги в области моляров и премоляров

Показатель	Мужчины, $M \pm m$, мм		p	Женщины, $M \pm m$, мм		p
	1-й период зрелого возраста	2-й период зрелого возраста		1-й период зрелого возраста	2-й период зрелого возраста	
Ширина зубной дуги в области первых премоляров	верхняя челюсть	$36,19 \pm 0,24$	$p < 0,05$	$35,04 \pm 0,24$	$37,49 \pm 0,27$	$p < 0,05$
	нижняя челюсть	$35,06 \pm 0,45$		$34,05 \pm 0,18$	$34,76 \pm 0,41$	
Ширина зубной дуги в области первых моляров	верхняя челюсть	$49,67 \pm 0,32$	$p < 0,05$	$45,71 \pm 0,23$	$48,95 \pm 0,16$	$p < 0,05$
	нижняя челюсть	$51,43 \pm 0,40$		$44,54 \pm 0,29$	$45,69 \pm 0,57$	

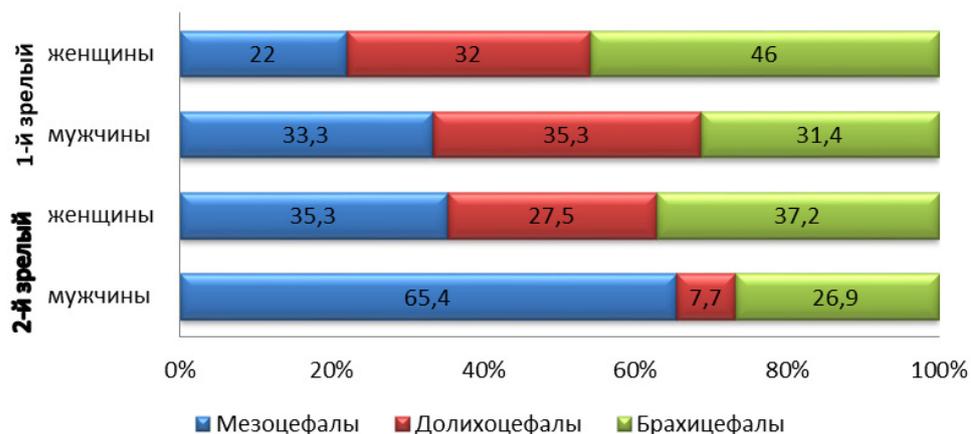


Рис. 1. Распределение субъектов исследования по головному указателю

В группе мужчин от 22 до 35 лет с брахицефалической формой черепа ширина зубных дуг на уровне первых верхних премоляров составила $37,45 \pm 0,24$ мм, что превышает значения аналогичного параметра у мужчин с мезоцефалической формой черепа на 4,35 % и с долихоцефалической – на 5,91 % ($p < 0,05$). В области первых моляров верхней челюсти ширина зубных дуг у долихоцефалов статистически достоверно меньше, чем у брахицефалов на 3,83 %, $p < 0,05$. У женщин от 21 до 35 лет, имеющих долихоцефалическую форму черепа, ширина зубных дуг на уровне первых моляров верхней челюсти меньше, чем у женщин с брахицефалической формой ($p < 0,05$).

В результате исследования установлено, что у лиц первого периода зрелого возраста с брахицефалической формой черепа выявлено статистически достоверное преобладание значений ширины зубных дуг у мужчин, чем у женщин в области: первых премоляров и первых моляров верхней челюсти на 5,37 и 10,05 % соответственно; первых премоляров нижней челюсти на 5,14 % и первых моляров нижней челюсти на 16,90 % ($p < 0,05$). Сравнительный анализ показателей ширины зубных дуг у мужчин и женщин в возрасте от 21 до 35 лет с мезоцефалической формой черепа выявил статистически значимое преобладание у мужчин на уровне первых моляров верхней челюсти – на 7,77 % и в области первых моляров нижней челюсти – на 15,65 % ($p < 0,05$). У лиц, имеющих долихоцефалическую форму черепа, ширина зубных дуг также статистически достоверно больше у мужчин, чем у женщин, в области: первых премоляров на 3,57 % и первых моляров верхней и нижней челюстей – на 8,82 и 14,84 % соответственно ($p < 0,05$) (табл. 3).

Во втором периоде зрелого возраста у женщин с мезоцефалической формой черепа ширина зубных дуг на нижней челюсти статистически достоверно превалирует над шириной с брахицефалической формой черепа в области первых премоляров на 6,83 %, в области первых моляров – на 5,90 % ($p < 0,05$). В группе мужчин от 36 до 60 лет статистически достоверных различий показателей ширины зубных дуг в зависимости от краниотипа не выявлено.

У женщин в возрасте от 36 до 55 лет, имеющих брахицефалическую форму черепа, показатели ширины зубных дуг в области первых моляров верхней и нижней челюсти превосходили аналогичные у мужчин на 3,46 и 4,16 % соответственно ($p < 0,05$), в области первых премоляров – незначительно преобладали у мужчин. У лиц с мезоцефалическим черепом показатели ширины зубных дуг в области первых премоляров и моляров как на верхней, так и на нижней челюсти преобладали у женщин по сравнению с мужчинами, статистически значимые различия выявлены на верхней челюсти в области первых премоляров и на нижней челюсти в области первых моляров ($p < 0,05$). У субъектов с долихоцефалическим черепом половые различия ширины зубной дуги на обеих челюстях были статистически недостоверны ($p > 0,05$) (табл. 4).

Сведения исследований о вариабельности размеров ширины зубных дуг очень разнообразны, противоречивы и недостаточно изучены, так как в большинстве случаев проводились без учета взаимосвязи с краниотипом, гендерными и половыми особенностями [6, 7]. Так, в работе А. Arbutina (2012) среднестатистические показатели ширины зубных дуг в области первых верхних премоляров составили 36,75 мм, а первых верхних моляров – 46,53 мм [8], что тождественно нашим данным, согласно которым ширина зубных дуг на аналогичной челюсти в области первых премоляров варьировала в диапазоне от $35,56 \pm 0,27$ до $37,49 \pm 0,27$ мм, а в области первых моляров – от $45,95 \pm 0,22$ до $48,95 \pm 0,16$ мм. По результатам исследований S-J. Park и соавт. (2017), на уровне первых моляров верхней челюсти значения ширины зубных дуг были 55,15 мм, вторых моляров – 64,12 мм [9].

Согласно данным Л. В. Музуровой и соавт. (2013) у объектов исследования от 21 до 35 лет у мужчин средние значения ширины зубных дуг превосходят подобные показатели у женщин, что совпадает с нашими результатами.

Таблица 3

Ширина зубной дуги в области первых премоляров и первых моляров у лиц первого периода зрелого возраста с разной формой черепа

Параметры	Вариационно-статистические показатели, $M \pm m$ (мм)										p
	Брахицефалы		p	Мезоцефалы		p	Долихоцефалы		p		
	Мужчины	Женщины		Мужчины	Женщины		Мужчины	Женщины			
Ширина зубной дуги в области первых премоляров на верхней челюсти	37,45 ± 0,24	35,54 ± 0,28	p < 0,05	35,89 ± 0,37	35,31 ± 0,52	p > 0,05	35,36 ± 0,45	34,14 ± 0,45			p < 0,05
Ширина зубной дуги в области первых моляров на верхней челюсти	50,79 ± 0,36	46,15 ± 0,28	p < 0,05	49,09 ± 0,59	45,55 ± 0,62	p < 0,05	49,23 ± 0,59	45,24 ± 0,39			p < 0,05
Ширина зубной дуги в области первых премоляров на нижней челюсти	35,98 ± 0,93	34,22 ± 0,21	p < 0,05	34,55 ± 0,69	34,02 ± 0,42	p > 0,05	34,73 ± 0,74	33,68 ± 0,39			p > 0,05
Ширина зубной дуги в области первых моляров на нижней челюсти	52,56 ± 0,37	44,96 ± 0,43	p < 0,05	51,22 ± 0,78	44,29 ± 0,62	p < 0,05	50,62 ± 0,75	44,08 ± 0,55			p < 0,05

Таблица 4

Ширина зубной дуги в области первых премоляров и первых моляров
у лиц второго периода зрелого возраста с разной формой черепа

Параметры	Вариационно-статистические показатели, $M \pm m$ (мм)										p
	Брахицефалы		p	Мезоцефалы		p	Долихоцефалы		p		
	Мужчины	Женщины		Мужчины	Женщины		Мужчины	Женщины			
Ширина зубной дуги в области первых премоляров на верхней челюсти	37,00 ± 0,42	36,78 ± 0,44	p < 0,05	37,20 ± 0,42	38,00 ± 0,43	p < 0,05	36,88 ± 0,82	37,79 ± 0,53	p > 0,05		
Ширина зубной дуги в области первых моляров на верхней челюсти	47,16 ± 0,40	48,79 ± 0,23	p < 0,05	48,29 ± 0,41	49,10 ± 0,32	p > 0,05	46,43 ± 0,90	48,97 ± 0,26	p > 0,05		
Ширина зубной дуги в области первых премоляров на нижней челюсти	34,78 ± 0,23	33,55 ± 0,69	p < 0,05	34,67 ± 0,33	35,84 ± 0,61	p > 0,05	33,61 ± 0,43	35,02 ± 0,75	p > 0,05		
Ширина зубной дуги в области первых моляров на нижней челюсти	44,28 ± 0,68	46,13 ± 0,91	p < 0,05	45,86 ± 0,49	48,85 ± 0,90	p < 0,05	44,99 ± 0,28	48,33 ± 1,07	p > 0,05		

Тогда как у мужчин от 36 до 60 лет преобладают значения ширины зубных дуг на уровне премоляров [10]. По результатам нашего исследования, параметры ширины зубных дуг у женщин от 36 до 55 лет превосходят аналогичные параметры у мужчин от 36 до 60 лет в области и первых премоляров и первых моляров.

Е. Ю. Ефимова и соавт. (2018) выявили, что величина ширины зубных дуг на уровне первых верхних премоляров была больше на брахиокранных черепах и у мужчин, и у женщин, а на мезокранных черепах значения ширины зубных дуг статистически достоверно выше, чем на долихокранных, у женщин в области первых верхних моляров [11].

Заключение

Таким образом, у лиц первого периода взрослого возраста ширина зубных дуг в области первых премоляров и первых моляров преобладает у мужчин по сравнению с женщинами как на верхней, так и нижней челюстях. Во втором периоде взрослого возраста аналогичные параметры статистически достоверно больше у женщин.

У женщин ширина зубных дуг увеличивается от первого ко второму периоду зрелого возраста на верхней и нижней челюстях. У мужчин ширина зубных дуг уменьшается от первого периода ко второму, за исключением области премоляров верхней челюсти.

Ширина зубных дуг на уровне верхних премоляров и первых моляров преобладает у брахицефалов у мужчин и женщин от 21 до 35 лет.

Во втором возрастном периоде у женщин, имеющих брахицефалическую и мезоцефалическую форму черепа, ширина зубных дуг преобладала у женщин по сравнению с мужчинами.

Библиографический список

1. **Вовк, Ю. Н.** Перспективы и новые направления учения об индивидуально анатомической изменчивости / Ю. Н. Вовк, О. Ю. Вовк // Вестник проблем биологии и медицины. – 2016. – № 2. – С. 376–379.
2. **Гайворонский, И. В.** Индивидуальная анатомическая изменчивость: историко-методологические аспекты / И. В. Гайворонский, С. Е. Байбаков // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2008. – № 1. – С. 62–69.
3. Этнические особенности кефалометрических показателей у населения Восточной Сибири / В. Г. Николаев, Н. Н. Медведева, Т. М. Савенкова, Р. Д. Юсупов, Л. В. Синдеева // Сибирское медицинское обозрение. – 2015. – № 1 (91). – С. 60–63.
4. **Чеканин, И. М.** Взаимосвязь формы и размеров зубных дуг с параметрами краниофациального комплекса при мезоцефалии : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02 / Чеканин И. М. – Волгоград, 2005. – 98 с.
5. **Jacobson, A.** Retrospective cephalometric investigation of the effects of soldered transpalatal arches on the maxillary first molars during orthodontic treatment involving extraction of maxillary first bicuspids / A. Jacobson // American Journal Of Orthodontics add Dentofacial Orthopedics. – 2006. – № 1. – P. 81.
6. Зависимость размеров зубных дуг от параметров лица / С. Б. Фищев, А. В. Лепилин, М. А. Агашина, Д. Н. Балахничев // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – № 2-2. – С. 95–99.
7. Взаимосвязь сагиттальных и трансверсальных размеров при различных вариантах формы верхних зубочелюстных дуг / Д. А. Доменюк, С. В. Дмитриенко, Э. Г. Ведешина, Ж. С. Орфанова // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2015. – № 3. – С. 59–63.

8. Face types and sizes of dental arches in subjects with class I molar relationship / A. Arbutina, S. Cupic, M. Umicevic-Davidovic et al. // *Glasnik Antropoloskog Društva Srbije*. – 2012. – № 47. – P. 41–50.
9. Analysis of dimensions and shapes of maxillary and mandibular dental arch in Korean young adults / S.-J. Park, R. Leesungbok, J.-W. Song et al. // *Journal of Advanced Prosthodontics*. – 2011. – № 9 (5). – P. 321–328.
10. **Музурова, Л. В.** Возрастная, половая и индивидуальная изменчивость ширины зубной дуги верхней челюсти взрослых людей / Л. В. Музурова, М. В. Соловьева, С. Н. Шелудько // *Приволжский научный вестник*. – 2013. – № 3. – С. 119–124.
11. **Ефимова, Е. Ю.** Изменчивость показателей ширины зубных дуг верхней челюсти в зависимости от типа черепа / Е. Ю. Ефимова, А. И. Краюшкин, Ю. В. Ефимов // *Сеченовский вестник*. – 2018. – № 4. – С. 28–33.

References

1. Vovk Ju. N., Vovk O. Ju. *Vestnik problem biologii i mediciny* [Bulletin of problems of biology and medicine]. 2016, no. 2, pp. 376–379. [In Russian]
2. Gaivoronskii I. V., Bajbakov S. E. *Vestnik jeksperimental'noj i klinicheskoj hirurgii* [Bulletin of experimental and clinical surgery]. 2008, no. 1, pp. 62–69. [In Russian]
3. Nikolaev V. G., Medvedeva N. N., Savenkova T. M., Jusupov R. D., Sindeeva L. V. *Sibirskoe medicinskoe obozrenie* [Siberian Medical Review]. 2015, no. 1 (91), pp. 60–63. [In Russian]
4. Chekanin I. M. *Vzaimosvjaz' formy i razmerov zubnyh dug s parametrami kraniofacial'nogo kompleksa pri mezocefalii: dis. kand. med. nauk: 14.00.02* [The relationship of the shape and size of dental arches with the parameters of the craniofacial complex in mesocephaly: dissertation to apply for the degree of the candidate of medical sciences: 14.00.02].olgograd, 2005, 98 p. [In Russian]
5. Jacobson A. *American Journal Of Orthodontics add Dentofacial Orthopedics*. 2006, no. 1, p. 81.
6. Fishhev S. B., Lepilin A. V., Agashina M. A., Balahnichev D. N. *Evrazijskij Sojuz Uchenyh* [Eurasian Union of Scientists]. 2016, no. 2-2, pp. 95–99. [In Russian]
7. Domenjuk D. A., Dmitrienko S. V., Vedeshina Je. G., Orfanova Zh. S. *Stomatologija detskogo vozrasta i profilaktika* [Pediatric dentistry and prevention]. 2015, no. 3, pp. 59–63. [In Russian]
8. Arbutina A., Cupic S., Umicevic-Davidovic M. et al. *Glasnik Antropoloskog Društva Srbije* [Bulletin of the Anthropological Society of Serbia]. 2012, no. 47, pp. 41–50.
9. Park S.-J., Leesungbok R., Song J.-W. et al. *Journal of Advanced Prosthodontics*. 2011, no. 9 (5), pp. 321–328.
10. Muzurova L. V., Solov'eva M. V., Shelud'ko S. N. *Privolzhskij nauchnyj vestnik* [Volga regional scientific bulletin]. 2013, no. 3, pp. 119–124. [In Russian]
11. Efimova E. Ju., Krajushkin A. I., Efimov Ju. V. *Sechenovskij vestnik* [Sechenov bulletin]. 2018, no. 4, pp. 28–33. [In Russian]

Калмин Олег Витальевич

доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой анатомии
человека, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: kalmin_ov@pnzgu.ru

Kalmin Oleg Vital'evich

Doctor of medical sciences, professor,
head of the sub-department of human
anatomy, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Корецкая Екатерина Александровна
старший преподаватель, кафедра
стоматологии, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: Kat3974@ya.ru

Koretskaya Ekaterina Aleksandrovna
Senior lecturer, sub-department of dentistry,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Зюлькина Лариса Алексеевна
доктор медицинских наук, доцент,
заведующий кафедрой стоматологии,
Медицинский институт, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: stomatologfs@yandex.ru

Zyul'kina Larisa Alekseevna
Doctor of medical sciences, associate
professor, head of the sub-department
of dentistry, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Образец цитирования:

Калмин, О. В. Изменчивость ширины зубных дуг у лиц зрелого возраста с разной формой черепа / О. В. Калмин, Е. А. Корецкая, Л. А. Зюлькина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 90–99. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-8.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЮНОШЕЙ ГУДЖРАТСКОЙ НАРОДНОСТИ ИНДИИ И НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Аннотация.

Актуальность и цели. Изучены особенности физического развития юношей гуджратской народности, проведен сравнительный анализ полученных данных с антропометрическими особенностями лиц юношеского возраста других этно-территориальных групп.

Материалы и методы. Были обследованы 147 юношей-индийцев гуджратской народности в возрасте 17–21 года. Антропометрическое обследование проводилось по методике В. В. Бунака стандартным набором антропометрических инструментов. В ходе работы были проанализированы абсолютные антропометрические величины, изучен антропометрический профиль при помощи вычисления индексов.

Результаты. Исследование показало, что средний рост юношей-гуджратцев составил $171,75 \pm 0,50$ см, масса тела – $63,57 \pm 1,17$ кг, биакромиальный диаметр – $39,80 \pm 0,17$ см, межгребневый диаметр – $26,70 \pm 0,23$ см, фронтальный диаметр грудной клетки – $26,86 \pm 0,18$ см, окружность грудной клетки в состоянии паузы дыхания – $87,8 \pm 0,68$ см. По индексу Эрисмана большинство юношей-гуджратцев (44,9 %) имели узкую грудную клетку. По индексу Рис-Айзенка астенический тип встречался в 47,6 %. Согласно интерпретации индекса Пинье среди гуджратцев преобладали лица с астеническим (37,4 %) типом телосложения. По индексу Дж. Таннера выявлено, что андроморфный и мезоморфный типы телосложения встречались с почти одинаковой частотой среди юношей гуджратской народности (48 % и 49 %). Индекс массы тела показал, что 51 % юношей имели нормальную массу тела.

Выводы. В результате исследования выявлено, что юноши гуджратской народности 17–21 года преимущественно имели астенический тип телосложения, узкую грудную клетку, в то время как пензенские и краснодарские молодые люди чаще имели пикнический или нормостенический типы телосложения и широкую грудную клетку. Масса тела определялась как нормальная в большинстве случаев среди всех групп. По индексу полового диморфизма во всех группах преобладала андроморфия, но среди студентов Краснодара и гуджратцев гинекоморфия встречалась реже, чем в Пензенской области.

Ключевые слова: антропометрия, индийцы, тип телосложения, физическое развитие, гуджратская народность.

Е. М. Frunze, O. V. Kalmin

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PHYSICAL DEVELOPMENT LEVEL OF YOUNG MEN FROM GUJARAT (INDIA) AND SOME REGIONS OF RUSSIA

©Фрунзе Е. М., Калмин О. В., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Abstract.

Background. The physical development features of young men from Gujarat (India) have been studied, a comparative data analysis obtained with the anthropometric characteristics of adolescents of other ethno-territorial groups has been carried out.

Materials and methods. The research material consisted of 147 Gujarat Indian youths aged from 17 to 21 years old. Anthropometric examination was carried out according to the method of V. V. Bunak with a standard set of anthropometric instruments. The absolute anthropometric values were analyzed; the anthropometric profile was studied by calculating indices.

Results. The study showed that the average height of Gujarat young men was $171,75 \pm 0,50$ cm, the body weight – $63,57 \pm 1,17$ kg, biacromial diameter – $39,80 \pm 0,17$ cm, the width of the pelvis – $26,70 \pm 0,23$ cm, the frontal diameter of the chest – $26,86 \pm 0,18$ cm, the circumference of the chest in the state of pause in breathing – $87,8 \pm 0,68$ cm. According to the Erisman index, the majority of Gujarat young men (44,9 %) had a narrow chest. According to the Rees-Eisenck index, the asthenic type was found in 47,6 %. According to the interpretation of the Pigne index, individuals with asthenic (37,4 %) body type predominated among the Gujarat young men. According to J. Tanner's index, it was revealed that andromorphic and mesomorphic body types were found with almost the same frequency among young men of the Gujarat people (48 % and 49 %). The body mass index showed that 51 % were of normal body weight.

Conclusions. As a result of the study, it was revealed that young men of the Gujarat young men aged from 17 to 21 years old mainly had an asthenic body type and a narrow chest, while Penza and Krasnodar young men more often had a pyknic or normosthenic body type and a wide chest. Body weight was defined as normal in most cases among all groups. According to the index of gender dimorphism, andromorphy prevailed in all groups, but between Krasnodar and Gujarat students' gynecomorphy was less common than in the Penza region.

Keywords: anthropometry, Indians, body type, physical development, young Gujarat people.

Введение

Под физическим развитием понимают комплекс морфофункциональных показателей, которые определяют уровень возрастного биологического развития. Оно отражает процессы роста и развития организма на отдельных этапах его жизни [1].

Физическое развитие очень тесно связано с общей и физической конституцией, с половым диморфизмом, двигательной активностью, здоровьем молодого поколения, экологической характеристикой региона, в котором проживают, адаптационными возможностями и имеет существенное значение для молодого и растущего организма в процессе формирования и полового созревания в пубертатном и постпубертатном периодах.

Конституция в современном понимании – целостность морфологических и функциональных свойств, унаследованных и приобретенных, относительно устойчивых во времени, определяющих особенности реактивности организма, профиль (темпы) его индивидуального развития и материальные предпосылки способностей человека. Анатомическим же проявлением конституции служит соматотип [2].

На сегодня существуют популяционно-центрический и индивидуально-центрический подходы в определении типа телосложения (соматотипа). Ин-

дивидуально-центрические схемы диагностики ориентированы на особенности фенотипа, оценивающие степень выраженности признаков «в масштабе человечества» [3]. Использование популяционно-центрического метода определения соматотипа в соматотипологическом исследовании дает возможность не только выявить индивидуальные особенности течения онтогенетических процессов любого из обследуемых индивидов в рамках данной популяционной группы, но и дифференцировать «региональную норму» признаков в зависимости от типа телосложения [4].

Анализ антропометрических параметров различных расово-этнических групп, недоступных ранее для исследования, позволяет проводить усиливающаяся академическая мобильность. При проведении сравнительного анализа полученных данных с антропометрическими особенностями лиц юношеского возраста других этно-территориальных групп результаты исследований могут быть использованы в практической медицине для выявления конституционально значимых признаков, ассоциированных с соматотипом жителей региона, что существенно скажется на развитии профилактической медицины.

Цель исследования: изучить особенности физического развития юношей гуджратской народности Индии.

Материалы и методы

Были обследованы 147 юношей-индийцев гуджратской народности в возрасте 17–21 года, обучающиеся на первом и втором курсах медицинского института Пензенского государственного университета. Антропометрическое обследование проводилось по получившей широкое распространение в антропологии методике В. В. Бунака [5]. В ходе обследования использовался стандартный набор антропометрических инструментов: антропометр, большой толстотный циркуль, скользящий циркуль; сантиметровая лента; калипер, электронные напольные весы. Результаты обследования заносились в специально разработанные бланки, одобренные локальным этическим комитетом, содержащие паспортную часть и данные измерений. В ходе работы были проанализированы абсолютные антропометрические величины: рост, масса тела, фронтальный диаметр грудной клетки, ширина таза, ширина плеч, окружность грудной клетки. При выполнении работы использовались индексы Таннера, Эрисмана, Кетле II, Пинье, Рис-Айзенка. Полученные данные обработаны методами вариационной статистики с помощью программы IBM SPSS Statistics v25. Распределение описываемых антропометрических признаков определено как нормальное или близкое к нормальному (критерий Колмогорова – Смирнова) при $p < 0,05$. Достоверность различий между группами оценивали с помощью критерия Колмогорова – Смирнова при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты исследования

Исследование показало, что средний рост юношей-гуджратцев составил $171,75 \pm 0,50$ см, масса тела – $63,57 \pm 1,17$ кг, биакромиальный диаметр – $39,80 \pm 0,17$ см, межгребневый диаметр – $26,70 \pm 0,23$ см, фронтальный диаметр грудной клетки – $26,86 \pm 0,18$ см, окружность грудной клетки в состоянии паузы дыхания – $87,8 \pm 0,68$ см.

Параметры физического развития гуджратских студентов сравнивали с данными литературы об антропометрических особенностях юношей регио-

нов России: Пензы, Краснодара и Краснодарского края. Средний рост юношей гуджратской народности и масса тела были достоверно меньше данных показателей других регионов. Длина тела пензенских юношей превышала значение этого показателя гуджратцев на 1,7 %, краснодарских – на 3,3 %. Различия массы тела с данными Пензенской области составило 11,2 %, Краснодарского края – 18,2 % ($p < 0,05$).

К основным показателям физического развития юношей относятся также биакромиальный размер (ширина плеч) и окружность грудной клетки, измеренная в состоянии паузы дыхания [7]. Значение биакромиального диаметра было достоверно ниже у гуджратцев по сравнению с краснодарскими юношами на 6,3 %. Различия данного параметра, а также фронтального диаметра груди и ширины таза у гуджратских и пензенских юношей оказались статистически недостоверны. Показатель окружности грудной клетки у юношей гуджратской народности оказался достоверно ниже по сравнению с данными Пензенской области и Краснодарского края (на 7,9 и 9,1 % соответственно) (табл. 1).

С использованием индекса Эрисмана проводилась оценка пропорциональности грудной клетки. Установлено, что чаще юноши-гуджратцы (44,9 %) имели узкую грудную клетку, пропорциональная грудная клетка встречалась в 34,7 %, с наименьшей частотой (20,4 %) определялась широкая грудная клетка. Среди краснодарских студентов наблюдалась противоположная ситуация: в большинстве случаев юноши имели широкую грудную клетку (48 %), пропорциональная встречалась реже (27 %) и в четверти случаев определялась узкая грудная клетка. Пензенские юноши также в большинстве имели широкую грудную клетку (53,8 %), узкая (28,46 %) и пропорциональная (18,46 %) формы встречались реже (рис. 1).

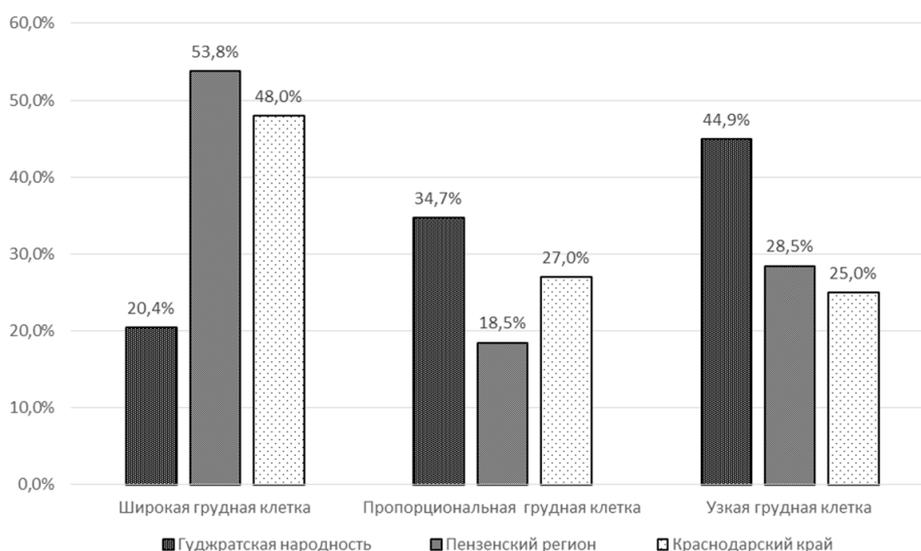


Рис. 1. Распределение субъектов по индексу Эрисмана

При сравнении результатов соматотипирования по индексу Рис-Айзенка было выявлено, что среди гуджратских и краснодарских юношей реже всего встречается пикнический тип телосложения (8,8 и 10,5 % соответственно).

Таблица 1

Сравнительная характеристика антропометрических параметров

	Юноши гуджратской народности	Юноши Пензенской области [6]	Юноши Краснодарского края [7]	Достоверность различий гуджратцев и пензенцев	Достоверность различий гуджратцев и краснодарцев
Длина тела, см	171,75 ± 0,50	177,45 ± 0,46	174,7 ± 0,58	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Масса тела, кг	63,57 ± 1,17	75,11 ± 0,80	70,70 ± 1,18	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Ширина плеч, см	39,8 ± 0,17	39,15 ± 0,31	42,29 ± 0,26	$p > 0,05$	$p < 0,05$
Ширина таза, см	26,7 ± 0,23	26,92 ± 0,23	Нет данных	$p > 0,05$	–
Фронтальный диаметр груди, см	26,86 ± 0,18	28,69 ± 0,24	Нет данных	$p > 0,05$	–
Окружность грудной клетки, см	87,8 ± 0,68	95,79 ± 0,54	94,71 ± 0,75	$p < 0,05$	$p < 0,05$

Астенический тип телосложения определялся среди студентов-индийцев в 47,6 %, краснодарцев – в 30,3 %, нормостенический – в 43,6 и 59,2 % соответственно. Юноши Пензенской области имели пикнический тип телосложения в 53,7 %, нормостенический – в 28,46 %, астенический – в 18,46 % случаев (рис. 2).

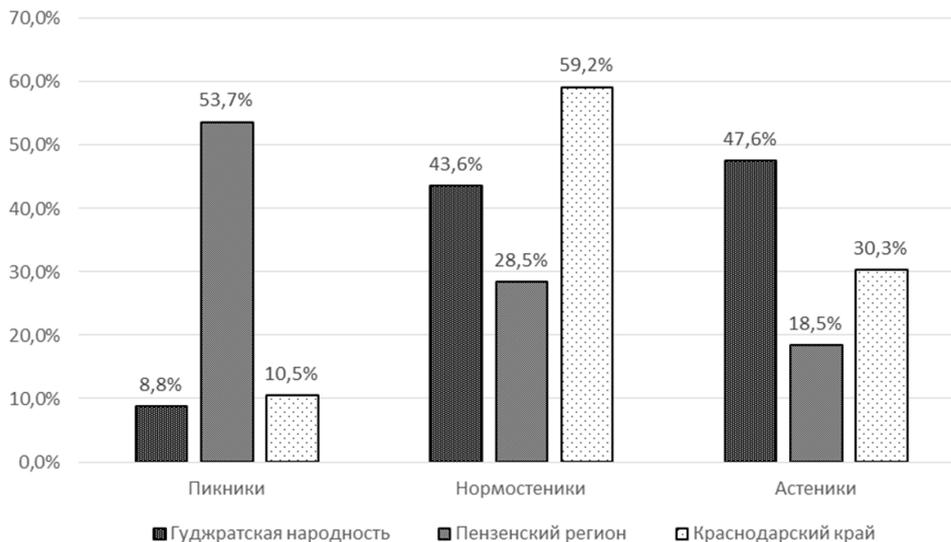


Рис. 2. Распределение субъектов по индексу Рис-Айзенка

При изучении индекса Пинье по схеме М. Черноруцкого установлено, что среди гуджратцев преобладали лица с астеническим (37,4 %) и атлетическим (34,6 %) типом телосложения, пикнический тип встречался реже (28 %). Среди юношей Краснодарского края наиболее часто выявлялся пикнический (55,3 %) и атлетический (43,4 %) типы телосложения, астенический тип телосложения почти не встречался (0,3 %). Пензенские студенты имели в 50,77 % случаев атлетический и в 40 % случаев пикнический тип телосложения, меньше всего выявлено астеников – 9,23 % (рис. 3).

Определение индекса Дж. Таннера показало, что андроморфный и мезоморфный типы телосложения встречались с почти одинаковой частотой среди юношей гуджратской народности (48 и 49 %), реже определялся гинекоморфный тип (3 %). Для сравнения: 80,9 % юношей Краснодара обладали андроморфным типом телосложения, 14,5 % – мезоморфным, у 4,6 % юношей был выявлен гинекоморфный тип телосложения. Такое распределение значительно отличается от данных по Пензенской области: студенты имели андроморфный тип строения тела в 42,31 % случаев, мезоморфный – в 36,15 %, гинекоморфный – в 21,54 %. (рис. 4).

Распределение индийских юношей по индексу Кетле II, или индексу массы тела, показало, что 51 % имели нормальную массу тела, недостаточная масса была выявлена в 29,9 %, избыточная масса – в 14,9 %, ожирение определялось в 4,2 % случаев. Краснодарские юноши имеют индекс массы тела в пределах нормы в 70,13 % случаев, значение индекса указывало на наличие лишнего веса у 24,03 % студентов, у 4,5 % диагностировалось ожирение и у

1,3 % студентов – хроническая энергетическая недостаточность. В Пензенской области индекс Кетле II у юношей демонстрировал норму в 67,69 % случаев, лишний вес – в 17,69 %, хроническую энергетическую недостаточность – в 7,69 %, ожирение – в 6,93 % (рис. 5).

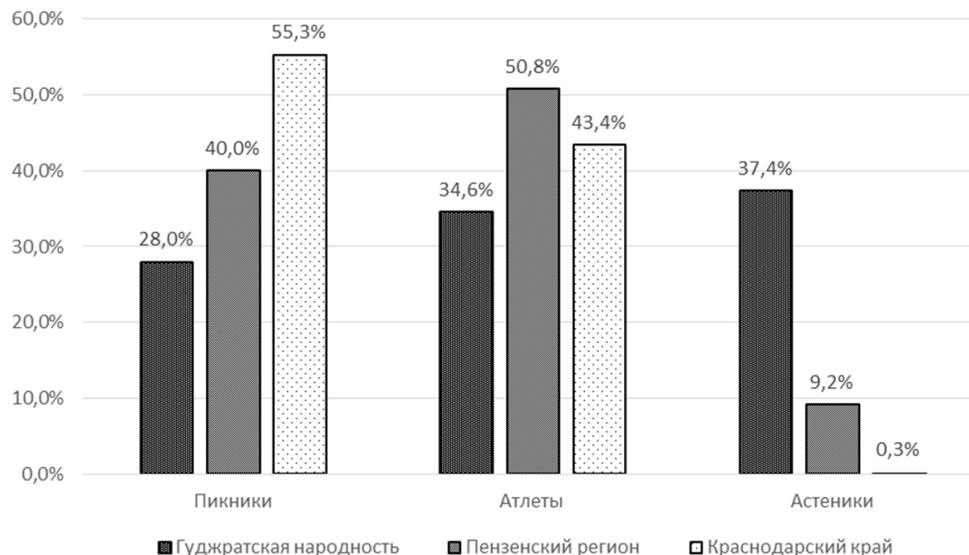


Рис. 3. Распределение субъектов по индексу Пинье

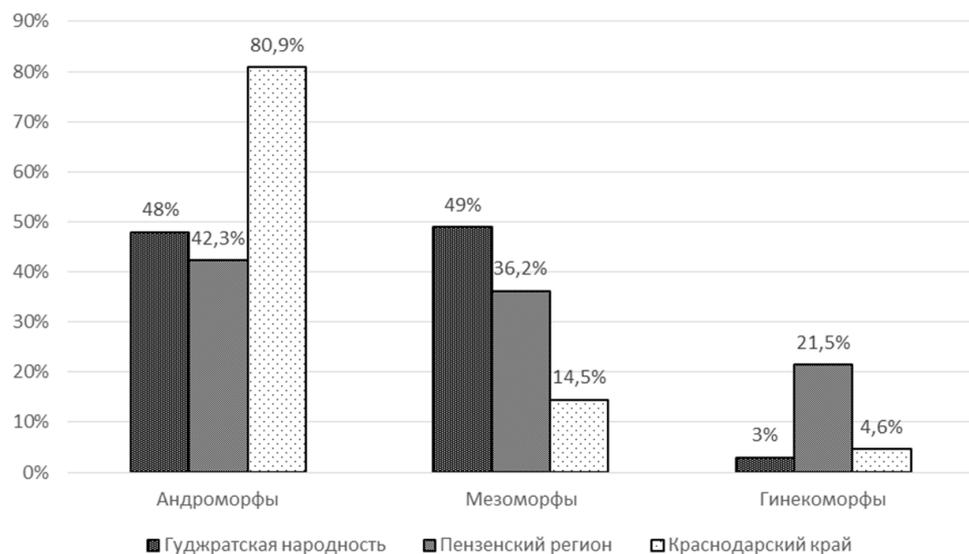


Рис. 4. Распределение субъектов по индексу Таннера

Заключение

В результате исследования выявлено, что юноши гуджратской народности преимущественно имели астенический тип телосложения, узкую грудную клетку, в то время как пензенские и краснодарские молодые люди чаще

имели пикнический или нормостенический типы телосложения и широкую грудную клетку.

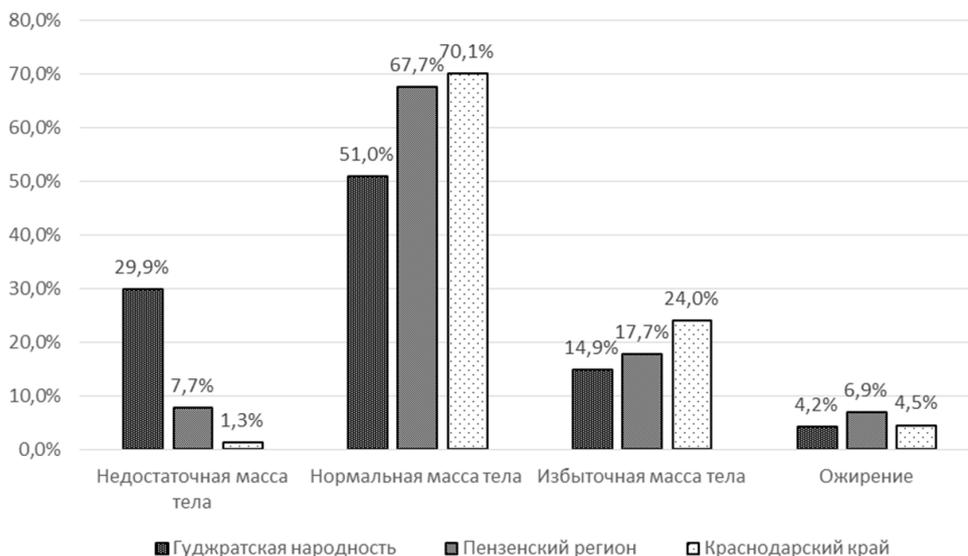


Рис. 5. Распределение субъектов по индексу массы тела

Масса тела определялась как нормальная в большинстве случаев среди всех групп. По индексу полового диморфизма во всех группах преобладала андроморфия, но среди студентов Краснодара и гуджратцев гинекоморфия встречалась реже, чем в Пензенской области.

Библиографический список

1. **Никитюк, Б. А.** Новая техника соматотипирования / Б. А. Никитюк, А. И. Козлов // Вопросы спортивной и медицинской антропологии : сб. науч. тр. – Москва, 1990. – С. 121–141.
2. Онтогенетическая динамика индивидуальных особенностей организма человека / В. Г. Николаев, В. В. Гребенщикова, В. П. Ефремова, В. А. Сапожников, Е. П. Шарайкина. – Красноярск, 2001. – 172 с.
3. **Кузин, В. В.** Интегративная биосоциальная антропология / В. В. Кузин, Б. А. Никитюк. – Москва : ФОН, 1996. – 220 с.
4. **Калмин, О. В.** Популяционно-центрический метод соматотипирования как один из способов оценки уровня физического развития лиц юношеского возраста Краснодарского края / О. В. Калмин, Ю. С. Афанасиевская, А. В. Самогуга // Кубанский научный медицинский вестник. – 2010. – № 2. – С. 38–42.
5. **Бунак, В. В.** Антропология. Краткий курс / В. В. Бунак, М. Ф. Нестурх, Я. Я. Рогинский, Б. В. Бунак. – Москва, 1941. – 376 с.
6. **Калмин, О. В.** Антропометрическая характеристика лиц юношеского возраста Пензенского региона / О. В. Калмин, Т. Н. Галкина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 1 (9). – С. 10–23.
7. **Калмин, О. В.** Сравнительная характеристика уровня физического развития лиц юношеского возраста г. Краснодара и Краснодарского края / О. В. Калмин, Ю. С. Афанасиевская, А. В. Самогуга // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2009. – № 3 (11). – С. 12–25.

References

1. Nikityuk B. A., Kozlov A. I. *Voprosy sport. i med. antropologii: sb. nauch. tr.* [Issues of sport and medical anthropology: collected articles]. Moscow, 1990, pp. 121–141. [In Russian]
2. Nikolaev V. G., Grebenshchikova V. V., Efremova V. P., Sapozhnikov V. A., Sharaykina E. P. *Ontogeneticheskaya dinamika individual'nykh osobennostey organizma cheloveka* [Ontogenetic dynamics of the individual characteristics of the human body]. Krasnoyarsk, 2001, 172 p. [In Russian]
3. Kuzin V. V., Nikityuk B. A. *Integrativnaya biosotsial'naya antropologiya* [Integrative biosocial anthropology]. Moscow: FON, 1996, 220 p. [In Russian]
4. Kalmin O. V., Afanasievskaya Yu. S., Samotuga A. V. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik* [Kuban scientific medical bulletin]. 2010, no. 2, pp. 38–42. [In Russian]
5. Bunak V. V., Nesturkh M. F., Roginskiy Ya. Ya., Bunak B. V. *Antropologiya. Kratkiy kurs* [Anthropology. Short course]. Moscow, 1941, 376 p. [In Russian]
6. Kalmin O. V., Galkina T. N. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki* [University proceedings. Volga region. Medical sciences]. 2009, no. 1 (9), pp. 10–23. [In Russian]
7. Kalmin O. V., Afanasievskaya Yu. S., Samotuga A. V. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Medicinskie nauki* [University proceedings. Volga region. Medical sciences]. 2009, no. 3 (11), pp. 12–25. [In Russian]

Фрунзе Елена Михайловна

старший преподаватель, кафедра анатомии человека, Медицинский институт, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: elenafrunze2714@gmail.com

Frunze Elena Mikhailovna

Senior lecturer, sub-department of human anatomy, Medical Institute, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Калмин Олег Витальевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, Медицинский институт, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: kalmin_ov@pnzgu.ru

Kalmin Oleg Vital'evich

Doctor of medical sciences, professor, head of the sub-department of human anatomy, Medical Institute, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Фрунзе, Е. М. Сравнительная характеристика уровня физического развития юношей гуджратской народности Индии и некоторых регионов России / Е. М. Фрунзе, О. В. Калмин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 100–108. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-9.

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 616.1

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-10

А. А. Болотская, В. Н. Николенко, Н. А. Ризаева

ТРАНСМЕМБРАННЫЕ МИКРОПЕПТИДЫ-РЕГУЛЯТОРЫ SERCA2a (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Аннотация.

Саркоплазматический ретикулум кардиомиоцитов – основное место сосредоточения ионов кальция. SERCA2a, контролируя сокращение и расслабление сердечной мышцы путем захвата ионов кальция, является удобной мишенью для регуляции концентрации ионов кальция в цитоплазме. Влияние на такие трансмембранные микропептиды, как фосфоламбана, сарколипина, а также на недавно открытые DWORF, ALN, MLN, ELN может оказаться эффективным в преодолении проблемы неправильной клеточной обработки кальция. В обзоре рассмотрены основные механизмы регуляции SERCA2a трансмембранными микропептидами, перспективы их использования в клинической медицине.

Ключевые слова: SERCA2a, фосфоламбан, сарколипин, трансмембранные микропептиды.

А. А. Bolotskaya, V. N. Nikolenko, N. A. Rizaeva

SERCA2a TRANSMEMBRANE MICROPEPTIDES-REGULATORS (LITERATURE REVIEW)

Abstract.

The sarcoplasmic reticulum of cardiomyocytes is the main place of calcium ions' concentration. SERCA2a, by controlling contraction and relaxation of the heart muscle by uptake calcium ions, is a convenient target for regulating the concentration of calcium ions in the cytoplasm. The effect on such transmembrane micropeptides as phospholamban, sarcolipin, as well as on the recently discovered DWORF, ALN, MLN, and ELN may be effective in overcoming the problem of improper cellular calcium processing. The review considers the main mechanisms of regulation of SERCA2a by transmembrane micropeptides and the prospects for their use in clinical medicine.

Keywords: SERCA2a, phospholamban, sarcolipin, transmembrane micropeptides.

Введение

Нормальная работа сердца зависит от механизмов, регулирующих кальциевый гомеостаз. Ионы кальция служат центральным внутриклеточным

© Болотская А. А., Николенко В. Н., Ризаева Н. А., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

мессенджером в сердце [1]. В кардиомиоцитах сигналы ионов кальция регулируют процессы сокращения и расслабления, экспрессию генов, клеточный рост и смерть [2]. Распределение и концентрация внутриклеточных ионов кальция контролируется сетью кальций-связывающих белков, каналов, насосов, которые поддерживают концентрации цитозольных ионов кальция в покое примерно в 10000 раз ниже, чем в сарко/эндоплазматической сети, главном хранилище внутриклеточных ионов кальция [3].

SERCA2a, являясь белком, связанным с мембраной саркоплазматического ретикулума, обеспечивает обратный захват ионов кальция в кардиомиоцитах [4], поэтому, решая проблему необходимости нормализовывать клеточные процессы обработки ионов кальция, значительное внимание уделяется сердечной изоформе SERCA – SERCA2a. Помимо фосфоламбана [5] и сарколипина [6], открытых и идентифицированных сравнительно давно, в настоящее время появляется информация о новых трансмембранных микропептидах, способных модулировать работу SERCA. Недавно сообщалось об идентификации нескольких трансмембранных микропептидов, регулирующих активность SERCA. Речь идет о Dwarf Open Reading Frame (DWORF) [7], endoregulin (ELN) и another-regulin (ALN) [8], myoregulin (MLN) [9].

Фосфоламбан

Фосфоламбан – это 52-аминокислотный трансмембранный белок, регулирующий активность SERCA2a [10]. Еще в 1989 г. вышла статья, в которой James и соавт. заявили о том, что фосфоламбан взаимодействует с SERCA2a, а нефосфорилированный фосфоламбан ингибирует активность SERCA2a [11].

SERCA2a имеет два ключевых домена (один – регион между 336 и 412 аминокислотными остатками, другой регион находится между 467 и 762 аминокислотами) вместе эти два домена переводят SERCA2a из не связывающего кальций состояния [E2] в кальций-связывающее [E1] и наоборот [12]. Во время адренергической стимуляции сердца происходит фосфорилирование фосфоламбана по Ser16 и/или Thr17, что снимает эффект ингибирования SERCA2a, ускоряя опосредованное SERCA2a поглощение Ca^{2+} , а значит, и расслабление мышц [13]. Дальнейшие исследования выявили, что два иона кальция связываются сайтом SERCA2a конформации E1 (обладает высокой аффинностью к Ca^{2+}). Затем происходит аутофосфорилирование по Asp351 и следующее за ним изменение конформации на фосфопротеин E2 (обладает низкой аффинностью к кальцию) [14]. Фосфоламбан связывается с конформацией E2 [15], препятствуя переходу в конформацию E1.

Активный фосфоламбан является мономером и может легко ассоциироваться в пентамеры [16]. Фосфоламбан находится в динамическом равновесии и диссоциирует на активные мономеры при дефосфорилировании с помощью протеинфосфатазы-1 (PP-1), когда концентрация цитозольного Ca^{2+} является достаточно низкой [17]. Мономерный нефосфорилированный фосфоламбан связывается с SERCA2a (E2) при низких (<1 мкМ) концентрациях Ca^{2+} и препятствует изменению конформации SERCA2a, влияя на скорость поглощения SERCA2a Ca^{2+} . Тем не менее в более высокой концентрации Ca^{2+} фосфоламбан отделяется от SERCA, позволяя насосу полностью активироваться [18] (рис. 1).

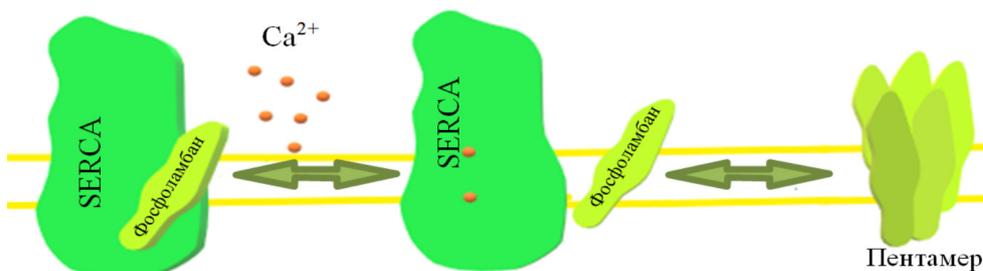


Рис. 1. Модель диссоциации фосфоламбана от SERCA при захвате Ca^{2+}

В последние годы было проведено много исследований относительно фосфоламбана и SERCA2a. Mazzocchi et al. [19] использовали абляцию фосфоламбана для стимулирования поглощения Ca^{2+} SERCA2a. Интересно, что это предотвращало аритмии из-за утечки Ca^{2+} , вызванной чрезмерным фосфорилированием RyR2. Кроме того, абляция PLB оказывает кардиозащитное действие у мышей с сердечной недостаточностью, а также снижает у них смертность [20]. Другое исследование показало, что у мышей с дефицитом фосфоламбана предотвращалась аритмия во время ишемии-реперфузии. Стоит отметить, что абляция фосфоламбана значительно увеличивала размер инфаркта сердца, т.е. обостряла ишемию-реперфузионное повреждение [21]. Несовместимость между тенденцией снижения аритмии и дальнейшим ухудшением сердечного повреждения, вызванного ишемией-реперфузией, говорит о существовании сложных клеточных регуляторных механизмов. Кроме того, нельзя забывать о генетической предрасположенности, мутациях фосфоламбана.

Интерес вызывают и белки-регуляторы самого фосфоламбана. Так, белок HAX-1, например, обеспечивает примерно 50 % функции ингибирования SERCA2a фосфоламбаном [22]. Поэтому, видимо, снижение экспрессии HAX-1, наблюдаемое при болезненных состояниях [23], может затем представлять компенсаторный механизм для усиления функции сердца. Недавно была идентифицирована регуляторная субъединица вышеупомянутой PP1 – PPP1R3A, которая связывается с фосфоламбаном. У мышей, нокаутированных по PPP1R3A, было обнаружено увеличение количества фосфорилированных SERCA2a и RyR2, что с высокой вероятностью может быть причиной фибрилляции предсердий [24].

Сарколипин

Сарколипин – это трансмембранный микропептид, состоящий из 31 аминокислоты, в основном экспрессирующийся в предсердиях [25]. Сарколипин был обнаружен позже фосфоламбана, к тому же не в сердечной мышце, а в скелетной, поэтому первые исследования посвящены взаимодействию его с SERCA1 [26, 27]. Интересно, что сарколипин, в отличие от фосфоламбана, способен связываться с SERCA даже при высокой концентрации Ca^{2+} [28], а также не влияет на АТФазную активность SERCA2a, но снижает V_{max} поглощения SERCA Ca^{2+} [28].

В экспериментах коиммунопреципитации установлено, что сарколипин может связываться с фосфоламбаном, который, в свою очередь, образует комплекс сарколипин-фосфоламбан-SERCA, который оказывает более силь-

ный ингибирующий эффект на SERCA. Кроме того, комплекс сарколипина-фосфоламбана предотвращает полимеризацию фосфоламбана (не может быть преобразована из мономерной формы в пентамер), это оказывает устойчивый ингибирующий эффект на SERCA [29].

Сарколипину, подобно фосфоламбану, регулируется фосфорилированием: CaMKII фосфорилирует N-концевой треонин-5 остаток SLN [30]. Серин/треонин фосфокиназа 16 тоже фосфорилирует сарколипину, что, в свою очередь, значительно снижает ингибирующий эффект SERCA [31].

У мышей с мутацией гена ламина, вызывающей дилатацию камер сердца, экспрессия сердечной SLN повышена в желудочках у мышей LmnaH222P/H222P, а экспрессия фосфоламбана снижена. Эти данные показывают, что хотя два регулятора и выполняют сходную функцию, они не являются функционально избыточными и их правильная стехиометрия необходима для обеспечения нормального захвата ионов кальция. Кроме того, подавление именно сарколипина, а не фосфоламбана, помогло задержать развитие сердечной дисфункции в модели кардиомиопатии LMNA [32]. Подавление экспрессии сарколипина оказалось эффективным и для улучшения функции SERCA2a у мышей MDX [33].

DWORF

В 2016 Nelson и соавт. [7] идентифицировали 34-аминокислотный пептид DWORF, который ранее считался некодирующей РНК. При исследовании кардиомиоцитов мыши и скелетных мышц I типа было подтверждено, что DWORF значительно влияет на внутриклеточную обработку Ca^{2+} и повышает активность кальциевого насоса. На субклеточном уровне DWORF, как сообщается, локализуется на мембране CP (саркоплазматического ретикулума), где он усиливает активность SERCA, вытесняя ингибиторы SERCA, фосфоламбан, сарколипину и миорегулин [7], что объясняется повышенной аффинностью его к SERCA2a [34]. Заметим, однако, что родство к SERCA Deo R. Singh и соавт. было оценено следующим образом:

$$PLB = DWORF = MLN < SLN < ALN = ELN [35].$$

DWORF высоко консервативен среди видов, экспрессируется почти исключительно в желудочках сердца, причем его транскрипция постепенно увеличивается от постнатального развития до зрелого возраста. Предварительные данные определяют роль DWORF как в физиологии сердца, так и в патофизиологии. Результаты исследований на трансгенных мышцах со сверхэкспрессией DWORF говорят об увеличении интенсивности поглощения Ca^{2+} кардиомиоцитами [7]. Кроме того, установлено, что экспрессия мРНК и белка DWORF подавляется в гипертрофированном сердце по сравнению со здоровыми. Предотвращение фенотипа дилатационной кардиомиопатии и патологического ремоделирования сердца у мышей с помощью избыточной экспрессии DWORF подчеркивает клинический потенциал избыточной экспрессии DWORF как перспективного терапевтического средства при сердечной недостаточности и привлекательного кандидата для будущих исследований генной терапии [34]. Существует модель, согласно которой DWORF связывает SERCA, но не ингибирует насос, а увеличивает поглощение Ca^{2+} за счет вытеснения фосфоламбана [7, 34].

Интересно исследование Mvikou и соавт.: они оценивали влияние экзогенного DWORF на сердце. Было продемонстрировано, что DWORF, вводимый в изолированные нормальные и ишемизированные сердца в концентрации 30 нМ, повышает перфузионное давление, объясняемое вазоконстрикторным эффектом, опосредованным хотя бы частично действием на каналы L-типа [36].

Эти результаты дают нам предварительное понимание перспективы использования DWORF. С одной стороны, DWORF можно использовать в качестве биомаркера при сердечной недостаточности: снижение его уровня означает, что сократительная способность миокарда нарушена. Кроме того, DWORF можно использовать в качестве мишени для новых лекарств, генной инженерии. Это стратегический подход к повышению активности SERCA2a путем увеличения количества DWORF в сердце.

MLN, ELN, ALN

MLN, ELN, ALN можно считать потенциальными ингибиторами SERCA2a. Эти микропептиды уменьшают сродство SERCA к Ca^{2+} [35]. Однако MLN, ELN, ALN экспрессируются в разных тканях и, соответственно, оказывают ингибирующее действие на ту изоформу SERCA, которая также есть в данной ткани. Так, SERCA1 локализуется с MLN, SERCA2b – с ALN, и SERCA3 – с ELN. ALN экспрессируется в достаточно большом количестве тканей, в том числе и в сердечной мышце (в предсердиях и желудочках) [8], возможно, ALN опосредует функциональную избыточность с фосфоламбаном и сарколипидом. Подобно фосфоламбану, ALN содержит мотив фосфорилирования протеинкиназы А. ALN и фосфоламбан могут иметь общий механизм для регуляции их способности контролировать активность SERCA в ответ на внеклеточную передачу сигналов, такую как β -адренергическая стимуляция. Трансмембранная С-терминальная трансмембранная спираль ELN, ALN и MLN сходна с таковой фосфоламбана и сарколипидина, что позволяет предположить, что регуляция этими микропептидами является консервативным механизмом, поддерживающим кальциевый гомеостаз. Общей чертой является и то, что эти микропептиды, подобно фосфоламбану и сарколипидину, связываются с SERCA как мономеры [35].

К сожалению, на данный момент нет исчерпывающих сведений о влиянии этих микропептидов на активность миокарда, на сердечную изоформу SERCA2a, хотя они непременно заслуживают внимания.

Таким образом, можно говорить о том, что сравнительно давно открытые фосфоламбан и сарколипид являются важными регуляторами SERCA2a миокарда. Однако информация об их взаимодействии, физиологических функциях, молекулярных механизмах регуляции является неполной, если говорить о возможностях влияния на них с точки зрения практической медицины. Использование идентифицированных недавно трансмембранных микропептидов может быть хорошим подходом для нормализации кальциевого гомеостаза в кардиомиоцитах.

Библиографический список

1. **Hong, T.** Cardiac T-Tubule Microanatomy and Function / T. Hong, R. M. Shaw // *Physiol. Rev.* – 2017. – Vol. 97, № 1. – P. 227–252.

2. **Aronsen, J. M.** Cardiomyocyte Ca²⁺ dynamics: clinical perspectives / J. M. Aronsen, W. E. Louch, I. Sjaastad // *Scand. Cardiovasc. J.* – 2016. – Vol. 50, № 2. – P. 65–77.
3. **Rossi, A. E.** Sarcoplasmic reticulum: The dynamic calcium governor of muscle / A. E. Rossi, R. T. Dirksen // *Muscle and Nerve.* – Muscle Nerve, 2006. – Vol. 33, № 6. – P. 715–731.
4. **Bers, D. M.** Cardiac excitation–contraction coupling / D. M. Bers // *Nature.* – 2002. – Vol. 415, № 6868. – P. 198–205.
5. **MacLennan, D. H.** Phospholamban: a crucial regulator of cardiac contractility / D. H. MacLennan, E. G. Kranias // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* – 2003. – Vol. 4, № 7. – P. 566–577.
6. Sarcolipin and phospholamban mRNA and protein expression in cardiac and skeletal muscle of different species / P. Vangheluwe, M. Schuermans, E. Zádor, E. Waelkens, L. Raeymaekers, F. Wuytack // *Biochem J.* – 2005. – Vol. 389, № 1. – P. 151–159.
7. A peptide encoded by a transcript annotated as long noncoding RNA enhances SERCA activity in muscle / B. R. Nelson, C. A. Makarewich, D. M. Anderson, B. R. Winders, C. D. Troupes, F. Wu, A. L. Reese, J. R. McAnally, X. Chen, E. T. Kavalali, S. C. Cannon, S. R. Houser, R. Bassel-Duby, E. N. Olson // *Science.* – 2016. – Vol. 351, № 6270. – P. 271–275.
8. Widespread control of calcium signaling by a family of SERCA-inhibiting micropeptides / D. M. Anderson, C. A. Makarewich, K. M. Anderson, J. M. Shelton, S. Bezprozvannaya, R. Bassel-Duby, E. N. Olson // *Sci. Signal.* – 2016. – Vol. 9, № 457. – P. ra119–ra119.
9. A Micropeptide Encoded by a Putative Long Noncoding RNA Regulates Muscle Performance / D. M. Anderson, K. M. Anderson, C. L. Chang, C. A. Makarewich, B. R. Nelson, J. R. McAnally, P. Kasaragod, J. M. Shelton, J. Liou, R. Bassel-Duby, E. N. Olson // *Cell.* – 2015. – Vol. 160, № 4. – P. 595–606.
10. Structural organization of the pentameric transmembrane alpha-helices of phospholamban, a cardiac ion channel / I. T. Arkin, P. D. Adams, K. R. MacKenzie, M. A. Lemmon, A. T. Brünger, D. M. Engelman // *EMBO J.* – 1994. – Vol. 13, № 20. – P. 4757–4764.
11. Nature and site of phospholamban regulation of the Ca²⁺ pump of sarcoplasmic reticulum / P. James, M. Inui, M. Tada, M. Chiesi, E. Carafoli // *Nature.* – 1989. – Vol. 342, № 6245. – P. 90–92.
12. **Toyofuku, T.** Amino acids Glu2 to Ile18 in the cytoplasmic domain of phospholamban are essential for functional association with the Ca²⁺-ATPase of sarcoplasmic reticulum / T. Toyofuku, K. Kurzydowski, M. Tada, D. H. MacLennan // *J. Biol. Chem.* – 1994. – Vol. 269, № 4. – P. 3088–3094.
13. **Simmerman, H. K. B.** Phospholamban: protein structure, mechanism of action, and role in cardiac function / H. K. B. Simmerman, L. R. Jones // *Physiol. Rev.* – 1998. – Vol. 78, № 4. – P. 921–947.
14. **Clausen, J. D.** Modulatory ATP binding affinity in intermediate states of E2P dephosphorylation of sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase / J. D. Clausen, D. B. McIntosh, D. G. Woolley, J. P. Andersen // *J. Biol. Chem. – American Society for Biochemistry and Molecular Biology*, 2011. – Vol. 286, № 13. – P. 11792–11802.
15. **Akin, B. L.** Characterizing phospholamban to sarco(endo)plasmic reticulum Ca²⁺-ATPase 2a (SERCA2a) protein binding interactions in human cardiac sarcoplasmic reticulum vesicles using chemical cross-linking (*Journal of Biological Chemistry* / B. L. Akin, L. R. Jones // *Journal of Biological Chemistry.* – 2012. – Vol. 287. – P. 7582–7593.
16. Modeling of the inhibitory interaction of phospholamban with the Ca²⁺ ATPase / C. Toyoshima, M. Asahi, Y. Sugita, R. Khanna, T. Tsuda, D. H. MacLennan // *Proc. Natl. Acad. Sci.* – 2003. – Vol. 100, № 2. – P. 467–472.

17. **Nicolaou, P.** Role of protein phosphatase-1 inhibitor-1 in cardiac physiology and pathophysiology / P. Nicolaou, R. J. Hajjar, E. G. Kranias // *J. Mol. Cell. Cardiol.* – 2009. – Vol. 47, № 3. – P. 365–371.
18. **Tada, M.** Molecular Regulation of Phospholamban Function and Expression / M. Tada, T. Toyofuku // *Trends Cardiovasc. Med.* – 1998. – Vol. 8, № 8. – P. 330–340.
19. Phospholamban ablation rescues the enhanced propensity to arrhythmias of mice with CaMKII-constitutive phosphorylation of RyR2 at site S2814 / G. Mazzocchi, L. Sommesse, J. Palomeque, J. I. Felice, M. N. Di Carlo, D. Fainstein, P. Gonzalez, P. Contreras, D. Skapura, M. D. McCauley, E. C. Lascano, J. A. Negroni, E. G. Kranias, X. H. T. Wehrens, C. A. Valverde, A. Mattiazzi // *J. Physiol.* – 2016. – Vol. 594, № 11. – P. 3005–3030.
20. Phospholamban ablation using CRISPR/Cas9 system improves mortality in a murine heart failure model / M. Kaneko, K. Hashikami, S. Yamamoto, H. Matsumoto, and T. Nishimoto // *PLoS One.* – Public Library of Science, 2016. – Vol. 11, № 12.
21. Ablation of phospholamban rescues reperfusion arrhythmias but exacerbates myocardium infarction in hearts with Ca²⁺/calmodulin kinase II constitutive phosphorylation of ryanodine receptors / C. A. Valverde, G. Mazzocchi, M. N. Di Carlo, A. Ciocci Pardo, N. Salas, M. I. Ragone, J. I. Felice, A. Cely-Ortiz, A. E. Consolini, E. Portiansky, S. Mosca, E. G. Kranias, X. H. T. Wehrens, A. Mattiazzi // *Cardiovasc. Res.* – 2019. – Vol. 115, № 3. – P. 556–569.
22. **Bidwell, P. A.** The antiapoptotic protein HAX-1 mediates half of phospholamban's inhibitory activity on calcium cycling and contractility in the heart / P. A. Bidwell, K. Haghighi, E. G. Kranias // *J. Biol. Chem.* – American Society for Biochemistry and Molecular Biology Inc. – 2018. – Vol. 293, № 1. – P. 359–367.
23. Novel Role of HAX-1 in Ischemic Injury Protection Involvement of Heat Shock Protein 90 / C. K. Lam, W. Zhao, W. Cai, E. Vafiadaki, S. M. Florea, X. Ren, Y. Liu, N. Robbins, Z. Zhang, X. Zhou, M. Jiang, J. Rubinstein, W. K. Jones, E. G. Kranias // *Circ. Res.* – 2013. – Vol. 112, № 1. – P. 79–89.
24. Loss of Protein Phosphatase 1 Regulatory Subunit PPP1R3A Promotes Atrial Fibrillation / K.M. Alsina, M. Hulsurkar, S. Brandenburg, D. Kownatzki-Danger, C. Lenz, H. Urlaub, I. Abu-Taha, M. Kamler, D. Y. Chiang, S. K. Lahiri, J. O. Reynolds, A. P. Quick, L. Scott, T. A. Word, M. D. Gelves, A. J. R. Heck, N. Li, D. Dobrev, S. E. Lehnart, X. H. T. Wehrens // *Circulation.* – 2019. – Vol. 140, № 8. – P. 681–693.
25. Defining the Intramembrane Binding Mechanism of Sarcolipin to Calcium ATPase Using Solution NMR Spectroscopy / J. J. Buffy, B. A. Buck-Koehntop, F. Porcelli, N. J. Traaseth, D. D. Thomas, G. Veglia // *J. Mol. Biol.* – 2006. – Vol. 358, № 2. – P. 420–429.
26. Characterization of the gene encoding human sarcolipin (SLN), a proteolipid associated with SERCA1: Absence of structural mutations in five patients with brody disease / O. A. Odermatt, P. E. M. Taschner, S. W. Scherer, B. Beatty, V. K. Khanna, D. R. Cornblath, V. Chaudhry, W. C. Yee, B. Schrank, G. Karpati, M. H. Breuning, N. Knoers, D. H. MacLennan // *Genomics.* Academic Press Inc. – 1997. – Vol. 45, № 3. – P. 541–553.
27. Sarcolipin regulates the activity of SERCA1, the fast-twitch skeletal muscle sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase / A. Odermatt, S. Becker, V. K. Khanna, K. Kurzydowski, E. Leisner, D. Pette, D. H. MacLennan // *J. Biol. Chem.* American Society for Biochemistry and Molecular Biology. – 1998. – Vol. 273, № 20. – P. 12360–12369.
28. Sarcolipin Protein Interaction with Sarco(endo)plasmic Reticulum Ca²⁺ ATPase (SERCA) Is Distinct from Phospholamban Protein, and Only Sarcolipin Can Promote Uncoupling of the SERCA Pump / S. K. Sahoo, S. A. Shaikh, D. H. Sopariwala, N. C. Bal, and M. Periasamy // *J. Biol. Chem.* – 2013. – Vol. 288, № 10. – P. 6881–6889.

29. SERCA2a: a key protein in the Ca²⁺ cycle of the heart failure / L. Zhihao, N. Jingyu, L. Lan, S. Michael, G. Rui, B. Xiyun, L. Xiaozhi, F. Guanwei // *Heart Fail. Rev.* – 2020. – Vol. 25, № 3. – P. 523–535.
30. **Bhupathy, P.** Threonine-5 at the N-terminus can modulate sarcolipin function in cardiac myocytes / P. Bhupathy, G. J. Babu, M. Ito, M. Periasamy // *J. Mol. Cell. Cardiol.* – 2009. – Vol. 47, № 5. – P. 723–729.
31. Cardiac-specific overexpression of sarcolipin in phospholamban null mice impairs myocyte function that is restored by phosphorylation / A. O. Gramolini, M. G. Trivieri, G. Y. Oudit, T. Kislinger, W. Li, M. M. Patel, A. Emili, E. G. Kranias, P. H. Backx, D. H. MacLennan // *Proc. Natl. Acad. Sci.* – 2006. – Vol. 103, № 7. – P. 2446–2451.
32. Activation of sarcolipin expression and altered calcium cycling in LMNA cardiomyopathy / B. Morales Rodriguez, A. Domínguez-Rodríguez, J.-P. Benitah, F. Lefebvre, T. Marais, N. Mougenot, P. Beauverger, G. Bonne, V. Briand, A. M. Gómez, A. Muchir // *Biochem. Biophys. Reports.* – 2020. – Vol. 22. – P. 100767.
33. Reducing sarcolipin expression mitigates Duchenne muscular dystrophy and associated cardiomyopathy in mice / A. Voit, V. Patel, R. Pachon, V. Shah, M. Bakhtma, E. Kohlbrenner, J. J. McArdle, L. J. Dell'Italia, J. R. Mendell, L. H. Xie, R. J. Hajjar, D. Duan, D. Fraidenraich, G. J. Babu // *Nat. Commun.* – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 1068.
34. The DWORF micropeptide enhances contractility and prevents heart failure in a mouse model of dilated cardiomyopathy / C. A. Makarewich, A. Z. Munir, G.G. Schiattarella, S. Bezprozvannaya, O. N. Raguimova, E. E. Cho, A. H. Vidal, S. L. Robia, R. Bassel-Duby, E. N. Olson // *Elife.* – NLM (Medline). – 2018. – Vol. 7.
35. Newly Discovered Micropeptide Regulators of SERCA Form Oligomers but Bind to the Pump as Monomers / D. R. Singh, M. P. Dalton, E. E. Cho, M. P. Pribadi, T. J. Zak, J. Šeflová, C. A. Makarewich, E. N. Olson, S. L. Robia // *J. Mol. Biol.* – 2019. – Vol. 431, № 22. – P. 4429–4443.
36. Cardiovascular effects of DWORF (dwarf open reading frame) peptide in normal and ischaemia/reperfused isolated rat hearts / P. Mbikou, M. T. Rademaker, C. J. Charles, M. A. Richards, C. J. Pemberton // *Peptides.* – Elsevier Inc. – 2020. – Vol. 124. – P. 170192.

References

1. Hong T., Shaw R. M. *Physiol. Rev.* 2017, vol. 97, no. 1, pp. 227–252.
2. Aronsen J. M., Louch W. E., Sjaastad I. *Scand. Cardiovasc. J.* 2016, vol. 50, no. 2, pp. 65–77.
3. Rossi A. E., Dirksen R. T. *Muscle and Nerve.* Muscle Nerve, 2006, vol. 33, no. 6, pp. 715–731.
4. Bers D. M. *Nature.* 2002, vol. 415, no. 6868, pp. 198–205.
5. MacLennan D. H., Kranias E. G. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2003, vol. 4, no. 7, pp. 566–577.
6. Vangheluwe P., Schuermans M., Zádor E., Waelkens E., Raeymaekers L., Wuytack F. *Biochem J.* 2005, vol. 389, no. 1, pp. 151–159.
7. Nelson B. R., Makarewich C. A., Anderson D. M., Winders B. R., Troupes C. D., Wu F., Reese A. L., McAnally J. R., Chen X., Kavalali E. T., Cannon S. C., Houser S. R., Bassel-Duby R., Olson E. N. *Science.* 2016, vol. 351, no. 6270, pp. 271–275.
8. Anderson D. M., Makarewich C. A., Anderson K. M., Shelton J. M., Bezprozvannaya S., Bassel-Duby R., Olson E. N. *Sci. Signal.* 2016, vol. 9, no. 457, pp. ra119–ra119.
9. Anderson D. M., Anderson K. M., Chang C. L., Makarewich C. A., Nelson B. R., McAnally J. R., Kasaragod P., Shelton J. M., Liou J., Bassel-Duby R., Olson E. N. *Cell.* 2015, vol. 160, no. 4, pp. 595–606.

10. Arkin I. T., Adams P. D., MacKenzie K. R., Lemmon M. A., Brünger A. T., Engelman D. M. *EMBO J.* 1994, vol. 13, no. 20, pp. 4757–4764.
11. James P., Inui M., Tada M., Chiesi M., Carafoli E. *Nature.* 1989, vol. 342, no. 6245, pp. 90–92.
12. Toyofuku T., Kurzydowski K., Tada M., MacLennan D. H. *J. Biol. Chem.* 1994, vol. 269, no. 4, pp. 3088–3094.
13. Simmerman H. K. B., Jones L. R. *Physiol. Rev.* 1998, vol. 78, no. 4, pp. 921–947.
14. Clausen J. D., McIntosh D. B., Woolley D. G., Andersen J. P. *J. Biol. Chem.* American Society for Biochemistry and Molecular Biology, 2011, vol. 286, no. 13, pp. 11792–11802.
15. Akin B. L., Jones L. R. *Journal of Biological Chemistry.* 2012, vol. 287, pp. 7582–7593.
16. Toyoshima C., Asahi M., Sugita Y., Khanna R., Tsuda T., MacLennan D. H. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2003, vol. 100, no. 2, pp. 467–472.
17. Nicolaou P., Hajjar R. J., Kranias E. G. *J. Mol. Cell. Cardiol.* 2009, vol. 47, no. 3, pp. 365–371.
18. Tada M., Toyofuku T. *Trends Cardiovasc. Med.* 1998, vol. 8, no. 8, pp. 330–340.
19. Mazzocchi G., Sommesse L., Palomeque J., Felice J. I., Di Carlo M. N., Fainstein D., Gonzalez P., Contreras P., Skapura D., McCauley M. D., Lascano E. C., Negroni J. A., Kranias E. G., Wehrens X. H. T., Valverde C. A., Mattiazzi A. *J. Physiol.* 2016, vol. 594, no. 11, pp. 3005–3030.
20. Kaneko M., Hashikami K., Yamamoto S., Matsumoto H. and Nishimoto T. *PLoS One.* Public Library of Science, 2016, vol. 11, no. 12.
21. Valverde C. A., Mazzocchi G., Di Carlo M. N., A. Ciocci Pardo, Salas N., Ragone M. I., Felice J. I., Cely-Ortiz A., Consolini A. E., Portiansky E., Mosca S., Kranias E. G., Wehrens X. H. T., Mattiazzi A. *Cardiovasc. Res.* 2019, vol. 115, no. 3, pp. 556–569.
22. Bidwell P. A., Haghighi K., Kranias E. G. *J. Biol. Chem.* American Society for Biochemistry and Molecular Biology Inc. 2018, vol. 293, no. 1, pp. 359–367.
23. Lam C. K., Zhao W., Cai W., Vafiadaki E., Florea S. M., Ren X., Liu Y., Robbins N., Zhang Z., Zhou X., Jiang M., Rubinstein J., Jones W. K., Kranias E. G. *Circ. Res.* 2013, vol. 112, no. 1, pp. 79–89.
24. Alsina K. M., Hulsurkar M., Brandenburg S., Kownatzki-Danger D., Lenz C., Urlaub H., Abu-Taha I., Kamler M., Chiang D. Y., Lahiri S. K., Reynolds J. O., Quick A. P., Scott L., Word T. A., Gelves M. D., Heck A. J. R., Li N., Dobrev D., Lehnart S. E., Wehrens X. H. T. *Circulation.* 2019, vol. 140, no. 8, pp. 681–693.
25. Buffy J. J., Buck-Koehntop B. A., Porcelli F., Traaseth N. J., Thomas D. D., Veglia G. *J. Mol. Biol.* 2006, vol. 358, no. 2, pp. 420–429.
26. Odermatt O. A., Taschner P. E. M., Scherer S. W., Beatty B., Khanna V. K., Cornblath D. R., Chaudhry V., Yee W. C., Schrank B., Karpati G., Breuning M. H., Knoers N., MacLennan D. H. *Genomics. Academic Press Inc.* 1997, vol. 45, no. 3, pp. 541–553.
27. Odermatt A., Becker S., Khanna V. K., Kurzydowski K., Leisner E., Pette D., MacLennan D. H. *J. Biol. Chem.* American Society for Biochemistry and Molecular Biology. 1998, vol. 273, no. 20, pp. 12360–12369.
28. Sahoo S. K., Shaikh S. A., Sopariwala D. H., Bal N. C. and Periasamy M. *J. Biol. Chem.* 2013, vol. 288, no. 10, pp. 6881–6889.
29. Zhihao L., Jingyu N., Lan L., Michael S., Rui G., Xiyun B., Xiaozhi L., Guanwei F. *Heart Fail. Rev.* 2020, vol. 25, no. 3, pp. 523–535.
30. Bhupathy P., Babu G. J., Ito M., Periasamy M. *J. Mol. Cell. Cardiol.* 2009, vol. 47, no. 5, pp. 723–729.
31. Gramolini A. O., Trivieri M. G., Oudit G. Y., Kislinger T., Li W., Patel M. M., Emili A., Kranias E. G., Backx P. H., MacLennan D. H. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2006, vol. 103, no. 7, pp. 2446–2451.

32. Morales Rodriguez B., Domínguez-Rodríguez A., Benitah J.-P., Lefebvre F., Marais T., Mougnot N., Beauverger P., Bonne G., Briand V., Gómez A. M., Muchir A. *Biochem. Biophys. Reports*. 2020, vol. 22, p. 100767.
33. Voit A., Patel V., Pachon R., Shah V., Bakhutma M., Kohlbrenner E., McArdle J. J., Dell'Italia L. J., Mendell J. R., Xie L. H., Hajjar R. J., Duan D., Fraidenaich D., Babu G. J. *Nat. Commun.* 2017, vol. 8, no. 1, p. 1068.
34. Makarewich C. A., Munir A. Z., Schiattarella G. G., Bezprozvannaya S., Raguimova O. N., Cho E. E., Vidal A. H., Robia S. L., Bassel-Duby R., Olson E. N. *Elife*. NLM (Medline), 2018, vol. 7.
35. Singh D. R., Dalton M. P., Cho E. E., Pribadi M. P., Zak T. J., Šeflová J., Makarewich C. A., Olson E. N., Robia S. L. *J. Mol. Biol.* 2019, vol. 431, no. 22, pp. 4429–4443.
36. Mbikou P., Rademaker M. T., Charles C. J., Richards M. A., Pemberton C. J. *Peptides*. Elsevier Inc, 2020, vol. 124, p. 170192.

Болотская Анастасия Александровна

студентка, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2)

E-mail: NastasiaBolotskaia@mail.ru

Bolotskaya Anastasiya Aleksandrovna

Student, First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov (building 2, 8 Trubetskaya street, Moscow, Russia)

Николенко Владимир Николаевич

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2)

E-mail: vn.nikolenko@yandex.ru

Nikolenko Vladimir Nikolaevich

Doctor of medical sciences, professor, head of the sub-department of human anatomy, First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov (building 2, 8 Trubetskaya street, Moscow, Russia)

Ризаева Негория Алиагаевна

кандидат медицинских наук, доцент, кафедра анатомии человека, Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2)

E-mail: rizaevan@yandex.ru

Rizaeva Negoriya Aliagaevna

Candidate of medical sciences, associate professor, sub-department of human anatomy, First Moscow State Medical University named after I. M. Sechenov (building 2, 8 Trubetskaya street, Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Болотская, А. А. Трансмембранные микропептиды-регуляторы SERCA2a / А. А. Болотская, В. Н. Николенко, Н. А. Ризаева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 109–118. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-10.

УДК 616-77: 611.126

DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-11

С. В. Евдокимов, А. С. Евдокимов, А. Ю. Муйземнек

ГЕМОДИНАМИКА ПОЛНОПРОТОЧНОГО КЛАПАНА СЕРДЦА «МЕДИНЖ-СТ»

Аннотация.

Актуальность и цели. Около половины операций по протезированию клапанов сердца приходится на механические протезы. Механические протезы клапанов сердца имеют ряд преимуществ по сравнению с биологическими, однако к негативным последствиям их имплантации относят гемолиз крови и активацию тромбоцитов. Целью работы являлось создание адекватных компьютерных моделей гемодинамики полнопроточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ», позволяющих оценить количество разрушенных эритроцитов, активированных тромбоцитов и склонность течения к развитию в нем кавитации.

Материалы и методы. Рассматривался процесс течения крови через полнопроточный клапан сердца «МЕДИНЖ-СТ», установленный в аортальную позицию, в период систолы. Гидродинамические характеристики течения определялись методами вычислительной гидродинамики с использованием программы ANSYS/CFX. Для определения количества разрушенных эритроцитов и активированных тромбоцитов были использованы оригинальные модели.

Результаты. Разработана численная модель и проведено моделирование гемодинамики полнопроточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ», на основе результатов которого сделаны оценки относительного содержания разрушенных красных кровяных телец и склонность течения к развитию в нем кавитации.

Выводы. Установлено, что во время систолы относительно высокие концентрации разрушенных красных кровяных телец присутствуют в локальных областях расчетной области, их значения не превышают 0,01 %. Средние по площади выходного сечения значения относительного числа разрушенных красных кровяных телец не превышают $3 \cdot 10^{-6}$ %. Склонности потока к развитию в нем кавитации не выявлено.

Ключевые слова: полнопроточный клапан сердца «МЕДИНЖ-СТ», гемодинамика, гемолиз, компьютерная модель, разрушение эритроцитов, активирование тромбоцитов, кавитация.

S. V. Evdokimov, A. S. Evdokimov, A. Yu. Muzyemnek

HEMODYNAMICS OF THE “MEDENG-ST” FULL-FLOW HEART VALVE

Abstract.

Background. About half of heart valve prosthetics are mechanical prostheses. Mechanical prostheses of heart valves have several advantages over biological ones.

© Евдокимов С. В., Евдокимов А. С., Муйземнек А. Ю., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Nevertheless, there are also the negative consequences of their implantation include blood hemolysis and platelet activation. The purpose of the work was to create adequate computer models of hemodynamics of the “MedEng-ST” full-flow heart valve, allowing estimating the number of destroyed red blood cells, activated platelets and the tendency of the course to develop cavitation in it

Materials and methods. The process of blood flow through the “MedEng-ST” full-flow heart valve, installed in the aortic position, during systole was considered. The hydrodynamic characteristics of the flow were determined by computational fluid dynamics methods using the ANSYS/CFX program. Original models were used to determine the number of destroyed erythrocytes and activated platelets.

Results. A numerical model has been developed and the hemodynamics of the “MedEng-ST” full-flow heart valve has been simulated, because of which the relative content of destroyed red blood cells and the tendency of the flow to develop cavitation in it are estimated.

Conclusions. It was found that during systole, relatively high concentrations of destroyed red blood cells are present in local areas of the calculated area; their values do not exceed 0.01 %. The average over the area of the output section values of the relative number of destroyed red blood cells do not exceed $3 \cdot 10^{-6}$ %. The propensity of the flow to develop cavitation in it has not been identified.

Keywords: “MedEng-ST” full-flow heart valve, hemodynamics, hemolysis, computer model, the destruction of red blood cells, platelet activation, cavitation.

Введение

В мире ежегодно производится более трехсот тысяч протезирований клапанов сердца. Применяемые в этих операциях протезы разделяют на две группы: механические и биологические. Биологические протезы, помимо их улучшенных гемодинамических характеристик, имеют один большой недостаток – относительно низкую долговечность. Механические протезы более долговечны, однако они вызывают тромбообразование и поэтому требуют постоянного приема пациентами антикоагулянтов, например варфарина и гепарина. Также к негативным последствиям имплантации механических клапанов сердца относятся гемолиз крови (травма крови), заключающийся в разрушении форменных элементов крови – эритроцитов и активация тромбоцитов. Около половины операций в мире приходится на механические протезы.

Одно из основных направлений совершенствования конструкций механических клапанов сердца связано с уменьшением количества разрушенных эритроцитов и активированных тромбоцитов, появившихся при прохождении потока крови через клапан. Совершенствование конструкции механических клапанов сердца может основываться на результатах компьютерного моделирования процессов их функционирования. При этом особую актуальность приобретает создание адекватных компьютерных моделей, позволяющих оценить не только гидродинамические характеристики процесса течения крови, но характеристики травмы крови. Использование современных пакетов автоматизированного инженерного анализа является наиболее эффективным путем исследования гидродинамики механических клапанов сердца. Наиболее эффективной CAE-системой, используемой для моделирования процессов функционирования подобных изделий, является программа ANSYS/CFX [1, 2].

1. Компьютерная модель гемодинамики проточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ»

Исследованию была подвергнута вся линейка полнопроточных клапанов сердца «МЕДИНЖ-СТ», включая клапаны 23-U6, 24-U6 и 25-U6. Далее представлены результаты исследования клапана 25-U6 (число 25 в марке клапана обозначает его характерный размер). Конструкция этого клапана показана на рис. 1.

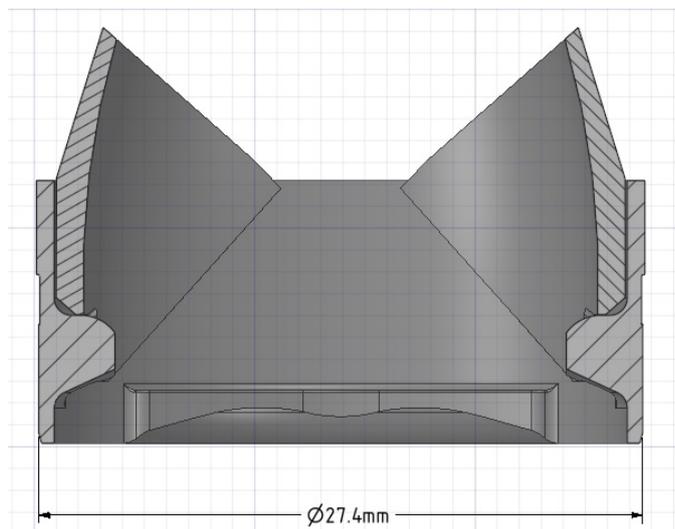


Рис. 1. Конструкция полнопроточного клапана сердца (25-U6)

Моделирование гемодинамики полнопроточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ» в цикле «открытие-закрытие» створок клапана проводилось в стационарной постановке для двух режимов работы клапана:

- первый режим: створки клапана полностью открыты, поток жидкости направлен в прямом направлении, массовый расход жидкости максимальный;
- второй режим: створки клапана закрыты, поток жидкости направлен в обратном направлении, перепад давлений на выходе и входе максимальный.

При разработке компьютерной модели использована расчетная область, образованная вычитанием из внутренней области корня аорты областей, занимаемых створками, корпусом и кольцом клапана (створки клапана могут находиться в открытом, закрытом или промежуточном положениях).

При построении внутренней области корня аорты использованы условная геометрия синусов Вальсальвы и основные размеры, заимствованные из работы [3].

При определении динамической вязкости крови было учтено, что кровь является неньютоновой жидкостью. В первом приближении можно считать, что динамическая вязкость крови в норме составляет 4–5 мПа·с. При различных патологиях значения вязкости крови могут изменяться от 1,7 до 22,9 мПа·с. Для более детального учета реологии крови в компьютерной модели гемодинамики необходимо задать зависимости вязкости крови от скорости сдвига и других параметров. Эти зависимости достаточно хорошо исследованы

дованы. Например, в работе [4] приведены экспериментально определенные зависимости динамической вязкости крови человека от скорости сдвига. Эти зависимости были аппроксимированы законом Bird-Carreau [2] со следующими параметрами: $\eta_{\infty} = 0,0025 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\eta_0 = 0,16 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $\lambda = 30 \text{ с}$; $n = 0,4$. Сопоставление экспериментальной и аппроксимирующей кривых приведено на рис. 2. Плотность крови при температуре $36,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ равна $1,050 \text{ г/см}^3$ и в основном зависит от количества эритроцитов.

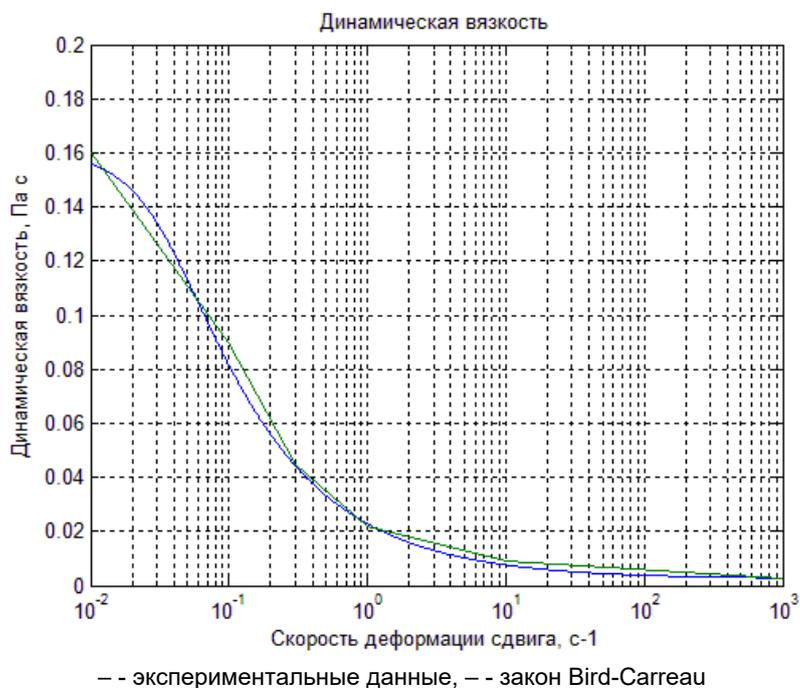


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости крови человека от скорости сдвига

Используемая при создании компьютерной модели клапана 25-U6 сетка показана на рис. 3. Сетка имела следующие характеристики:

- размер конечных элементов не превышал $0,5 \text{ мм}$;
- количество узлов – 4537385 ;
- количество элементов – 15546012 .

Для задания граничных условий в компьютерной модели были определены три области: входная область (In) – область, через которую жидкость поступает в рассматриваемую область; выходная область (Out) – область, через которую жидкость покидает рассматриваемую область; граница расчетной области (Wall) – в нее не входят входная и выходная области.

Для режима работы систолы, при котором створки клапана полностью открыты, поток жидкости направлен в прямом направлении, массовый расход жидкости максимальный, граничные условия заданы следующим образом: входная область (In) – массовый расход $0,333 \text{ кг/с}$; выходная область (Out) – статическое давление $10,66 \text{ кПа}$; граница расчетной области (Wall) – отсутствие скольжения.

Начальные условия заданы следующим образом: начальная температура $36,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$; начальная скорость потока $0,6 \text{ м/с}$.

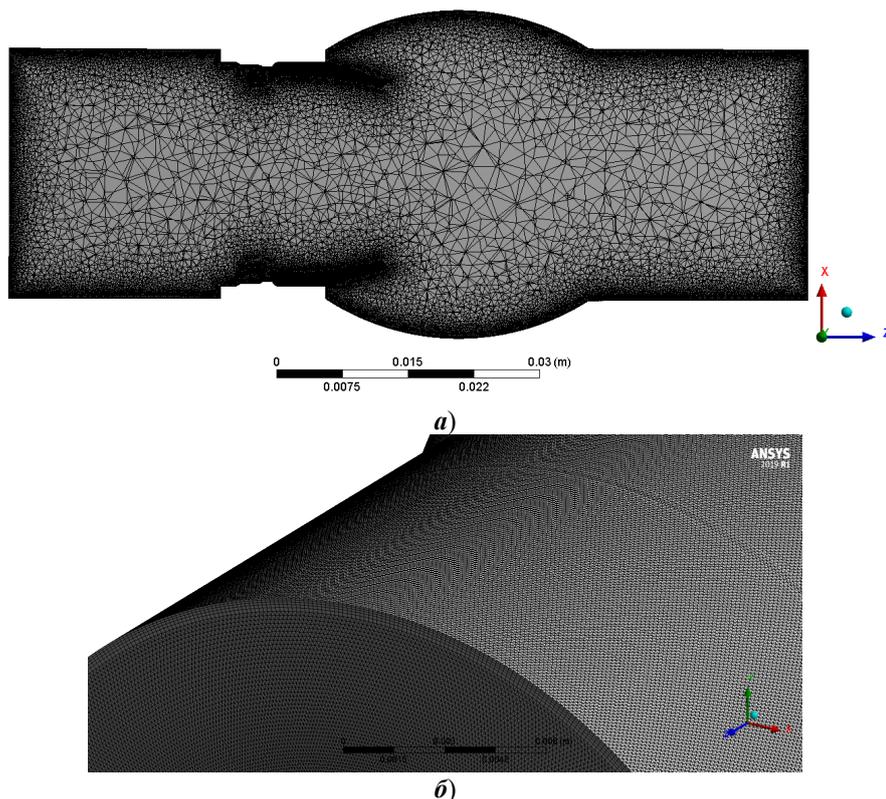


Рис. 3. Сетка, используемая при построении численной модели гемодинамики полнопроточного клапана (створки открыты): *a* – объемная сетка (продольное сечение), *б* – поверхностная сетка

Таким образом, при построении численной модели и моделировании гемодинамики полнопроточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ» были приняты следующие допущения:

– кровь является неньютоновской жидкостью, т.е. несжимаемой вязкой жидкостью, не подчиняющейся в своем течении закону вязкого трения Ньютона, определяющему линейную зависимость касательного напряжения и скорость деформации сдвига. Связь между касательными напряжениями и скоростью деформации сдвига задавалась законом Bird-Carreau;

- жидкость не испытывает фазовых переходов;
- не учитываются массовые силы (силы гравитации);
- не рассматривается теплообмен со стенками клапана и в потоке жидкости;
- течение жидкости является турбулентным.

2. Модели разрушения красных кровяных телец, активирования тромбоцитов и кавитации

В настоящее время выделяют три основные группы причин травмы крови: гидродинамические, биологические и механические [5]. К основным гидродинамическим причинам гемолиза при функционировании механических протезов клапанов сердца относятся вызванные нефизиологические воз-

мушения кровотока в области, прилегающей к клапану, турбулентность, касательные напряжения и перепады давления, которые могут приводить к возникновению кавитации в зоне разрежения вблизи створок клапана [3, 5, 6].

Высокая интенсивность касательных напряжений в турбулентных потоках может вызвать разрушение форменных элементов крови (эритроцитов) и активацию тромбоцитов, что приводит к формированию сгустка и тромбозу [5, с. 43]. Серьезность наносимых повреждений элементам крови касательными напряжениями чрезвычайно высока и зависит как от их величины, так и от продолжительности их воздействия [5, с. 43]. Кроме взаимосвязи касательных напряжений и процесса тромбообразования, установлено, что формированию тромбов могут способствовать изменения скорости потока и его отсутствие (наличие застойных областей) в отделенных зонах проточной области [4, с. 43].

В работе [6, с. 17] отмечается, что количество разрушенных красных кровяных телец $L_{RBC} = \frac{\Delta Hb}{Hb}$ (%) может быть рассчитано на основании следующей математической зависимости, полученной экспериментально:

$$L_{RBC} = A t_{exp}^{\alpha} \tau^{\beta}, \quad (1)$$

где τ – величина сдвиговых напряжений; t_{exp} – продолжительность их действия; $A = 3,62 \cdot 10^{-5}$, $\alpha = 0,785$, $\beta = 2,416$ – константы.

В работе [6, с. 17] отмечается, что повышенные напряжения сдвига в потоке оказывают наиболее существенное повреждающее воздействие на тромбоциты. Критическое значение для аккумуляции напряжений сдвига, выше которого тромбоциты считаются активированными, составляет $3,5 \text{ Н с/м}^2$ (Hellums at al., 1987; Dumont и др. 2007). Функция критерия активации тромбоцитов может быть записана следующим образом:

$$K_T = t_{exp} \tau. \quad (2)$$

Следует заметить, что функция (2) является частным случаем функции (1) при $A=1$, $\alpha=0,785$, $\beta=1$.

Склонность потока к развитию в нем кавитации характеризуют безразмерным параметром (числом кавитации) [7]:

$$X = \frac{2(p - p_s)}{\rho V^2}, \quad (3)$$

где p – гидростатическое давление набегающего потока; p_s – давление насыщенных паров жидкости при определенной температуре окружающей среды; ρ – плотность среды; V – скорость потока на входе в систему.

В зависимости от величины X можно различать четыре вида потоков: докавитационный (при $X > 1$); кавитационный (при $X \approx 1$); пленочный (при $X < 1$); суперкавитационный (при $X \ll 1$).

В данной работе использована следующая последовательность определения показателей гемолиза, основанная на результатах математического моделирования гидродинамических процессов в проточной области:

1. Вычисление скорости деформаций сдвига в потоке:

$$\dot{\gamma} = \left(2 \frac{\partial U_i}{\partial x_j} S_{ij} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где U_i – i -я компонента вектора скорости; $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)$ – компоненты тензора скорости деформации.

2. Вычисление напряжений сдвига в потоке:

$$\tau = \mu_{eff} \dot{\gamma}, \quad (5)$$

где $\mu_{eff} = \mu + \mu_t$ – эффективная динамическая вязкость жидкости; μ – динамическая вязкость жидкости; μ_t – турбулентная вязкость жидкости.

При использовании модели турбулентности $(k - \varepsilon)$ и моделей турбулентности, которые основываются на ней, турбулентная вязкость вычисляется по зависимости

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (6)$$

где C_μ – константа модели турбулентности $(k - \varepsilon)$; ρ – плотность жидкости; k – кинетическая энергия турбулентности; ε – скорость диссипации турбулентности.

В зависимости от целей исследования и соотношения величин μ и μ_t при вычислении μ_{eff} может быть учтено только одно слагаемое.

3. Повреждение крови от касательных напряжений зависит от величины касательных напряжений τ , действующих на частички крови, и времени их воздействия t_{exp} .

Количество разрушенных красных кровяных телец L_{RBC} рассчитывается на основании выражения (1).

Критерий активации тромбоцитов K_T рассчитывается на основании выражения (2).

Остановимся подробнее на применении выражения (1) для расчета количества разрушенных красных кровяных телец L_{RBC} . Выражение (1) учитывает основные факторы, вызывающие гемолиз крови, и имеет простой вид. Однако при $\beta \neq 1$ использование выражения (1) для расчета количества разрушенных красных кровяных телец может привести к противоречивым результатам. Например, пусть $t = t_1$ и $\tau = \tau_1$. Тогда согласно зависимости (1) количество разрушенных красных кровяных телец равно $L_{RBC1} = A \tau_1^\alpha t_1^\beta$. Мысленно разобьем интервал t на N равных частей и просуммируем количество разрушенных красных кровяных телец L_{RBC} на каждом интервале. Получим

$$L_{RBC2} = A \tau_1^\alpha N \left(\frac{t}{N} \right)^\beta = A \tau_1^\alpha N^{1-\beta} t_1^\beta.$$

Таким образом, значения L_{RBC1} и L_{RBC2} при одинаковых условиях эксплуатации будут различаться в $N^{1-\beta}$ раз.

Для устранения данного противоречия запишем математическую модель накопления разрушенных красных кровяных телец в виде дифференциального уравнения, связывающего скорость накопления разрушенных красных кровяных телец \dot{L}_{RBC} с касательными напряжениями τ , возникающими в потоке крови, и количеством разрушенных красных кровяных телец L_{RBC} :

$$\dot{L}_{RBC} = A_1 \tau^{\alpha_1} L_{RBC}^{\beta_1}, \quad (7)$$

где A_1, α_1, β_1 – константы, определяемые ниже.

Для интегрирования уравнения (7) разделим переменные:

$$\frac{dL_{RBC}}{L_{RBC}^{\beta_1}} = A_1 \tau^{\alpha_1} dt. \quad (8)$$

Проинтегрируем левую и правую части выражения (8):

$$\frac{L_{RBC}^{1-\beta_1}}{1-\beta_1} = A_1 \tau^{\alpha_1} t + C_1, \quad (9)$$

где C_1 – постоянная интегрирования.

Выразим L_{RBC} :

$$L_{RBC} = \left[(1-\beta_1) \left(A_1 \tau^{\alpha_1} t + C_1 \right) \right]^{\frac{1}{1-\beta_1}}. \quad (10)$$

При $f(0) = 0$ получим $C_1 = 0$, тогда

$$L_{RBC} = \left[(1-\beta_1) A_1 \right]^{\frac{1}{1-\beta_1}} \tau^{\frac{\alpha_1}{1-\beta_1}} t^{\frac{1}{1-\beta_1}}. \quad (11)$$

Для нахождения констант A_1, α_1, β_1 приравняем показатели степеней в выражениях (1) и (11). Приравнявая показатели степени у L_{RBC} , получим

$$\beta_1 = 1 - \frac{1}{\beta}. \quad (12)$$

Приравнявая показатели степени у τ , получим

$$\alpha_1 = \frac{\alpha}{\beta}. \quad (13)$$

Приравнивая показатели степени у первого сомножителя, получим

$$A_1 = \beta A^{\frac{1}{\beta}}. \quad (14)$$

На следующем примере оценим возможность использования модели (7) для расчета разрушенных красных кровяных телец при ступенчатом изменении касательных напряжений во времени. Пусть в первом варианте нагружения на протяжении рассматриваемого интервала времени в потоке крови действуют постоянные касательные напряжения $\tau_1 = 2$ кПа. График накопления разрушенных красных кровяных телец, полученный по зависимости (1), приведен на рис. 4 (кривая 1). Во втором варианте нагружения на протяжении первой половины рассматриваемого интервала в крови действуют касательные напряжения $\tau_1 = 2$ кПа, а затем $\tau_1 = 1,65$ кПа. График накопления разрушенных красных кровяных телец, полученный путем интегрирования зависимости (7), приведен на рис. 4 (кривая 2). Сопоставление кривых 1 и 2 на рис. 4 свидетельствуют о том, что на первой половине рассматриваемого интервала времени кривые накопления разрушенных красных кровяных телец совпадают, на второй половине – вторая кривая накопления лежит ниже. Положение кривых качественно соответствует представлениям о процессе накопления разрушенных красных кровяных телец.

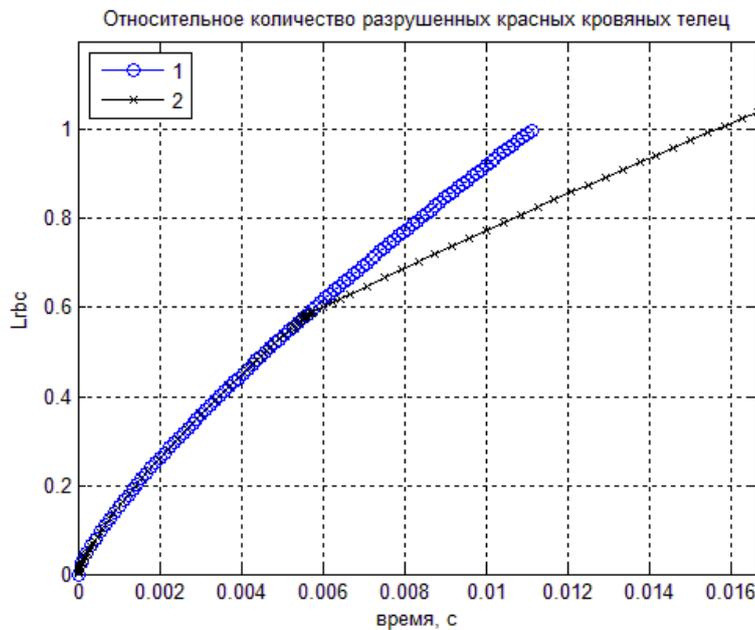


Рис. 4. Графики накопления разрушенных красных кровяных телец: кривая 1 – при монотонном нагружении; кривая 2 – при ступенчатом нагружении

Таким образом, предложенная математическая модель (7) позволяет непротиворечиво описать процесс накопления разрушенных красных кровяных телец, используя при этом известные константы, входящие в выражение

(1) и полученные в результате лабораторных испытаний, по крайней мере, при постоянных и ступенчато изменяющихся во времени значениях касательных напряжений в потоке крови.

3. Результаты компьютерного моделирования и оценки величины гемолиза

Далее представлены результаты компьютерного моделирования гемодинамики полнопроточного клапана сердца (25-U6), выполненного для следующих граничных условий.

Входная область (In): массовый расход 0,333 кг/с. Выходная область (Out): статическое давление 10,66 кПа. Граница расчетной области (Wall): отсутствие скольжения.

Получены следующие основные интегральные характеристики потока:

- среднее давление на входе – 10,87 кПа;
- средняя скорость на входе – 0,475 м/с;
- максимальная скорость на выходе – 0,793 м/с;
- минимальное значение давления в расчетной области, кПа;
- максимальные значения напряжений сдвига в расчетной области – 10,37 Па;
- падение давления между входом и выходом – 0,21 кПа (21,41 мм вод. ст.).

Получены распределения вектора скорости, статического давления и напряжений сдвига в плоскости Oxz , которые приведены на рис. 5–7.

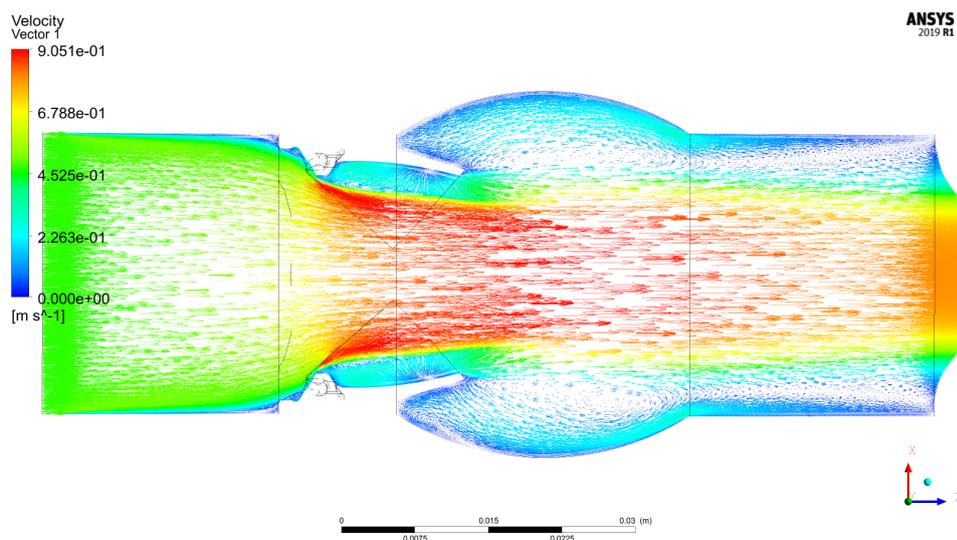


Рис. 5. Распределение вектора скорости в плоскости Oxz

Анализ результатов моделирования позволил выявить следующие закономерности течения:

- во время систолы в области у клапана наблюдаются одна прямая и четыре регургитационные струи. Регургитационные струи начинаются в пристеночных слоях; взаимодействуя с приливами корпуса, они меняют направ-

ление, а после прохождения через корпус клапана они, теряя скорость, попадают в расширение аорты, где меняют направление движения на противоположное и после совершения нескольких кругоподобных движений пересекают границу проточной области;

– прямая струя формируется у приливов корпуса и «не касается» внутренних поверхностей полностью открытых створок (рис. 5);

– максимальные значения скорости потока, максимальные значения статического давления и максимальные значения касательных напряжений в потоке наблюдаются также у приливов корпуса (у шарниров) (рис. 4–6).

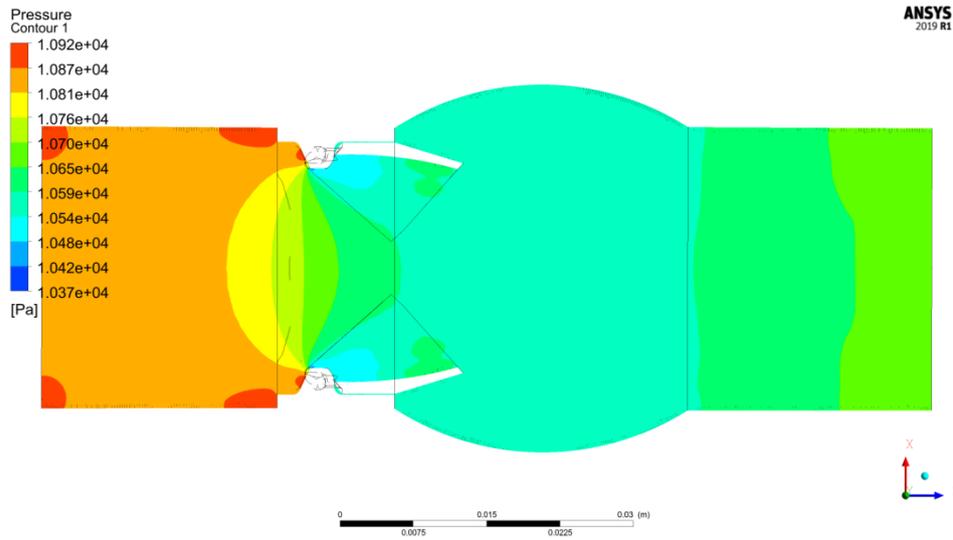


Рис. 6. Распределение статического давления в плоскости OXZ

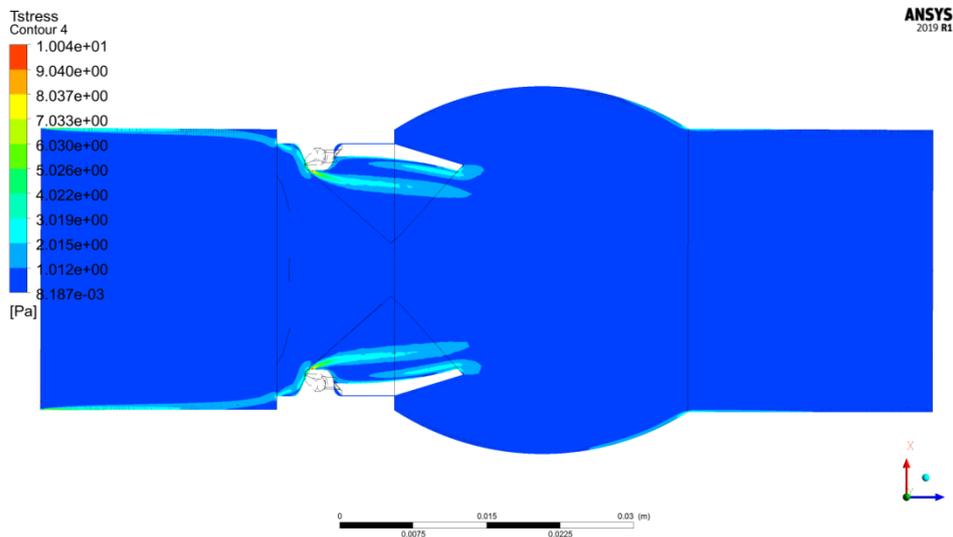


Рис. 7. Распределение напряжений сдвига в плоскости OXZ

Распределения относительного числа разрушенных красных кровяных телец L_{RBC} и чисел кавитации X в плоскости OXZ приведены на рис. 8 и 9.

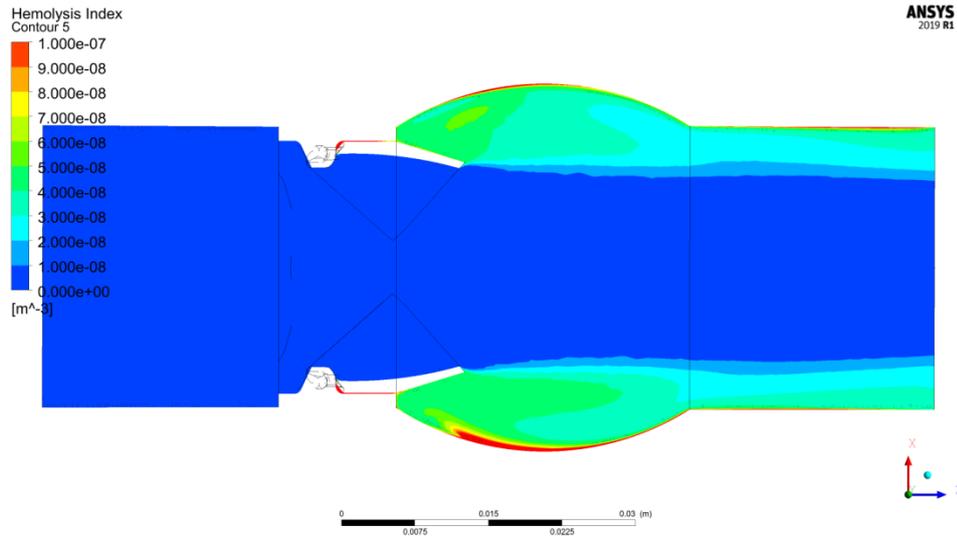


Рис. 8. Распределение разрушенных красных кровяных телец в плоскости OXZ

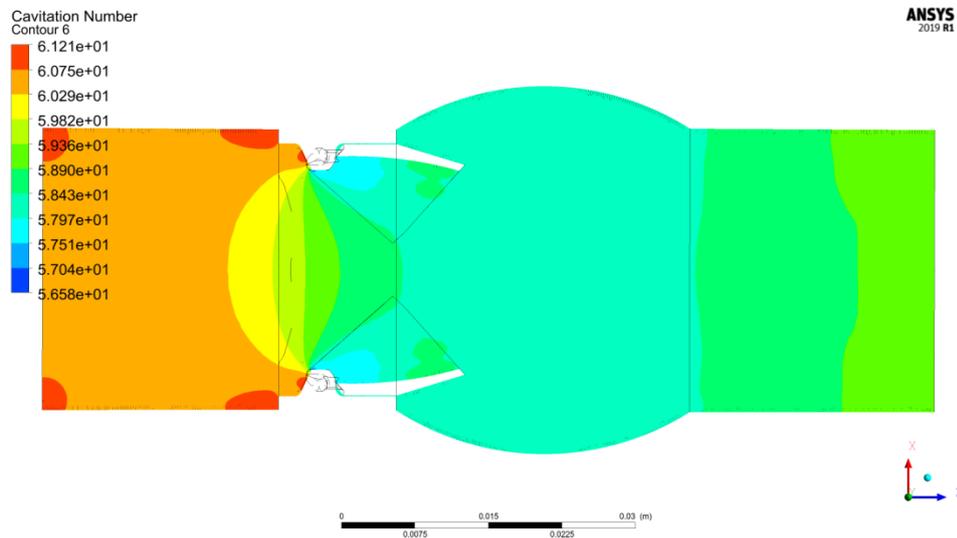


Рис. 9. Распределение чисел кавитации в плоскости OXZ

Анализ этих распределений позволил сделать следующие выводы :

- во время систолы инициирование разрушения красных кровяных телец начинается в области у приливов корпуса клапана и развивается вдоль по течению. Дальнейшее накопление разрушенных красных кровяных телец происходит в части потока, совершающего круговые движения в расширении корня аорты. Влияние на этот процесс оказывают напряжения сдвига в приповерхностных слоях расчетной области;

- относительно высокие концентрации разрушенных красных кровяных телец обнаружены в локальных областях расчетной области. Значение относительного содержания разрушенных красных кровяных телец в них не превышает 0,01 %. Средние по площади выходного сечения значения относительного числа разрушенных красных кровяных телец равны $1,22 \cdot 10^{-8}$;

– оценка склонности потока во время систолы к развитию в нем кавитации, выполненная по зависимости (3), показала отсутствие областей, в которых может реализоваться кавитационный режим течения.

Заключение

Основным результатом работы является создание адекватных компьютерных моделей гемодинамики всей линейки полнопроточных клапанов сердца «МЕДИНЖ-СТ», которые позволяют оценить количество разрушенных эритроцитов, активированных тромбоцитов и склонность течения к развитию в нем кавитации. Анализ результатов моделирования позволил выявить особенности течения крови через клапаны, а также определить характеристики потоков и показатели гемолиза. Установлено, что во время систолы относительно высокие концентрации разрушенных красных кровяных телец присутствуют в локальных областях расчетной области, их значения не превышают 0,01 %. Средние по площади выходного сечения значения относительно числа разрушенных красных кровяных телец не превышают $3 \cdot 10^{-6}$ %. Склонности потока к развитию в нем кавитации не выявлено.

Библиографический список

1. CFX-Solver Theory Guide. – Canonsburg : ANSYS Inc, 2019.
2. CFX-Solver Modeling Guide. – Canonsburg : ANSYS Inc, 2019.
3. Искусственные клапаны сердца / П. И. Орловский и др. – Санкт-Петербург : Олма Медиа Групп, 2007. – 464 с.
4. **Fang, J.** Owens, Numerical simulations of pulsatile blood flow using a new constitutive model / Jiannong Fang, G. Robert. – 2006. – Vol. 43 (5). – P. 637–660.
5. Система искусственного сердца пульсирующего типа на базе мехатронных модулей : монография / под ред. проф. В. В. Морозова; Л. В. Беляев и др ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014. – 122 с.
6. Отчет о НИР № 1 от 15.01.2013. Расчетно-экспериментальное исследование гидродинамики двухстворчатого искусственного клапана сердца. ООО «Фант», – Санкт-Петербург, 2013. – 87 с.
7. URL: ru.wikipedia.org

References

1. *CFX-Solver Theory Guide*. Canonsburg: ANSYS Inc, 2019.
2. *CFX-Solver Modeling Guide*. Canonsburg: ANSYS Inc, 2019.
3. Orlovskiy P. I. et al. *Iskusstvennye klapany serdtsa* [Artificial heart valves]. Saint-Petersburg: Olma Media Grupp, 2007, 464 p. [In Russian]
4. Fang J., Robert G. Owens, *Numerical simulations of pulsatile blood flow using a new constitutive model*. 2006, vol. 43 (5), pp. 637–660.
5. *Sistema iskusstvennogo serdtsa pul'siruyushchego tipa na baze mekhatronnykh moduley: monografiya* [Pulse-type artificial heart system based on mechatronic modules: monograph]. Ed. by prof. V. V. Morozov; L. V. Belyaev et al.; Vladim. gos. un-t im. A. G. i N. G. Stoletovykh. Vladimir: Izd-vo VIGU, 2014, 122 p. [In Russian]
6. *Otchet o NIR № 1 ot 15.01.2013. Raschetno-eksperimental'noe issledovanie gidrodinamiki dvukhstvorchatogo iskusstvennogo klapana serdtsa* [Research work No. 1 report from the 15th of January, 2013. Computational and experimental study of the hydrodynamics of a bicuspid artificial heart valve]. ООО «Фант», Saint-Petersburg, 2013, 87 p. [In Russian]
7. Available at: ru.wikipedia.org

Евдокимов Сергей Васильевич

кандидат технических наук,
управляющий, Научно-производственное
предприятие «МедИнж» (Россия,
г. Пенза, ул. Центральная, 1)

E-mail: s.meding@mail.ru

Evdokimov Sergey Vasilievich

Candidate of engineering sciences,
executive manager, Research
and Production Enterprises “MedEng”
(1 Tsentralnaya street, Penza, Russia)

Евдокимов Александр Сергеевич

кандидат технических наук, директор
ООО «МедИнтелл» (Россия, г. Пенза,
ул. Центральная, 1)

E-mail: a.meding@mail.ru

Evdokimov Alexander Sergeevich

Candidate of engineering sciences, director
of “MedIntell” LLC (1 Tsentralnaya
street, Penza, Russia)

Музейнек Александр Юрьевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической
и прикладной механики и графики,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: muyzemnek@yandex.ru

Muuzemnek Aleksandr Yur'evich

Doctor of engineering sciences, professor,
head of the sub-department of theoretical
and applied mechanics and graphics,
Penza State University (40 Krasnaya
street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Евдокимов, С. В. Гемодинамика полнопроточного клапана сердца «МЕДИНЖ-СТ» / С. В. Евдокимов, А. С. Евдокимов, А. Ю. Музейнек // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 119–132. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-11.

Л. В. Курашвили, Г. В. Тяжелкова,
М. В. Долгушева, Т. Н. Коробовцева, Н. И. Микуляк

РОЛЬ УСЛОВНО-ПАТОГЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ В МЕХАНИЗМАХ РАЗВИТИЯ ЖЕНСКОГО И МУЖСКОГО БЕСПЛОДИЯ

Аннотация.

Актуальность и цели. Исследована роль условно-патогенной микрофлоры в механизмах развития мужского и женского бесплодия. Цель работы – изучить здоровье половой системы у женщин и мужчин детородного возраста на основании оценки влагалищного секрета, секрета уретры и семенной жидкости.

Материал и методы. Данные первичного осмотра пациента и подписание информированного согласия на исследование отражены в первичной документации (амбулаторная карта). Критерии включения в исследование: отсутствие беременности у супругов в течение года совместной супружеской жизни, одномоментное взятие и исследование мазков на флору у женщин; у мужчин – получение семенной жидкости в кабинете стерилитета и своевременная оценка спермограмм, подсчет и выдача заключений.

Результаты. Установлен состав микрофлоры вагинальных мазков и мазков из уретры. Выявлен рост инфекционной невоспалительной патологии гениталий мужчин и женщин детородного возраста. У женщин установлены нарушения соотношения нормальной бактериальной микрофлоры, снижение факультативных лактобацилл и увеличение условно-патогенной флоры, у мужчин – снижение фертильности семенной жидкости.

Выводы. «Мазок на флору», используемый для идентификации вагинальной патологии, позволил оценить состав микрофлоры, подсчитать количество лейкоцитов, оценить гормональную насыщенность по состоянию клеток многослойного плоского эпителия во влагалищном мазке, а также диагностировать некоторые заболевания, передающиеся половым путем: гонорею, трихомониаз, кандидоз и хламидиоз. Заключения по спермограммам позволили установить нормальную фертильность у 17 % обследованных мужчин. Преобладающей условно-патогенной микрофлорой в вагинальных мазках оказались *Gardnerella vaginalis* и грибы рода *Candida albicans*.

Ключевые слова: половая система, *Gardnerella vaginalis*, трихомониаз, кандидоз, гонорея, микрофлора, плоский эпителий, спермограмма.

Л. В. Kurashvili, G. V. Tyazhelkova,
M. V. Dolgusheva, T. N. Korobovtseva, N. I. Mikulyak

ROLE OF OPPORTUNISTIC MICROFLORA IN MECHANISMS OF DEVELOPMENT OF WOMEN AND MALE INFERTILITY

© Курашвили Л. В., Тяжелкова Г. В., Долгушева М. В., Коробовцева Т. Н., Микуляк Н. И., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Abstract.

Background. We made a research on the role of opportunistic microflora in the mechanisms of development of male and female infertility. The purpose of the research is to study the health of the women and men reproductive system of childbearing age based on the assessment of vaginal secretions, urethral secretions and seminal fluid.

Materials and methods. The data of the initial examination of the patient and the signing of an informed consent for the study are reflected in the primary documentation (outpatient card). Inclusion criteria for the study: absence of pregnancy in spouses during a year of married life, simultaneous subsampling and examination of smears for flora in women; receiving semen in the sterility room and timely assessment of spermograms, counting and issuing conclusions in men.

Results. The composition of the microflora of vaginal and urethral smears was determined. An increase in infectious non-inflammatory pathology of the genitals of men and women of childbearing age was revealed. In women, Violations of the ratio of normal bacterial microflora, a decrease in facultative lactobacillus and an increase in opportunistic flora were found in women. A decrease in the fertility of seminal fluid was found in men.

Conclusions. "Flora smear", used to identify vaginal pathology, made it possible to assess the composition of microflora, to count the number of leukocytes, to assess hormonal saturation by the state of the cells of stratified squamous epithelium in a vaginal smear, and also to diagnose some sexually transmitted diseases: gonorrhea, trichomoniasis, candidiasis and chlamydia. Conclusions on spermograms made it possible to establish normal fertility in 17% of the examined men. The predominant opportunistic microflora in vaginal smears are *Gardnerella vaginalis* and fungi of the genus *Candida albicans*.

Keywords: reproductive system, *Gardnerella vaginalis*, trichomoniasis, candidiasis, gonorrhea, microflora, pavement epithelium, spermogram.

Введение

Снижение рождаемости в стране является тревожным фактором для нашего общества. Среди супружеских пар, желающих иметь детей, примерно 17 % бесплодны. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 47 % случаев причина бесплодия связана с нарушением половой функции у мужчин. Снижение фертильности чаще всего связано со сперматогенезом (изолированные или обусловленные гипогонадизмом) [1].

В последние годы наблюдается рост инфекционной невоспалительной патологии гениталий, приводящей к нарушению наступления беременности и рождению здорового ребенка. Рост патологии отмечен не только среди взрослого, но и детского населения, а также среди беременных женщин [2]. Методы лабораторной диагностики в акушерстве, гинекологии и урологии – важный компонент оценки репродуктивной функции и оценки инфекционного невоспалительного процесса женского и мужского населения. Среди большого разнообразия методов диагностики в течение последних десятилетий используют простой «мазок на флору». Это исследование позволяет оценить состав микрофлоры, подсчитать количество лейкоцитов и выявить типы клеток многослойного плоского эпителия во влагалищном мазке и в мазке из уретры, а также установить заболевания, передающиеся половым путем, чаще это гонорея, трихомониаз, кандидоз, хламидиоз.

Нарушение экологии с современных позиций может повлиять на нормальную микрофлору половых путей и лежать в основе изменения численно-

сти того или иного микроорганизма или появления несвойственных данному месту обитания бактерий и лежать в основе заболевания.

Цель работы – изучить здоровье половой системы у женщин и мужчин детородного возраста на основании оценки влагалищного секрета, секрета уретры и семенной жидкости.

Материал и методы

Данные первичного осмотра пациента и подписание информированного согласия на исследование отражены в первичной документации (амбулаторная карта).

Критерии включения в исследование: у женщин – отсутствие беременности в течение года совместной супружеской жизни, одномоментное взятие и исследование мазков на флору; у мужчин – получение спермы в кабинете стерилитета, своевременный подсчет и оценка спермограмм.

Критерии исключения: наличие острой и хронической патологии у супругов.

Исследования были проведены в центре планирования семьи врачами гинекологами, урологами и врачами клинико-диагностической лаборатории на базе Детской клинической больницы им. Н. Н. Филатова. Использованные методы: клинический осмотр женщин (на зеркалах), измерение pH вагинального отделяемого с помощью индикаторной бумаги, проведение аминотеста в пробирке с раствором щелочи (10 % KOH) и микроскопия вагинальных мазков, окрашенных по Граму. Появление патогенной флоры подтверждалось бактериологическими исследованиями, диагноз гонореи подтверждался методом полимеразно-цепной реакции (ПЦР). Сравнительный анализ полученных результатов был проведен посредством программы «STATISTICA 64».

Результаты и обсуждение

За два года были обследованы 276 женщин и 286 мужчин детородного возраста с диагнозом *бесплодие*, т.е. у них в результате совместной жизни в течение года беременность не наступила. Наследственность неотягощена, гормональный статус не нарушен. Лабораторно-диагностическое обследование начали с изучения «мазка на флору».

В последнее время составу влагалищной микрофлоры стали уделять особое внимание. Авторами [2] было показано, что кислая среда влагалищного содержимого, лактобациллы, перекись водорода и факторы защиты, которые ими продуцируются, образуют мощнейший естественный барьер на пути проникновения патогенных бактерий и развития заболевания. Именно вагинальная и уретральная микрофлора обуславливает репродуктивное здоровье женщины и мужчины, обеспечивает местный иммунитет, защищает от условно-патогенных и патогенных бактерий и обеспечивает нормальное наступление и течение самой беременности.

У здоровых женщин репродуктивного возраста ведущее место в вагинальном секрете занимают *Lactobaculus spp*, бифидобактерии, коринебактерии, а также анаэробные грамотрицательные палочки рода *Fusobacterium* и грамотрицательные кокки рода *Veillanella* [2, 3] Следует отметить, что во влагалищной микрофлоре преобладают лактобактерии анаэробного и аэробного происхождения, объединенные под общим названием «палочки Деделерейна»,

на которые приходится более 95 % всей флоры влагалища. Во влагалищном секрете анаэробная флора превалирует над аэробной в соотношении 10:1.

Палочки Дедерлейна играют основную роль в самозащите половых путей, «самоочищении» за счет выработки бактериями *Lactobaculus* молочной кислоты и образования перекиси водорода. Лактобациллы потребляют гликоген промежуточного слоя многослойного плоского эпителия, отщепляют от него глюкозу и окисляют ее в анаэробных условиях до молочной кислоты. Молочная кислота создает кислую среду влагалищного секрета (рН 3,8–4,2) и вместе с перекисью водорода подавляет рост условно-патогенной флоры (стафилококки, стрептококки, кишечная палочка и анаэробные бактерии, *Gardnerella vaginalis spp*, *Mobiluncus spp*). Условно-патогенная флора в небольшом количестве присутствует у большинства здоровых женщин. Палочки Дедерлейна при рН 4,0–5,0 наиболее жизнеспособны, интенсивно развиваются и подавляют рост патогенной и условно-патогенной микрофлоры [3].

Второй особенностью слизистой влагалища является то, что многослойный плоский эпителий на протяжении менструального цикла подвержен циклическим изменениям и зависит от гормональной насыщенности секрета. При высокой гормональной насыщенности в мазке преобладают клетки поверхностного слоя эпителия, при снижении – промежуточный, а при воспалительном процессе появляется парабазальный слой. Диаметр клеток эпителия по мере его созревания увеличивается (от базального к поверхностному), а размер ядер – уменьшается, поэтому по морфологическим критериям эпителия можно судить о степени гормональной насыщенности вагинального секрета [3]. Отсюда следует, что состав микрофлоры и клетки многослойного плоского эпителия влагалища, шейки матки зависит от фазы менструального цикла, возраста, действия лекарственных препаратов, нейроэндокринной системы.

У девочек до полового созревания, у женщин в период менопаузы [3, 4] и у женщин с заболеваниями яичников влагалищная микрофлора самая разнообразная, а реакция слизи слабощелочная или нейтральная (7,2–7,5).

При снижении лактобацилл в вагинальном секрете уменьшается количество перекиси водорода, повышается количество условно-патогенной бактериальной флоры (кишечная палочка, стрептококки, стафилококки, анаэробные бактерии, *Gardnerella vaginalis*, *Mobiluncus spp.*), которая лежит в основе инфекционного невоспалительного заболевания гениталий бактериального вагиноза. *Gardnerella vaginalis* – факультативная анаэробная грамотрицательная палочка, определяющая клинику заболевания за счет определенных свойств: образует пленку на межклеточном матриксе (гиалуроновая кислота) плоского эпителия влагалища и уретры, на котором адсорбируются конгломераты анаэробных бактерий, способных преобразовывать аминокислоты, выделять летучие амины (кадаверин, путресцин, нитрозамины) и нарушать структуру тканей, т.е. способствует развитию дисплазии эпителия шейки матки и онкопатологии [5–7].

По лабораторным и клиническим показателям, у 10,67 % обследованных женщин в 2018 г. и у 9,8 % в 2019 г. выявили бактериальный вагиноз. Бактериальный вагиноз – это инфекционный невоспалительный синдром, который запускается заменой лактобактерий на полимикробные ассоциации

анаэробов и палочкой *Gardnerella vaginalis*, которая определяет главную симптоматику инфекционного невоспалительного процесса.

Клинически у обследованных женщин были обильные бело-серые выделения, гомогенные, с неприятным рыбьим запахом, рН влагалищного секрета в пределах 5,4–7,4, положительный аминотест с 10 % раствором КОН, а при микроскопии в нативных и окрашенных по Граму мазках выявили «ключевые клетки» (клетки поверхностного эпителия, покрытые обильной мелкой грамвариабельной коккобацилярной флорой). Количество лейкоцитов оставались в норме, 3–5–8 в поле зрения. По данным авторов [6], картина соответствует бактериальному вагинозу.

У 6,8 % обследованных женщин установлен вульвовагинальный кандидоз. Клинически он проявлялся вагинальным зудом, жжением, творожистыми или сметанообразными выделениями белого цвета без запаха, рН < 4,5. При микроскопии окрашенных по Граму мазков выявили грибы в виде мицелл и спор, морфологически сходные с грибами рода *Candida albicans* на фоне большого количества сегментоядерных нейтрофильных лейкоцитов и снижения факультативных лактобацилл.

Кандидоз поражает женщин репродуктивного возраста, но может встречаться у девушек и женщин в период пред- и постменопаузы. От 8–12 % здоровых женщин являются носителями *Candida albicans*. Обнаружить *Candida albicans* можно и у беременных женщин, носительниц внутриматочной спирали и женщин, принимающих антибиотики, кортикостероиды и оральные контрацептивы [7, 8].

Из патологической флоры у обследуемых женщин выявили гонорею в 0,025 % (2018 г.) и в 0,05 % (2019 г.) случаев. Идентификацию гонококка проводили на основании его морфологических свойств, расположения в препарате и отношении к окраске по Граму. В мазках преобладали нейтрофильные сегментоядерные лейкоциты с внутриклеточным расположением диплококков в полном отсутствии факультативных лактобацилл. Диагноз подтвердили методом ПЦР.

У обследованных женщин очень небольшой процент приходится на трихомониаз (в 2018 г. – 0,25 % и в 2019 г. – у 0,18 %).

Трихомониаз относится к специфическим воспалительным заболеваниям женских и мужских половых органов, является наиболее частой причиной хронических воспалительных заболеваний влагалища, шейки матки и уретры.

Статистический анализ данных, полученных в результате проведенных исследований, позволяет сделать вывод, что в 2019 г. было выявлено на 1 % меньше случаев гонореи и кандидоза, на 2 % снизилась частота встречаемости трихомониаза. Также следует отметить, что бактериальный вагиноз в 2019 г. встречался у 61 % женщин с выявленной неспецифической флорой в мазках, что на 5 % больше, чем в 2018 г. (рис. 1).

Существует мнение [9, 10], что воспалительная реакция вызывается не столько присутствием трихомонад, сколько размножением других микроорганизмов, переносимых трихомонадами. Среди прочих микроорганизмов при посеве идентифицировали *Escherichia coli*, которая является патогенной для влагалища, но не всегда вызывает лейкоцитарную реакцию, чаще всего встречается в сочетании с другими микроорганизмами: мелкими палочками, трихомонадами, грибами лептотрикс.

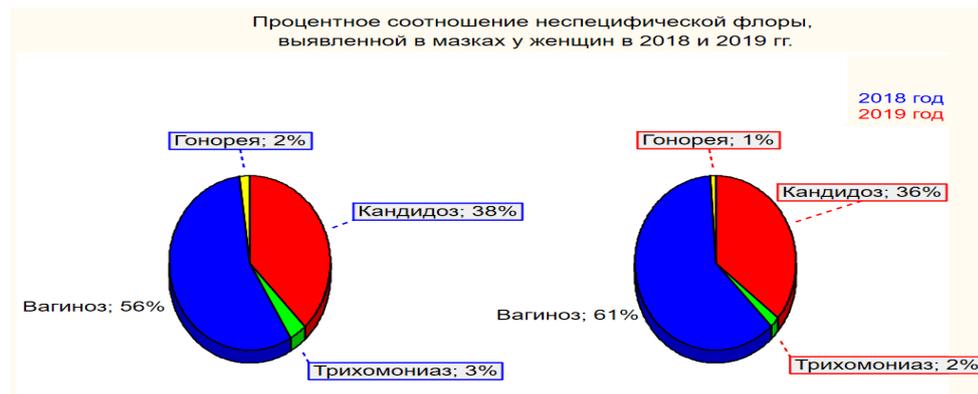


Рис. 1. Визуальный сравнительный анализ выявленной неспецифической флоры

Воспалительные процессы гениталий у мужчин делят на неспецифические и специфические, вызванные инфекциями, передающимися половым путем. Диагностика воспалительного процесса у них более сложная. Мазки на флору у мужчин не берутся, исследуется сперма, сок предстательной железы и утренняя порция мочи. В зависимости от локализации воспалительного процесса у мужчин выделяют: уретрит (воспаление мочеиспускательного канала), цистит (воспаление мочевого пузыря), простатит (воспаление предстательной железы), эпидидимит (воспаление придатка яичка), орхит (воспаление яичка) [11–13]. По данным ряда авторов [14–16], выявлены микроорганизмы: *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Proteus*, а также стрептококки, стафилококки, грибы рода *Candida albicans*, *Gardnerella vaginalis*. Появление вышеперечисленных инфекций может вызвать у мужчин вторичное бесплодие, способствует нарушению сперматогенеза и приводит к нарушению морфологии и подвижности сперматозоидов.

Изучение спермограмм проводили с целью решения вопроса о фертильности (плодовитости) семенной жидкости. Оценка фертильности спермы 286 мужчин с бесплодием проведена на основании заключений результатов спермограмм за 2018 г. (рис. 2) и 2019 г. (рис. 3): *нормозооспермия* встречалась у 18 и 16 % обследуемых мужчин, т.е. в 1 мл эякулята содержится 20 млн спермиев. *Астенотератозооспермия* (нарушение подвижности и морфологии спермиев) обнаружена у 35 и 42 % мужчин, *астенозооспермия* (нарушение подвижности спермиев) – у 32 и 27 % мужчин соответственно годам наблюдения.

На основании результатов визуального анализа полученных данных сделали вывод о нарушении фертильности (плодовитости) семенной жидкости у 80 % мужчин, обследованных в 2018 г., за счет нарушения подвижности и морфологии спермиев.

Визуализация процентного соотношения заключений согласно результатам спермограмм в 2019 г. свидетельствует о том, что доля пациентов с нарушением фертильности семенной жидкости возросла на 3 % и составила 83 %.

Итак, в результате статистической обработки имеющихся данных можно сделать вывод, что в 2019 г. стало гораздо меньше мужчин, у которых результаты спермограмм свидетельствуют об астенозооспермии. Но при этом

заметно увеличилось число пациентов с диагнозом астенотератозооспермии и уменьшилось с диагнозом нормозооспермии (рис. 4).

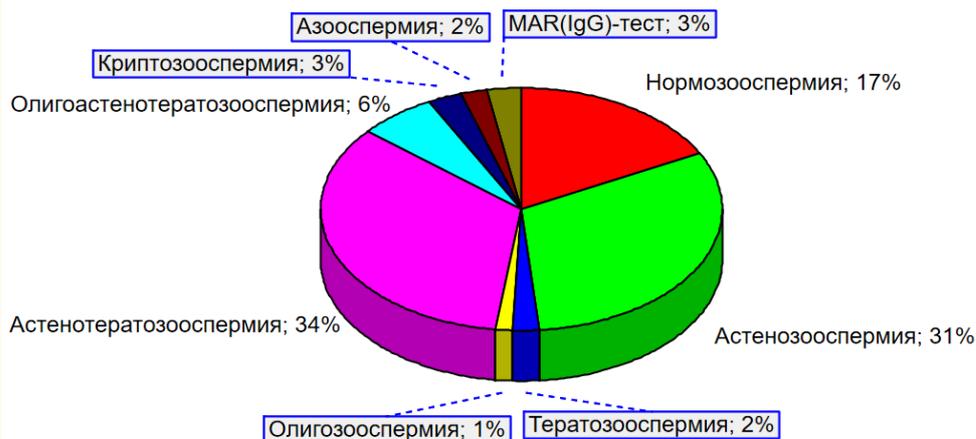


Рис. 2. Сравнительный анализ результатов спермограмм в 2018 г.

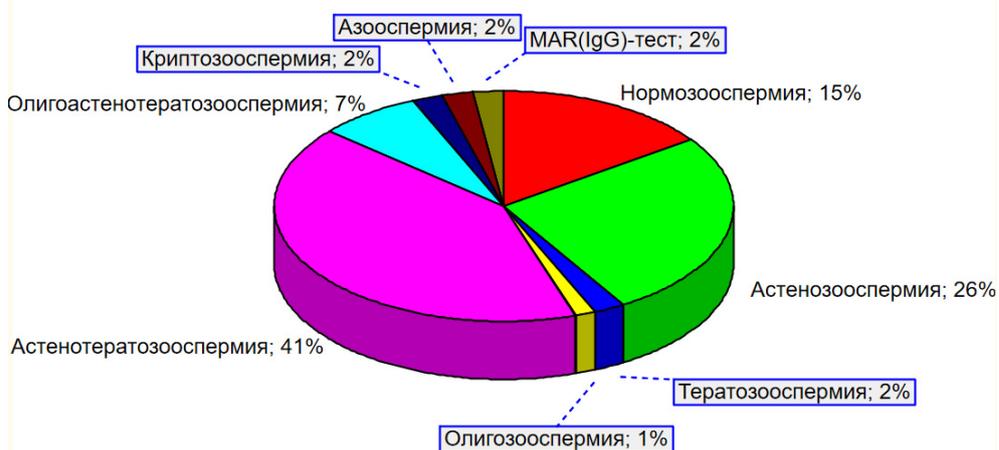


Рис. 3. Сравнительный анализ результатов спермограмм в 2019 г.

Наличие патологических спермиев в семенной жидкости обусловлено инфекцией невоспалительного характера с нормальным количеством лейкоцитов, склонной к хроническому течению.

Результаты оценки спермограмм позволили сделать заключение о высоком проценте заболеваемости мужских половых органов именно за счет условно-патогенной флоры инфекционного невоспалительного характера. Инфекционный невоспалительный процесс в половых путях является причиной повышения биогенных аминов (путресцина, кадаверина и нитрозаминов), видимо, провоцирующих структурные изменения в половых путях мужчин и женщин с вялотекущей хронической патологией.

Снижение фертильности семенной жидкости сочетается с бесплодием женщин, у которых выявлен бактериальный вагиноз (10,8 %). Нормальная фертильность семенной жидкости у обследуемых мужчин установлена

в 17 и 15 % случаев, условно-патогенная флора – у 9,8 и 10,8 % женщин в 2018 г. и 2019 г. соответственно.

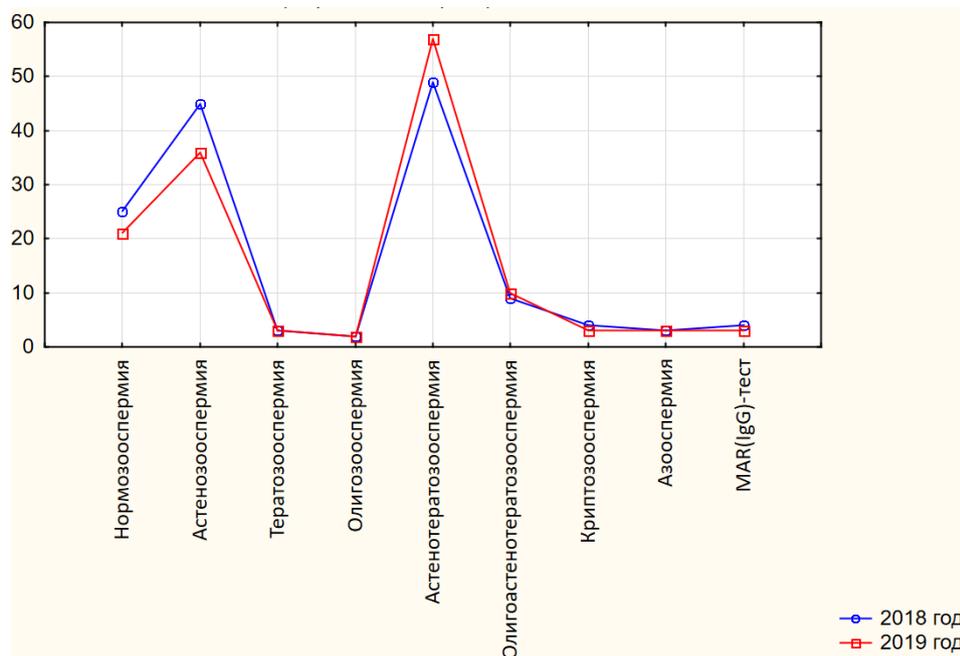


Рис. 4. Сравнительный анализ спермограмм мужчин, страдающих бесплодием

Заключение

«Мазок на флору» у мужчин и женщин позволит своевременно оценить состав микрофлоры, подсчитать количество лейкоцитов, оценить гормональную насыщенность по морфологии клеток многослойного плоского эпителия, а также диагностировать некоторые заболевания, передающиеся половым путем, – гонорею, трихомониаз, кандидоз и хламидиоз.

Заключения по спермограммам позволили установить нормальную фертильность у 17 % обследованных мужчин.

Преобладающей условно-патогенной микрофлорой в вагинальных мазках оказались *Gardnerella vaginalis* и грибы рода *Candida albicans*.

Условно-патогенная флора по результатам наших исследований может лежать в основе развития мужского и женского бесплодия.

Библиографический список

1. **Курашвили, Л. В.** Исследование семенной жидкости и сока предстательной железы / Л. В. Курашвили. – Пенза, 2009. – 106 с.
2. **Anderson, M. R.** Evaluation of vaginal complaints / M. R. Anderson, K. Klink, A. Cochrane // JAMA. – 2004. – Vol. 291 (11). – P. 1368–1379.
3. **Mitchell, H.** Vaginal discharge – causes, diagnosis, and treatment / H. Mitchell // BMJ. – 2004. – Vol. 328 (7451). – P. 1306–1308.
4. **Кишкун, А. А.** Руководство по лабораторным методам диагностики / А. А. Кишкун. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 800 с.
5. **Назарова, Е. К.** Микробиоценоз влагалища и его нарушения / Е. К. Назарова, Е. И. Гиммельфарб, Л. Г. Созаева // Клиническая лабораторная диагностика. – 2003. – № 2. – С. 25–32.

6. **Verstraelen, H.** The biofilm in bacterial vaginosis: implications for epidemiology, diagnosis and treatment / H. Verstraelen, A. Swidsinski // *Curr Opin Infect Dis.* – 2013. – Vol. 26. – P. 86–89.
7. Association between bacterial vaginosis and cervical intraepithelial neoplasia: Systematic review and meta-analysis / E. Gillet, J. F. A. Meys, H. Verstraelen et al. // *Plos One.* – 2012. – Vol. 7, iss. 10. – P. e45201.
8. Diagnostic value of Amsel's clinical criteria for diagnosis of bacterial vaginosis / *J Health Sci.*, F. Mohammadzadeh, M. Dolatian, M. Jorjani, H. Alavi Majd // *Glob Oct.* – 2014. – Vol. 29, iss. 7 (3). – P. 8–14.
9. **Дмитриев, Г. А.** Лабораторная диагностика бактериальных урогенитальных инфекций / Г. А. Дмитриев. – Москва : Медицинская книга ; Нижний Новгород : Изд-во НГМД, 2003. – 336 с.
10. **Вагорас, А.** Основы микроскопии мазков мочеполового тракта / А. Вагорас, А. М. Савичева, А. Галлен, М. Домейка. – Каунас : Издательство-студия «КАТА», 2001. – 42 с.
11. **Савичева, А. М.** Краткое руководство по микроскопической диагностике инфекций, передаваемых половым путем / А. М. Савичева, Е. В. Соколовский, М. Домейка. – Санкт-Петербург : Фолиант, 2004. – 128 с.
12. **Сухих, Г. Т.** Мужское бесплодие / Г. Т. Сухих, В. А. Божедомов. – Москва : ЭКСМО, 2008. – 240 с.
13. **Брагина, Е. Е.** Руководство по сперматологии / Е. Е. Брагина, Р. А. Абдумаликов. – Москва : СОРЕС-полиграфия, 2002. – 111 с.
14. Мужское бесплодие / G. R. Dohle, T. Diemer, A. Giwercman, A. Jungwirth, Z. Kopa, C. Krausz ; translation: K. Shiranov ; scientific editing: A. S. Hakobyan. – European Association of Urologists, 2010. – 66 p.
15. Руководство ВОЗ по исследованию и обработке эякулята человека. – 5-е изд. – Москва : Медико-генетический научный центр РАМН, 2012. – 291 с.
16. **Bhande, S.** Molecular identities of human sperm proteins reactive with antibodies in sera of immunoinfertile women / S. Bhande, R. K. Naz // *Mol Reprod Dev.* – 2007. – Vol. 74 (3). – P. 332–340.

References

1. Kurashvili L. V. *Issledovanie semennoy zhidkosti i soka predstatel'noy zhelezy* [The research of seminal fluid and prostatic fluid]. Penza, 2009, 106 p. [In Russian]
2. Anderson M. R., Klink K., Cohn A. *JAMA.* 2004, vol. 291 (11), pp. 1368–1379.
3. Mitchell H. *BMJ.* 2004, vol. 328 (7451), pp. 1306–1308.
4. Kishkun A. A. *Rukovodstvo po laboratornym metodam diagnostiki* [Laboratory diagnostic techniques guidance]. Moscow: GEOTAR- Media, 2007, 800 p. [In Russian]
5. Nazarova E. K., Gimmel'farb E. I., Sozaeva L. G. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Clinical laboratory diagnostics]. 2003, no. 2, pp. 25–32. [In Russian]
6. Verstraelen H., Swidsinski A. *Curr Opin Infect Dis.* 2013, vol. 26, pp. 86–89.
7. Gillet E., Meys J. F. A., Verstraelen H. et al. *Plos One.* 2012, vol. 7, iss. 10, p. e45201.
8. *J. Health Sci.*, Mohammadzadeh F., Dolatian M., Jorjani M., H. Alavi Majd *Glob Oct.* 2014, vol. 29, iss. 7 (3), pp. 8–14.
9. Dmitriev G. A. *Laboratornaya diagnostika bakterial'nykh urogenital'nykh infektsiy* [Laboratory diagnostics of bacterial urogenital infections]. Moscow: Meditsinskaya kniga; N.izhniy Novgorod: Izd-vo NGMD, 2003, 336 p. [In Russian]
10. Vagoras A., Savicheva A. M., Gallen A., Domeyka M. *Osnovy mikroskopii mazkov mochepолового trakta* [Basics of microscopy of urinary tract smears]. Kaunas: Izdatel'stvo-studiya «КАТА», 2001, 42 p. [In Russian]
11. Savicheva A. M., Sokolovskiy E. V., Domeyka M. *Kratkoe rukovodstvo po mikroskopicheskoy diagnostike infektsiy, peredavaemykh polovym putem* [A short guide-

- ance to microscopic diagnosis of sexually transmitted infections]. Saint-Petersburg: Foliant, 2004, 128 p. [In Russian]
12. Sukhikh G. T., Bozhedomov V. A. *Muzhskoe besplodie* [Male infertility]. Moscow: EKSMO, 2008, 240 p. [In Russian]
13. Bragina E. E., Abdumalikov R. A. *Rukovodstvo po spermatologii* [Spermatology guidance]. Moscow: COPEC-poligrafiya, 2002, 111 p. [In Russian]
14. Dohle G. R., Diemer T., Giwercman A., Jungwirth A., Kopa Z., Krausz C. *Muzhskoe besplodie* [Male infertility]; translation: K. Shiranov; scientific editing: A. S. Hakobyan. European Association of Urologists, 2010, 66 p.
15. *Rukovodstvo VOZ po issledovaniyu i obrabotke eyakulyata cheloveka* [The WHO guidelines for the research and treatment of human ejaculate]. 5th ed. Moscow: Mediko-geneticheskiy nauchnyy tsentr RAMN, 2012, 291 p. [In Russian]
16. Bhande S., Naz R. K. *Mol Reprod Dev.* 2007, vol. 74 (3), pp. 332–340.
-

Курашвили Людмила Васильевна

доктор медицинских наук, профессор,
кафедра физиологии человека,
Медицинский институт, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: meidpgumi@yandex.ru

Kurashvili Lyudmila Vasil'evna

Doctor of medical sciences, professor,
sub-department of human physiology,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Тяжелкова Галина Викторовна

врач-лаборант, Городская
поликлиника № 2 (Россия, г. Пенза,
ул. Володарского, 34)

E-mail: lab2lab2@hosp3.ru

Tyazhelkova Galina Viktorovna

Laboratory doctor, Municipal
polyclinic No. 2 (34 Volodarskogo
street, Penza, Russia)

Долгушева Мария Валерьевна

ассистент (аспирант) кафедры физиоло-
гии человека, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: marivalcus@mail.ru

Dolgusheva Mariya Valer'evna

Assistant (postgraduate student),
sub-department of human physiology,
Medical Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Коробовцева Татьяна Николаевна

биолог, Медцентр-УЗИ
(Россия, г. Пенза, ул. Свердлова, 11)

E-mail: uzi-c@mail.ru

Korobovtseva Tat'yana Nikolaevna

Biologist, Medical center of ultrasound
(11 Sverdlova street, Penza, Russia)

Микуляк Надежда Ивановна

доктор медицинских наук, доцент,
заведующий кафедрой физиологии
человека, Медицинский институт,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: normphys@mail.ru

Mikulyak Nadezhda Ivanovna

Doctor of medical sciences, associate
professor, head of the sub-department
of human physiology, Medical Institute,
Penza State University (40 Krasnaya
street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Роль условно-патогенной микрофлоры в механизмах развития женского и мужского бесплодия / Л. В. Курашвили, Г. В. Тяжелкова, М. В. Долгушева, Т. Н. Коробовцева, Н. И. Микуляк // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 133–143. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-12.

ИЗУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ЭФФЕКТА ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИМПЛАНТИРУЕМЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНА И ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ КРЫС НА РАЗНЫХ СРОКАХ ПОСЛЕ ИМПЛАНТАЦИИ¹

Аннотация.

Актуальность и цели. Несмотря на ежегодный рост числа операций с использованием изделий из титановых сплавов, проблема развития перипротезных инфекционных осложнений остается нерешенной. Перспективным направлением в травматологии и ортопедии является создание имплантатов, препятствующих образованию биопленки на поверхности медицинского изделия. Было предложено наносить на поверхность имплантата антибактериальное покрытие, включающее ванкомицин в качестве активного компонента и полимер полилактид-ко-гликолид в качестве носителя. Цель исследования – изучение антибактериального эффекта покрытия титановых блоков *in vitro* и анализ динамики изменения уровня основных гематологических и биохимических показателей на разных сроках после имплантации крысам.

Материалы и методы. В эксперименте *in vitro* диско-диффузионный метод использовали для оценки антибактериального эффекта покрытия на культурах *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*. В эксперименте *in vivo* имплантировали подкожно образцы с антибактериальным покрытием, в динамике изучали изменение гематологических и биохимических показателей крови крыс. Статистическую обработку данных проводили с помощью метода Тьюки, критерия Шапиро – Уилка, критерия Краскела – Уоллиса, U-критерия Манна Уитни.

Результаты. В экспериментах *in vitro* было подтверждено наличие антибактериального эффекта покрытия титановых блоков, содержащего ванкомицин, на культурах *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*. Результаты экспериментов *in vivo* свидетельствуют о том, что гематологические и биохимические параметры крови крыс до операции, через 2 и 4 недели после имплантации титановых блоков находятся в пределах физиологической нормы. Статистически значимые отличия между значениями контрольной и опытной групп не выявлены. Установленные сдвиги значений отражают ответную реакцию организма на наркоз и оперативное вмешательство.

Выводы. Антибактериальное покрытие для имплантируемых медицинских изделий из титана, содержащее ванкомицин и полилактид-ко-гликолид (50:50), обладает антибактериальным эффектом по отношению к культурам

¹ Данное исследование проведено при финансовой поддержке конкурса «Ректорские гранты», договор № 4/РГ от 08.04.2020.

© Иванова В. Э., Андреева Е. С., Кручинина А. Д., Гамзин С. С., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Staphylococcus aureus, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*. Результаты исследования гематологических и биохимических параметров контрольной и опытной групп свидетельствуют об отсутствии токсического влияния антибактериального покрытия титановых блоков на организм.

Ключевые слова: имплантируемые медицинские изделия, титановые сплавы, перипротезная инфекция, антибактериальное покрытие.

V. E. Ivanova, E. S. Andreeva, A. D. Kruchinina, S. S. Gamzin

THE STUDY OF ANTIBACTERIAL COATING EFFECT FOR IMPLANTABLE MEDICAL DEVICES MADE OF TITANIUM AND CHANGES IN HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF RAT BLOOD AT DIFFERENT PERIODS AFTER IMPLANTATION

Abstract.

Background. Despite the annual increase in the number of operations using titanium alloy products, the problem of developing periprosthetic infectious complications remains unresolved. The promising direction in traumatology and orthopedics is the creation of implants that prevent the formation of biofilm on the surface of the medical device. It was proposed to apply an antibacterial coating to the implant surface, including vancomycin as the active component and the polymer polylactide-co-glycolide as the carrier. The aim of the research was to study the antibacterial effect of the coating titanium blocks in vitro and analyze the dynamics of changes in the level of basic hematological and biochemical parameters at different periods after implantation in rats.

Materials and methods. The disc-diffusion test was used to evaluate the antibacterial effect of the coating on *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Enterococcus faecalis* cultures. Samples with the antibacterial coating were implanted subcutaneously, and changes in the hematological and biochemical parameters of rat blood were studied in dynamics. Statistical data processing was performed using Tukey's test, the Shapiro–Wilk test, the Kruskal-Wallis test, and the Mann-Whitney U-test.

Results. In vitro experiments confirmed the presence of an antibacterial effect of the titanium blocks vancomycin-containing coating on cultures of *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Enterococcus faecalis*. The results in vivo experiments indicate that the hematological and biochemical parameters of rat blood before surgery, 2 and 4 weeks after implantation of titanium blocks are within the physiological norm. There were no statistically significant differences between the values of the control and experimental groups. The established value shifts reflect the body's response to anesthesia and surgery.

Conclusions. Antibacterial coating for implantable medical devices made of titanium, which contain vancomycin, and polylactide-co-glycolide (50:50) has an antibacterial effect against *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, and *Enterococcus faecalis* cultures. The results of the study of hematological and biochemical parameters of the control and experimental groups indicate that there is no toxic effect of the antibacterial coating of titanium blocks on the body.

Keywords: implantable medical devices, titanium alloys, periprosthetic infection, antibacterial coating.

Введение

Сплавы на основе титана являются широко используемыми в медицинской практике материалами. Они обладают высокой прочностью, пластичностью, коррозионной стойкостью в условиях внутренней среды организма. Биологическая совместимость и гипоаллергенность данных материалов обусловлена формированием на поверхности стабильной инертной оксидной пленки, препятствующей развитию патологических процессов на границе изделия и тканей организма [1]. Сплавы на основе титана применяются для изготовления хирургических инструментов и имплантируемых медицинских изделий: нитей, сеток, крепежей, зубных протезов, протезов суставов и т.д.

Несмотря на ежегодный рост числа операций с использованием изделий из титановых сплавов, остается нерешенной проблема развития перипротезных инфекционных осложнений. Перипротезные инфекции относятся к частным случаям инфекций области хирургического вмешательства (ИОХВ), развивающимся в течение года с момента имплантации медицинского изделия, и сопровождаются развитием локального и системного воспалительного процесса [2].

Согласно литературным данным частота развития перипротезных инфекционных осложнений в ортопедии при эндопротезировании крупных суставов составляет от 0,5 до 3,0 % после первичного протезирования и от 3 до 6 % после ревизионного [2]. При этом осложнение может возникать в ранний послеоперационный период или быть отсроченным. Наиболее частыми возбудителями осложнений в порядке убывания являются коагулазно-негативный *Staphylococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Staphylococcus Epidermidis* [2].

Предполагается, что взаимодействие поверхности изделия, бактериальных клеток и прилежащих к имплантату тканей обусловлено свойствами поверхностей (в первую очередь химическими и электромагнитными) и раздражением рецепторов клеток. Материалы, применяемые в хирургии, обладают различной восприимчивостью к бактериальной колонизации. Оценка адгезии *Staphylococcus* на поверхности различных материалов *in vitro* показала высокую степень бактериальной колонизации костного цемента для коагулазно-негативного *Staphylococcus*, металлов и композитных полимеров для *Staphylococcus aureus*. Шершавость поверхности усиливала адгезию обоих микроорганизмов [3].

Хирургическое вмешательство ассоциировано с бактериальной контаминацией. После адгезии на поверхности имплантата вокруг микроорганизма формируется гидратированная биопленка из белковых и углеводных компонентов, при этом бактерия становится резистентной к действию антибактериальных препаратов [4]. Со стороны организма реципиента появляется иммунная реакция на чужеродный материал, вокруг имплантата развивается иммуноинкомпетентная фиброинфламмационная зона, и имеющиеся повреждения тканей приводят к повышенной восприимчивости к инфекции [4].

С учетом вышесказанного перспективным направлением в травматологии и ортопедии является создание имплантатов, препятствующих образованию биопленки на поверхности изделия. Нанесение антибактериального препарата на имплантат является методом адресной доставки действующего вещества в область предполагаемой инфекции. Наиболее эффективным анти-

биотиком по показателю минимальной бактерицидной концентрации является ципрофлоксацин, за ним в порядке убывания эффективности следуют цефамандол, ванкомицин, цефотаксим, гентамицин и эритромицин [3]. Применение полимера в качестве носителя для действующего вещества позволяет обеспечить его задержку на поверхности изделия и длительное постепенное высвобождение в окружающие ткани. Процесс высвобождения антибиотика из покрытия достаточно сложен, происходит за счет диффузии препарата из матрицы, а также вследствие постепенного разрушения полимерного покрытия в организме [5]. Вид антибиотика, его концентрация, тип матрицы-носителя напрямую влияют на скорость деградации покрытия.

Поскольку идея нанесения препарата с антибактериальной активностью в составе покрытия на поверхность изделия, контактирующего с тканями и физиологическими жидкостями реципиента, предполагает его длительное высвобождение в организм, необходимым является исследование местной и системной токсичности подобных покрытий. Если говорить про изделия для ортопедии, наиболее актуальным является изучение влияния низких доз антибактериальных препаратов на остеобласты и остециты. Согласно исследованиям *in vitro* снижение активности щелочной фосфатазы (маркера активности остеобластов) наблюдалось в средах, содержащих более 100 мкг/мл гентамицина, разрушение ДНК при более 700 мкг/мл гентамицина. При концентрации тобрамицина 400 мкг/мл отмечено снижение репликации, при 10000 мкг/мл – гибель клеток. Установлено, что ванкомицин в концентрации менее 1000 мкг/мл не влияет или влияет незначительно на репликацию и вызывает гибель клеток при 10000 мкг/мл. Цефазолин в концентрации 100 мкг/мл не влияет на репликацию, 200 мкг/мл – снижает репликацию, 10000 мкг/мл – вызывает гибель клеток [3]. Таким образом, согласно результатам исследований *in vitro* ванкомицин является менее токсичным по отношению остеобластам в сравнении с цефазолином и аминогликозидами.

Цель исследования: изучить антибактериальный эффект покрытия титановых блоков *in vitro* и проанализировать динамику изменения уровня основных гематологических и биохимических показателей на разных сроках после имплантации крысам.

1. Материалы и методы исследования

Для удобства изучения свойств антибактериального покрытия для имплантируемых медицинских изделий из титана были изготовлены титановые блоки диаметром 6 мм и высотой 1 мм. Нанесение антибактериального покрытия проводилось путем ультразвукового напыления раствора, содержащего ванкомицин и биоразлагаемый полимер полилактид-ко-гликолид с соотношением сополимеров 50:50, на поверхность блока с последующей сушкой и аэрацией при комнатной температуре в течение 48 ч и стерилизацией окисью этилена. Итоговое содержание антибактериального препарата на титановом блоке составило 30 ± 5 мкг на 1 мм^2 поверхности.

Оценка антибактериального эффекта покрытия для имплантируемых медицинских изделий из титана по отношению к грамположительным микроорганизмам *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis* проводилась по стандартной методике диско-диффузионным методом [6]. Выбор штаммов обусловлен частотой их встречаемости в качестве возбу-

дителей перипротезных инфекционных осложнений. О наличии антибактериального эффекта судили по диаметру зоны ингибиции роста ≥ 15 мм [6].

В эксперименте *in vitro* релиз ванкомицина в модельный раствор, имитирующий биологическую жидкость, осуществлялся в течение трех недель. В связи с этим срок четыре недели был выбран для оценки токсических эффектов на организм реципиента в эксперименте *in vivo*. Исследование проводилось на 20 особях белых беспородных крысах массой 250–300 г в возрасте 12 недель. Перед операцией животные прошли карантин и акклиматизацию в условиях вивария в течение 14 дней. Содержание животных и условия проведения экспериментов *in vivo* соответствовали ГОСТ Р ИСО 10993-2 «Требования к обращению с животными» [7]. Для исследования были сформированы две группы: опытная и контрольная (10 особей в каждой группе: 5 самцов и 5 самок). Оперативное вмешательство проводилось в стерильных условиях по стандартной методике [8]. Во время операции животных наркотизировали растворами тилетамина гидрохлорида, золазепам гидрохлорида (6 мг/кг, золетил 100, Virbac Sante Animale, Франция) и ксилазина гидрохлорида (10 мг/кг, рометар, Bioveta, Чешская республика). Контрольной группе в сформированные карманы подкожно имплантировали блоки без антибактериального покрытия, опытной группе – блоки с покрытием. Исследование гематологических и биохимических показателей проводили с целью оценки системного токсического эффекта антибактериального покрытия. Забор крови для исследования осуществляли в пробирки с антикоагулянтом ЭДТА до проведения операции, через 2 и 4 недели после имплантации путем пункции хвостовой вены. Гематологическое исследование проводили с использованием анализатора BC-2800 Vet Auto Hematology Analyzer (Mindray, Китай). Плазму получали центрифугированием крови в течение 15 мин при 3000 об/мин в медицинской лабораторной центрифуге ОПН-8 («Аналит-Нева», Россия). Для оценки функционального состояния печени и почек определяли следующие показатели, рекомендованные к анализу ГОСТ Р ИСО 10993-11: альбумин; билирубин; активность аминотрансфераз (АСТ и АЛТ), щелочной фосфатазы (ЩФ); креатинин, мочевины [9] с помощью клинических наборов («Ольвекс Диагностикум», Россия) фотометрическим методом на КФК-3 (Загорский оптико-механический завод, Россия). Статистическую обработку полученных данных проводили в программе Statistica.10 с применением метода Тьюки для оценки статистических выбросов, критерия Шапиро – Уилка для определения вида распределения, критерия Краскела – Уоллиса для сравнения различных групп и *U*-критерия Манна Уитни для последующего апостериорного сравнения. Уровень статистической значимости $p < 0,05$.

2. Результаты и их обсуждение

Исследование свойств покрытия титановых блоков диско-диффузионным методом подтвердило наличие антибактериального эффекта. Были получены следующие диаметры зон задержки роста: 30, 32 и 26 мм для *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis* соответственно.

Ванкомицин является представителем группы гликопептидов, бактерицидное действие оказывает за счет ингибирования биосинтеза клеточной стенки. Недостатком его системного применения является ограничение проникновения в ткани и биологические жидкости. Препарат выводится из организма в неизменном виде преимущественно почками [10]. Местное приме-

нение обеспечивает повышение его концентрации в зоне предполагаемого инфекционного осложнения, снижает риск развития резистентности микроорганизмов. Однако существует риск развития токсического влияния на кровь, печень и почки [10]. Для определения степени возможного токсического влияния местного применения ванкомицина в качестве действующего вещества антибактериального покрытия имплантируемых медицинских изделий из титана провели ретроспективный анализ динамики уровня основных гематологических показателей, для оценки функции печени – альбумина, билирубина, активности аминотрансфераз (АСТ и АЛТ), щелочной фосфатазы; для оценки функции почек – креатинина, мочевины.

В ходе исследования были изучены гематологические показатели крыс до имплантации и через 2, 4 недели после имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием (табл. 1).

Таблица 1

Гематологические показатели белых беспородных крыс до и после подкожной имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием ($M \pm m$)

Показатель	До имплантации	Срок после имплантации			
		2 недели (контрольная группа)	2 недели (опытная группа)	4 недели (контрольная группа)	4 недели (опытная группа)
Гемоглобин, г/л	118 ± 4	122 ± 3,7	117 ± 2,4	125 ± 3,1	118 ± 4,8
Гематокрит, %	40 ± 2	41 ± 2	40 ± 3	40 ± 2	40 ± 3
Протромбиновое время, с	22 ± 1	21 ± 2	20 ± 2	20 ± 1	21 ± 2
Активированное частичное тромбoplastиновое время, с	19 ± 1	20 ± 1	19 ± 1	19 ± 1	18 ± 1
Тромбоциты, × 10 ⁹ /л	562 ± 18	522 ± 17	541 ± 23	536 ± 15	528 ± 11
Эритроциты, × 10 ¹² /л	8,3 ± 0,4	8,2 ± 0,5	8,4 ± 0,3	8,1 ± 0,7	8,0 ± 0,4
Лейкоциты, × 10 ⁹ /л	7,1 ± 0,1	12,3 ± 0,8	13,4 ± 0,7	7,8 ± 0,6	7,5 ± 0,7
Лимфоциты, %	65 ± 0,5	53,3 ± 1,9	54,4 ± 2	65 ± 0,5	66 ± 0,7
Моноциты, %	6,5 ± 0,3	4,1 ± 0,4	4,0 ± 0,2	4,6 ± 0,4	4,8 ± 0,3
Базофилы, %	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1
Эозинофилы, %	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,3	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,3
Нейтрофилы, %	25,8 ± 0,4	39,8 ± 0,9	38,7 ± 1,2	25 ± 0,7	27 ± 0,4

В ходе исследования статистически значимые отличия между значениями гематологических показателей самцов и самок не выявлены. Гематологические параметры до имплантации, через 2 и 4 недели после имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием находятся в пределах физиологической нормы [11]. Результаты исследования, представленные в табл. 1, свидетельствуют об отсутствии достоверных различий между опытной и контрольной группами через 2 и 4 недели после имплантации образцов.

В ходе исследования были выявлены некоторые сдвиги значений гематологических показателей на разных сроках после оперативного вмешательства (рис. 1). Через 2 недели после имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием отмечено повышение уровня лейкоцитов на 80 %, уровня нейтрофилов на 56 % и снижение уровня лимфоцитов на 18 % по сравнению со значениями до операции. Через 4 недели значения показателей возвращались к первоначальным. Колебания уровней тромбоцитов, эритроцитов, эозинофилов, базофилов и моноцитов были незначительными.

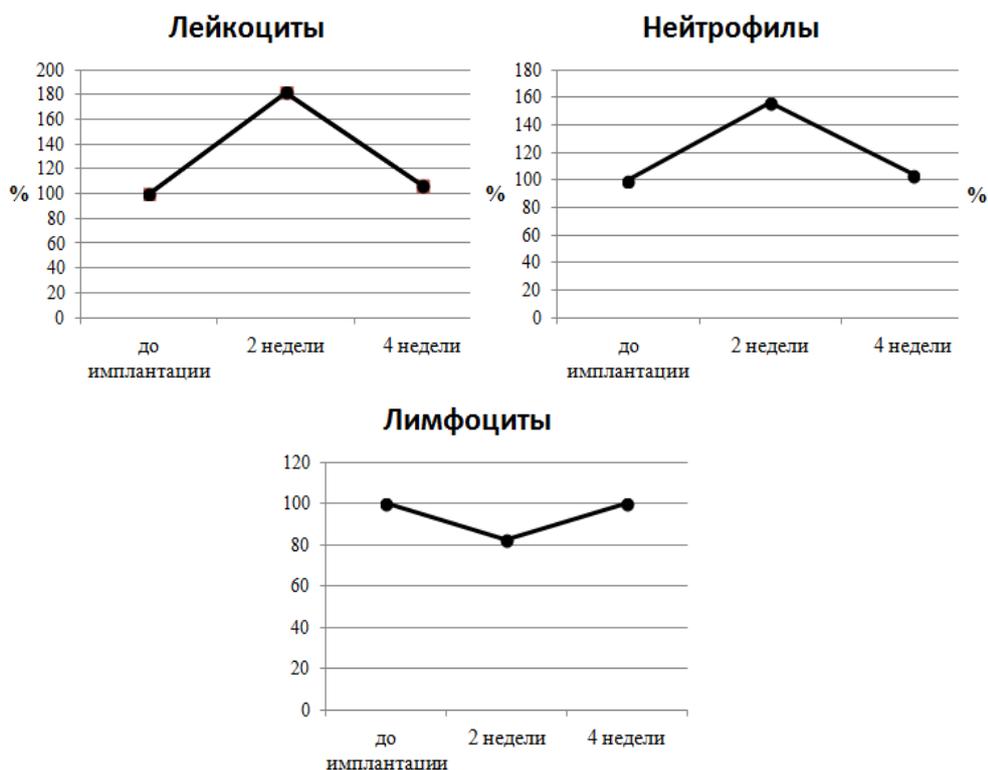


Рис. 1. Динамика изменения гематологических показателей после подкожной имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием крысам

Умеренный лейкоцитоз за счет увеличения количества нейтрофилов говорит о реакции нейтрофильного звена фагоцитоза и развитии воспалительного ответа после имплантации образцов. Снижение уровня лимфоцитов также может быть признаком воспалительного процесса в организме. Возвращение уровней лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов к дооперационным значениям к четвертой неделе после операции свидетельствует о снижении интенсивности воспалительной реакции и может говорить о завершении регенеративных процессов после оперативного вмешательства.

В ходе исследования были изучены биохимические показатели крови крыс до имплантации и через 2, 4 недели после имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели крови белых беспородных крыс до и после подкожной имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием ($M \pm m$)

Показатель	До имплантации	Срок после имплантации			
		2 недели (контрольная группа)	2 недели (опытная группа)	4 недели (контрольная группа)	4 недели (опытная группа)
Альбумин, г/л	31 ± 2,3	30 ± 2,8	32 ± 3,5	33 ± 2,6	31 ± 1,3
Билирубин, мкмоль/л	1,2 ± 0,04	1,17 ± 0,05	1,23 ± 0,04	1,22 ± 0,03	1,34 ± 0,07
АСТ, Ед/л	98 ± 6,1	101 ± 7,2	105 ± 6,4	102 ± 6,7	98 ± 5,9
АЛТ, Ед/л	47,4 ± 5,3	75 ± 7,3	78 ± 6,7	48,9 ± 4,6	47,4 ± 5,8
ЩФ, Ед/л	111,7 ± 11,1	122 ± 12,1	124 ± 14,5	114 ± 10,9	117 ± 11,2
Креатинин, мкмоль/л	46 ± 3,4	50 ± 4,9	52 ± 3,8	48 ± 5,2	45 ± 4,1
Мочевина, ммоль/л	5,3 ± 0,7	4,9 ± 0,9	5,1 ± 0,6	5,4 ± 0,4	5,3 ± 0,5

В ходе исследования статистически значимые отличия между значениями биохимических показателей крови самцов и самок не выявлены. Биохимические параметры крови крыс до имплантации, через 2 и 4 недели после имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием находятся в пределах физиологической нормы [12]. Результаты исследования, представленные в табл. 2, свидетельствуют об отсутствии достоверных различий между опытной и контрольной группами через 2 и 4 недели после имплантации образцов.

В ходе исследования были выявлены изменения активности аланинаминотрансферазы на разных сроках после оперативного вмешательства (рис. 2).

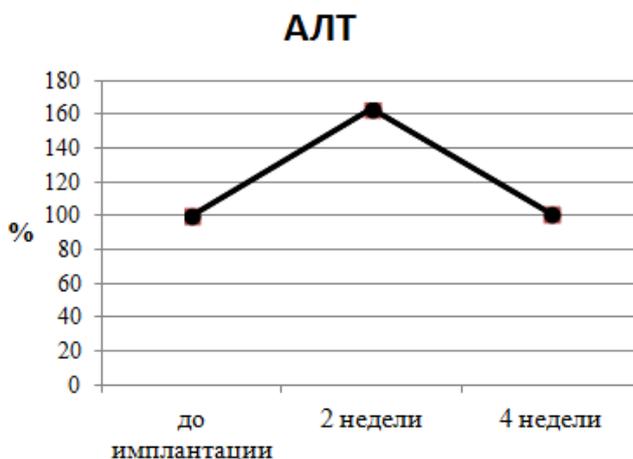


Рис. 2. Динамика изменения активности аланинаминотрансферазы после подкожной имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием крысам

Так, через 2 недели после операции было отмечено умеренное повышение активности АЛТ на 62 % по сравнению с результатами до имплан-

тации, а через 4 недели значение показателя возвращается к дооперационному уровню. Достоверные отличия в концентрациях альбумина, билирубина, креатинина, мочевины, активностях аспартатминотрансферазы и щелочной фосфатазы не установлены.

Таким образом, изменения гематологических и биохимических показателей после имплантации титановых блоков с антибактериальным покрытием носят адаптационный характер в рамках ответной реакции организма на оперативное вмешательство.

Заключение

Антибактериальное покрытие для имплантируемых медицинских изделий из титана, содержащее ванкомицин и полилактид-ко-гликолид (50:50), обладает антибактериальным эффектом по отношению к культурам *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*.

Умеренный лейкоцитоз за счет увеличения количества нейтрофилов, снижение уровня лимфоцитов через 2 недели после имплантации и возвращение уровней лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов к дооперационным значениям к четвертой неделе свидетельствуют о развитии воспалительной реакции в ранний послеоперационный период и завершении восстановительных процессов через месяц после операции.

На всех этапах эксперимента значения гематологических и биохимических параметров находятся в пределах физиологической нормы. Изменение некоторых показателей через 2 недели после имплантации является следствием оперативного вмешательства.

Установлено отсутствие достоверных различий между значениями контрольной и опытной групп. Изменения уровней альбумина, билирубина, креатинина, мочевины, активность аспартатминотрансферазы, аланинаминотрансферазы и щелочной фосфатазы до имплантации и через 4 недели после не выявлена, что свидетельствует об отсутствии токсического влияния антибактериального покрытия на организм животных.

Библиографический список

1. **Усольцев, И. В.** Использование металлов в травматологии и ортопедии: история вопроса / И. В. Усольцев, С. Н. Леонова, С. Б. Никифоров, Б. Г. Пушкарев // Сибирский медицинский журнал. – 2013. – № 4. – С. 18–21.
2. **Павлов, В. В.** Современные аспекты диагностики и хирургического лечения пациентов с перипротезной инфекцией тазобедренного сустава (обзор литературы) / В. В. Павлов, М. А. Садовой, В. М. Прохоренко // Травматология и ортопедия России. – 2015. – № 1 (75). – С. 116–128.
3. Локальная антибиотикопрофилактика при эндопротезировании крупных суставов (литературный обзор) / Ю. Л. Шевченко, Ю. М. Стойко, А. А. Грицок, П. Д. Кузьмин, И. А. Папаценко, А. П. Середа // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н. И. Пирогова. – 2010. – Т. 5, № 3. – С. 43–56.
4. Имплантат-ассоциированные инфекции, связанные с проблемой биопленкообразования / Л. С. Бузолева, А. В. Пузь, С. Л. Синебрюхов, С. В. Гнеденков, А. В. Ким, А. И. Еськова, А. Л. Пономарева // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. – С. 333.
5. **Любченко, О. Д.** Кинетика деградации антипролиферативного полимерного покрытия стентов в условиях *in vitro* / О. Д. Любченко, А. Д. Кручинина, А. Н. Шатров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2015. – № 2 (10). – С. 55–61.

6. МУК 4.2.1890–04. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам : метод. указания. – Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 91 с.
7. ГОСТ Р ИСО 10993-2–2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 2. Требования к обращению с животными. – Москва : Стандартиформ, 2011. – 12 с.
8. ГОСТ Р ИСО 10993-6–2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 6. Исследование местного действия после имплантации. – Москва : Стандартиформ, 2011. – 30 с.
9. ГОСТ Р ИСО 10993-11–2011. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 11. Исследования общетоксического действия. – Москва : Стандартиформ, 2011. – 41 с.
10. **Шихвердиев, Н. Н.** Влияние местного применения ванкомицина на функцию органов после операций на сердце / Н. Н. Шихвердиев, Г. Г. Хубулава, С. П. Марченко, В. В. Суворов // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2015. – Т. 19, № 4. – С. 34–37.
11. Справочник. Физиологические, биохимические и биометрические показатели нормы экспериментальных животных / В. Г. Макаров, М. Н. Макарова. – Санкт-Петербург : ЛЕМА, 2013. – 116 с.
12. **Войтенко, Н. Г.** Вариабельность биохимических показателей крови и установление референсных интервалов в доклинических исследованиях. Сообщение 1: крысы / Н. Г. Войтенко, М. Н. Макарова, А. А. Зуева // Лабораторные животные для научных исследований. – 2020. – № 1. – С. 47–53.

References

1. Usoltsev I. V., Leonova S. N., Nikiforov S. B., Pushkarev B. G. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal* [Siberian medical journal]. 2013, no. 4, pp. 18–21. [In Russian]
2. Pavlov V. V., Sadovoy M. A., Prokhorenko V. M. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and orthopedics in Russia]. 2015, no. 1 (75), pp. 116–128. [In Russian]
3. Shevchenko Yu. L., Stoyko Yu. M., Gritsyuk A. A., Kuz'min P. D., Papatsenko I. A., Sereda A. P. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N. I. Pirogova* [Bulletin of National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov]. 2010, vol. 5, no. 3, pp. 43–56. [In Russian]
4. Buzoleva L. S., Puz' A. V., Sinebryukhov S. L., Gnedenkov S. V., Kim A. V., Es'kova A. I., Ponomareva A. L. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern issues of science and education]. 2016, no. 5, p. 333. [In Russian]
5. Lyubchenko O. D., Kruchinina A. D., Shatrov A. N. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennyye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2015, no. 2 (10), pp. 55–61. [In Russian]
6. МУК 4.2.1890–04. *Opreделение chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam: metod. ukazaniya* [Determination of the microorganisms' sensitivity to antibacterial drugs: guidance]. Moscow: Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004, 91 p. [In Russian]
7. GOST R ISO 10993-2–2011. *Izdeliya meditsinskie. Otsenka biologicheskogo deystviya meditsinskikh izdeliy. Chast' 2. Trebovaniya k obrashcheniyu s zhiivotnymi* [Medical devices. Assessment of the biological effect of medical devices. Part 2. Requirements for handling animals]. Moscow: Standartinform, 2011, 12 p. [In Russian]
8. GOST R ISO 10993-6–2011. *Izdeliya meditsinskie. Otsenka biologicheskogo deystviya meditsinskikh izdeliy. Chast' 6. Issledovanie mestnogo deystviya posle implantatsii* [Medical devices. Assessment of the biological effect of medical devices. Part 6. The study of local action after implantation]. Moscow: Standartinform, 2011, 30 p. [In Russian]
9. GOST R ISO 10993-11–2011. *Izdeliya meditsinskie. Otsenka biologicheskogo deystviya meditsinskikh izdeliy. Chast' 11. Issledovaniya obshchetoksicheskogo deystviya*

- [Medical devices. Assessment of the biological effect of medical devices. Part 11. General toxicity studies]. Moscow: Standartinform, 2011, 41 p. [In Russian]
10. Shikhverdiev N. N., Khubulava G. G., Marchenko S. P., Suvorov V. V. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya* [Circulatory pathology and cardiac surgery]. 2015, vol. 19, no. 4, pp. 34–37. [In Russian]
11. Makarov V. G., Makarova M. N. *Spravochnik. Fiziologicheskie, biokhimicheskie i biometricheskie pokazateli normy eksperimental'nykh zivotnykh* [Reference book. Physiological, biochemical and biometric indicators of the norm of experimental animals]. Saint-Petersburg: LEMA, 2013, 116 p. [In Russian]
12. Voytenko N. G., Makarova M. N., Zueva A. A. *Laboratornye zivotnye dlya nauchnykh issledovaniy* [Laboratory animals for scientific research]. 2020, no. 1, pp. 47–53. [In Russian]
-

Иванова Валерия Эдуардовна

студентка, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: ivanovavaleria102@gmail.com

Ivanova Valeriya Eduardovna

Student, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Андреева Елена Сергеевна

студентка, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: andreevalena58@gmail.com

Andreeva Elena Sergeevna

Student, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Кручинина Анастасия Дмитриевна

кандидат биологических наук, доцент, кафедра общей биологии и биохимии, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: a.d.kruchinina@mail.ru

Kruchinina Anastasiya Dmitrievna

Candidate of biological sciences, associate professor, sub-department of general biology and biochemistry, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Гамзин Сергей Сергеевич

кандидат биологических наук, доцент, кафедра общей биологии и биохимии, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: s.s.gamzin@yandex.ru

Gamzin Sergey Sergeevich

Candidate of biological sciences, associate professor, sub-department of general biology and biochemistry, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Иванова, В. Э. Изучение антибактериального эффекта покрытия для имплантируемых медицинских изделий из титана и изменения гематологических и биохимических показателей крови крыс на разных сроках после имплантации / В. Э. Иванова, Е. С. Андреева, А. Д. Кручинина, С. С. Гамзин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2020. – № 4 (56). – С. 144–154. – DOI 10.21685/2072-3032-2020-4-13.

Вниманию авторов!

Редакция журнала «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки» приглашает специалистов опубликовать на его страницах оригинальные статьи, содержащие новые научные результаты в области теоретической и экспериментальной медицины, клинической медицины, общих вопросов здравоохранения, организации здравоохранения, а также обзорные статьи по тематике журнала.

Статьи, ранее опубликованные, а также принятые к опубликованию в других журналах, редколлегией не рассматриваются.

Редакция принимает к рассмотрению статьи, подготовленные с использованием текстового редактора Microsoft Word for Windows (тип файла – RTF, DOC).

Необходимо представить статью в электронном виде (VolgaVuz@mail.ru) и дополнительно на бумажном носителе в двух экземплярах. Оптимальный объем рукописи 10–14 страниц формата А4. Основной шрифт статьи – Times New Roman, 14 pt через полуторный интервал. Статья **обязательно** должна содержать индекс УДК, ключевые слова и развернутую аннотацию объемом от 100 до 250 слов, имеющую четкую структуру **на русском** (Актуальность и цели. Материал и методы. Результаты. Выводы) **и английском языках** (Background. Materials and methods. Results. Conclusions).

Обращаем внимание авторов на то, что в соответствии с этическим кодексом журнала для обеспечения единообразия перевод фамилии, имени, отчества каждого автора на английский язык (в сведениях об авторах и списке литературы) осуществляется автоматически с использованием программы транслитерации в кодировке BGN (сайт translit.ru).

Рисунки и таблицы должны быть размещены в тексте статьи и представлены в виде отдельных файлов (растровые рисунки в формате TIFF, BMP с разрешением 300 dpi, векторные рисунки в формате Corel Draw с минимальной толщиной линии 0,75 pt). Рисунки должны сопровождаться подрисуночными подписями.

Формулы в тексте статьи **обязательно** должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Word Equation (версия 3.0) или MathType. Символы греческого и русского алфавита должны быть набраны прямо, нежирно; латинского – курсивом, нежирно; обозначения векторов и матриц прямо, жирно; цифры – прямо, нежирно. Наименования химических элементов набираются прямо, нежирно. Эти же требования **необходимо** соблюдать и в рисунках. Допускается вставка в текст специальных символов (с использованием шрифтов Symbol).

В списке литературы **нумерация источников** должна соответствовать **очередности ссылок** на них в тексте ([1], [2], ...). Номер источника указывается в квадратных скобках. **Требования к оформлению списка литературы** на русские и иностранные источники: **для книг** – фамилия и инициалы автора, название, город, издательство, год издания, том, количество страниц; **для журнальных статей, сборников трудов** – фамилия и инициалы автора, название статьи, полное название журнала или сборника, серия, год, том, номер, страницы; **для материалов конференций** – фамилия и инициалы автора, название статьи, название конференции, город, издательство, год, страницы.

К материалам статьи **должна** прилагаться следующая информация: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность, место и юридический адрес работы (на русском и английском языках), e-mail, контактные телефоны (желательно сотовые).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается. Рукопись, полученная редакцией, не возвращается. Редакция оставляет за собой право проводить редакционную и допечатную правку текстов статей, не изменяющую их основного смысла, без согласования с автором.

Статьи, оформленные без соблюдения приведенных выше требований, к рассмотрению не принимаются.

Уважаемые читатели!

Для гарантированного и своевременного получения журнала «**Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки**» рекомендуем вам оформить подписку.

Журнал выходит 4 раза в год по научным специальностям:

- 14.01.04 Внутренние болезни
- 14.01.15 Травматология и ортопедия
- 14.01.17 Хирургия
- 14.03.01 Анатомия человека
- 14.03.02 Патологическая анатомия
- 14.03.03 Патологическая физиология

Стоимость одного номера журнала – 500 руб. 00 коп.

Для оформления подписки через редакцию необходимо заполнить и отправить заявку в редакцию журнала: факс/тел. (841-2) 64-32-89. E-mail: VolgaVuz@mail.ru

Подписку можно также оформить по объединенному каталогу «Пресса России» тематические разделы «Здоровье. Медицина», «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия ВУЗов». Подписной индекс – 36965.

ЗАЯВКА

Прошу оформить подписку на журнал «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки» на 20__ г.

№ 1 – _____ шт., № 2 – _____ шт., № 3 – _____ шт., № 4 – _____ шт.

Наименование организации (полное) _____

ИНН _____ КПП _____

Почтовый индекс _____

Республика, край, область _____

Город (населенный пункт) _____

Улица _____ Дом _____

Корпус _____ Офис _____

ФИО ответственного _____

Должность _____

Тел. _____ Факс _____ E-mail _____

Руководитель предприятия _____

(подпись)

(ФИО)

Дата « ____ » _____ 20__ г.