



ISSN 0869-8678 (Print)
ISSN 2658-6738 (Online)

Вестник

травматологии и ортопедии
им. Н.Н. Приорова

2020 том 27 № 4



2020 Volume 27 Issue 4

N.N. Priorov Journal
of Traumatology and Orthopedics



НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ им. Н.Н. ПРИОРОВА



В Е С Т Н И К травматологии и ортопедии

ИМЕНИ Н.Н. ПРИОРОВА

Ежеквартальный научно-практический журнал

4
октябрь—декабрь
2020

N.N. PRIOROV

J O U R N A L of Traumatology and Orthopedics

Quarterly Scientific-Practical Journal

4
October—December
2020

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Сергей Павлович Миронов — акад. РАН, д-р мед. наук, проф.,
президент ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский
центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова»
Минздрава России, Москва, Россия

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Николай Александрович Ескин — д-р мед. наук, проф., зам. директора по научной работе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Михаил Борисович Цыкунов — д-р мед. наук, проф., заведующий отделением реабилитации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Баиндурашвили А.Г. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Бухтин К.М. — канд. мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Волошин В.П. — д-р мед. наук, проф., ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва, Россия

Голубев И.О. — д-р мед. наук, проф., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Гончаров Н.Г. — д-р мед. наук, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия

Губин А.В. — д-р мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Дубров В.Э. — д-р мед. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Загородний Н.В. — член-корр. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Иванов П.А. — д-р мед. наук, проф., ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

Карданов А.А. — д-р мед. наук, проф., ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

Ключевский В.В. — д-р мед. наук, проф., ГБОУ ВПО «Ярославская государственная медицинская академия» Минздрава России, Ярославль, Россия

Кожевников О.В. — д-р мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Котельников Г.П. — акад. РАН, д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет», Минздрава России, Самара, Россия

Крупаткин А.И. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Меркулов В.Н. — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Михайлова Л.К. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Морозов А.К. — д-р мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Мурылев В.Ю. — д-р мед. наук, проф. ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Россия

Очуренко А.А. — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Родионова С.С. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Снетков А.И. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Солод Э.И. — д-р мед. наук, проф., ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Россия

Тихилов Р.М. — д-р мед. наук, проф., ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Цискарашвили А.В. — канд. мед. наук, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Шестерня Н.А. — д-р мед. наук, проф. ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

Kon E. — проф., Университет Humanitas, Милан, Италия

Roussouly P. — проф., Медико-хирургический центр, Лион, Франция

Winkler H. — проф., Центр остеита, Вена, Австрия

Ежеквартальный научно-практический рецензируемый журнал

Основан в 1994 г.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-76249 от 19.07.2019

Префикс DOI: 10.17816

Периодичность: ежеквартально

Тираж: 500 экз.

Адрес учредителя: 127299, г. Москва, ул. Приорова, д. 10

Тел.: +7 (495) 450-24-24

E-mail: journal@cito-priorov.ru.

Сайт: <https://www.cito-priorov.ru/>

Оригинал-макет изготовлен: ООО «Эко-Вектор Ай-Пи».

Адрес: 191186, Санкт-Петербург, Аптекарский пер., д. 3, литера А, пом. 1Н, тел. (812) 648-83-66, 648-83-60,

e-mail: info@eco-vector.com,

WEB: <https://journals.eco-vector.com/0869-8678>

Подписной индекс: 73064 — для индивидуальных подписчиков, 72153 — для организаций

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Журнал включен в базу данных Russian Science Citation Index (RSCI), международные базы данных журналов открытого доступа Directory of Open Access Journals и Google Scholar.

Материалы журнала распространяются под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Founder:

National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics N.N. Priorov

CHIEF EDITOR

Sergey P. Mironov — Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, Professor, Head of FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

DEPUTY EDITOR

Nikolay A. Es'kin — MD, Professor, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia

EXECUTIVE SECRETARY

Mikhail B. Tsykunov — MD, Professor, Head of the Department of rehabilitation, N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.

EDITORIAL STUFF

Baindurashvili A.G. — corresponding member of RAS, MD, Professor, FSBI «Research children's orthopedic Institute G.I. Turner» of the Ministry of Health, Saint-Petersburg, Russia.

Kirill M. Bukhtin — Cand. Med. Sci., N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopaedics, Moscow, Russia.

Voloshin V.P. — MD, Professor, SBI «Moscow Regional Research Clinical Institute M.F. Vladimirovsky», Moscow, Russia.

Golubev I.O. — MD, Professor, FSBI «RUDN University», Moscow, Russia.

Goncharov N.G. — MD, National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia.

Alexander V. Gubin — MD, Professor, «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Vadim E. Dubrov — MD, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Nikolay V. Zagorodny — corresponding member of RAS, Professor, MD, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Ivanov P.A. — MD, Professor, «Moscow City Research Institute of Ambulance named after N. V. Sklifosovsky» Department of Health, Moscow, Russia.

Kardanov A.A. — MD, Professor, FSBI «RUDN University», Moscow, Russia.

Vyacheslav V. Klyuchevskiy — MD, Professor, Yaroslavl State Medical Academy, Yaroslavl, Russia.

Kozhevnikov O.V. — MD, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Kotelnikov G.P. — corresponding member of RAS, MD, Professor, Samara State Medical University of Ministry of Health, Samara, Russia.

Krupatkin A.I. — MD, Professor, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Merkulov V.N. — MD, Professor, FSBE of HPE «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» of the Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia.

Mikhailova L.K. — MD, Professor, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Morozov A.K. — MD, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Murylev V.Y. — MD, Professor, FSAEI of HE «First Moscow State Medical University (MSMU, officially I.M. Sechenov First Moscow State Medical University)», Moscow, Russia.

Ochkurenko A.A. — MD, Professor, FSBE of HPE «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Rodionova S.S. — MD, Professor, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Snetkov A.I. — MD, Professor, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Solod E.I. — MD, Professor, FSBE of HPE «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Rashid M. Tikhilov — MD, Professor, Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia.

Tsiskarashvili A.V. — PhD in Medical Science, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Shesternya N.A. — MD, Professor, FSBI «N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics» of the Ministry of Health, Moscow, Russia.

Kon E. — Professor, University Of Humanitas, Milan, Italy.

Roussouly P. — Professor, Medical and Surgical Center, Lyon

Winkler H. — Professor, Osteitis Center, Vienna, Austria.

Quarterly scientific and practical peer-reviewed journal

Founded in 1994.

Certificate of registration of the mass media № 0110767 registered on 04.06.1993

Prefix DOI: 10.17816

Frequency: quarterly

Circulation: 500 copies.

Founder address: 127299, Moscow, Priorova str., 10

Phone: +7 (495) 450-24-24

E-mail: journal@cito-priorov.ru

Site: <https://www.cito-priorov.ru>

Printed: Eco-Vector LLC

Address: Aptekarskiy lane 3, A, office 1H, Saint Petersburg, Russian Federation, 191186.

Phone: +7(812)648-83-66, 648-83-60, e-mail: info@eco-vector.com,

WEB: <https://journals.eco-vector.com/0869-8678>

Subscription index: 73064 — for individual subscribers, 72153 — for organizations

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications of the HAC, in which should be published the main scientific results of dissertations for the degree of PhD in Medicine or MD. The journal is included in the Russian Science Citation Index (SCI) database, international databases of open access Journals Directory of Open Access Journals and Google Scholar.

The journal materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

- Колесов С.В., Переверзев В.С., Швец В.В., Казьмин А.И., Сажнев М.Л., Пантелеев А.А., Кругликов И.А.* Ступенчатый подход при хирургическом лечении стеноза позвоночного канала у пациентки с мукополисахаридозом VI типа (синдром Марото—Лами) 5
- Колесов С.В., Переверзев В.С., Швец В.В., Казьмин А.И., Сажнев М.Л., Пантелеев А.А., Кругликов И.А.* Step-up approach for surgical treatment of the spinal canal stenosis in a patient with mucopolysaccharidosis type VI (Maroto—Lami syndrome)
- Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутько А.В.* Несостоятельность винтовой фиксации после спондилодеза 360° на поясничном уровне 11
- Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутько А.В.* Screw fixation failure after 360° fusion at the lumbar level
- Симонова Е.Н., Александров Т.И., Прохоренко В.М.* Ранние и среднесрочные результаты тотального эндопротезирования трапецие-пястного сустава кисти 19
- Симонова Е.Н., Александров Т.И., Прохоренко В.М.* Early and medium-term results of total joint arthroplasty of first carpo-metacarpal joint
- Цискарашвили А.В., Меликова Р.Э., Жадин А.В., Кузьменков К.А.* Биомеханически обоснованный чрескостный остеосинтез в лечении переломов плечевой кости, осложненных хроническим остеомиелитом, и их последствий 28
- Цискарашвили А.В., Меликова Р.Э., Жадин А.В., Кузьменков К.А.* Biomechanical evidence-based transosseous osteosynthesis in treatment of humerus fractures complicated by chronic osteomyelitis and consequences
- Новиков А.В., Антонова В.А.* Невропатия малоберцового нерва как осложнение после тотального эндопротезирования коленного сустава: особенности реабилитации 41
- Новиков А.В., Антонова В.А.* Neuropathy of the peroneal nerve as a complication after total knee arthroplasty: characteristics of rehabilitation
- Шатохина С.Н., Зар В.В., Зар М.В., Шабалин В.Н.* Особенности структур неклоточных тканей организма человека при охронозе 46
- Шатохина С.Н., Зар В.В., Зар М.В., Шабалин В.Н.* Structural features of non-cellular tissues of the human body during ochronosis
- Цискарашвили А.В., Родионова С.С., Миронов С.П., Горбатько Д.С., Тараскин А.Ю.* Динамика метаболического состояния костной ткани при комплексном лечении хронического посттравматического остеомиелита длинных костей 53
- Цискарашвили А.В., Родионова С.С., Миронов С.П., Горбатько Д.С., Тараскин А.Ю.* Dynamics of bone tissue metabolism in the complex treatment of chronic posttraumatic osteomyelitis of long bones
- Голубев И.О., Матвеева Н.Ю., Максаров М.Л.* Дистальная межкостная мембрана предплечья: анатомия, биомеханика, диагностика 65
- Голубев И.О., Матвеева Н.Ю., Максаров М.Л.* Distal interosseous membrane of the forearm: anatomy, biomechanics, diagnostics

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

LITERATURE REVIEW

- Черняев С.Н., Неверов В.А.* Современные представления о лечении осложненных переломов костей предплечья (обзор литературы) 73
- Черняев С.Н., Неверов В.А.* Modern concepts of treatment of complicated diaphyseal forearm fractures (literature review)

НЕКРОЛОГ

OBITUARIES

Памяти Карины Суреновны Соловьевой

80 In memory of Karina S. Solov'eva



**СТУПЕНЧАТЫЙ ПОДХОД ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ
СТЕНОЗА ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА У ПАЦИЕНТКИ
С МУКОПОЛИСАХАРИДОЗОМ VI ТИПА (СИНДРОМ МАРОТО–ЛАМИ)**

*С.В. Колесов, В.С. Переверзев, В.В. Швеи, А.И. Казьмин,
М.Л. Сажнев, А.А. Пантелеев, И.А. Кругликов*

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Представлен клинический случай ступенчатого хирургического лечения стеноза позвоночного канала на уровне краниовертебрального и грудопоясничного отделов позвоночника у пациентки с мукополисахаридозом VI типа, который позволил добиться удовлетворительного результата, несмотря на наличие тяжелого метаболического заболевания.

Ключевые слова: мукополисахаридоз; краниовертебральный стеноз; грудопоясничный кифоз.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Колесов С.В., Переверзев В.С., Швеи В.В., Казьмин А.И., Сажнев М.Л., Пантелеев А.А., Кругликов И.А. Ступенчатый подход при хирургическом лечении стеноза позвоночного канала у пациентки с мукополисахаридозом VI типа (синдром Марото–Лами) // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(4):5–10. doi: <https://doi.org/10.17816/vto50341>

**STEP-UP APPROACH FOR SURGICAL TREATMENT
OF THE SPINAL CANAL STENOSIS IN A PATIENT
WITH MUCOPOLYSACCHARIDOSIS TYPE VI (MAROTO–LAMI SYNDROME)**

*S.V. Kolesov, V.S. Pereverzev, V.V. Shvets, A.I. Kazmin,
M.L. Sazhnev, A.A. Panteleev, I.A. Kruglikov*

N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow

The article presents a clinical case of step-up surgical treatment of spinal canal stenosis at the craniovertebral and thoracolumbar level in a patient with mucopolysaccharidosis (MPS) type VI. The treatment method gives an opportunity to achieve a satisfactory result at the background of severe metabolic disease.

Key words: mucopolysaccharidosis; craniovertebral stenosis; thoracolumbar kyphosis.

Conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

Financing source: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Kolesov SV, Pereverzev VS, Shvets VV, Kazmin AI, Sazhnev ML, Panteleev AA, Kruglikov IA. Step-up approach for surgical treatment of the spinal canal stenosis in a patient with mucopolysaccharidosis type VI (Maroto–Lami syndrome). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):5–10. doi: <https://doi.org/10.17816/vto50341>

ВВЕДЕНИЕ

Мукополисахаридозы (МПС) — это группа редких наследственных метаболических заболеваний. Клинические проявления, такие как лицевой дисморфизм, помутнение роговицы, задержка физического развития, умственная отсталость, замедление роста, контрактуры суставов, множественный дизостоз, снижение слуха, изменение клапанов сердца, гепатоспленомегалия, пупочные и паховые грыжи, развиваются по мере роста пациентов [1–4]. В настоящее время для нескольких типов МПС доступны препараты фермент-заместительной терапии, позволяющие снизить токсическую активность метаболитов и продлить жизнь пациентов с МПС [5].

Наиболее распространенными изменениями при МПС со стороны позвоночника являются краниовертебральный стеноз и кифотическая/кифосколиотическая деформация грудопоясничного отдела позвоночника, которые приводят к тяжелым неврологическим осложнениям в виде пареза или паралича [5–7].

Как в отечественных, так и в зарубежных сообщениях отдаленных результатов хирургического лечения практически нет. Поэтому мы представляем собственное клиническое наблюдение.

Приведено наблюдение пациентки с МПС VI типа, которая подверглась этапному хирургическому лечению по поводу стеноза позвоночного

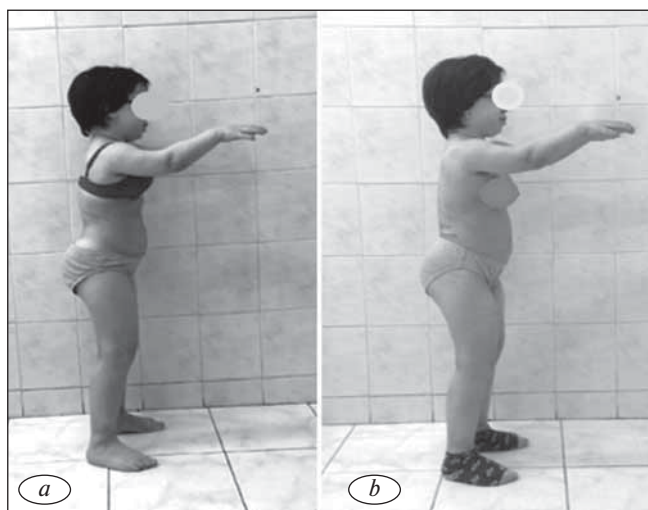


Рис. 1. Внешний вид пациентки 19 лет с мукополисахаридозом VI типа: *a* — до операции; *b* — после операции, отмечается улучшение сагиттального профиля

Fig. 1. The appearance of a 19-year-old patient with mucopolysaccharidosis type VI: *a* — before surgery; *b* — after surgery, there is an improvement in the sagittal profile

канала на уровне краниовертебрального перехода и кифоза груднопоясничного отдела позвоночника.

Цель данной работы — подчеркнуть необходимость своевременного хирургического лечения поражений позвоночника при МПС.

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Под нашим наблюдением находится пациентка с мукополисахаридозом VI типа (синдром Марото—Лами) (рис. 1).

Патология диагностирована в возрасте 7 лет, когда отмечена задержка роста и появление контрактур в крупных суставах конечностей. Находилась под патронажем генетика по месту жительства. Обучалась в специализированной школе-интернате. В 10 лет в результате падения во время игры с мячом стала отмечать незначительную слабость в левой верхней и нижней конечностях. Через 6 мес. появилось снижение мышечной силы и чувствительности в верхних и нижних конечностях. Консультирована неврологом, проведено магнитно-резонансное томографическое (МРТ) исследование головного мозга — патологии не выявлено. Начата фермент-заместительная терапия (галсульфазой). С течением времени отмечалось усугубление неврологических симптомов. Выполнено МРТ шейного отдела позвоночника, на котором выявлен стеноз на уровне краниовертебрального перехода (рис. 2).

Пациентка обратилась в НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова с клиникой тетрапареза. Учитывая прогрессирующую неврологическую симптоматику, рекомендовано хирургическое лечение в срочном порядке. В отделении патологии позвоночника выполнена операция: наложение гало-кольца. Ламинэктомия позвонков C1, C2, C3, резекция заднего края большого затылочного отверстия, декомпрессия спинного мозга, окципитоспондилодез C0—C6, задний спондилодез аутокостью (рис. 3). На момент выполнения операции пациентке было 15 лет. Через 2 нед. после проведенного лечения в неврологическом статусе отмечается положительная динамика (ASIA B>>C). При контрольном осмотре через 6 мес. — ходит с поддержкой. Через 1 год после операции — передвигается самостоятельно.

В периоперационном периоде у данной пациентки выявлено наличие кифотической деформации

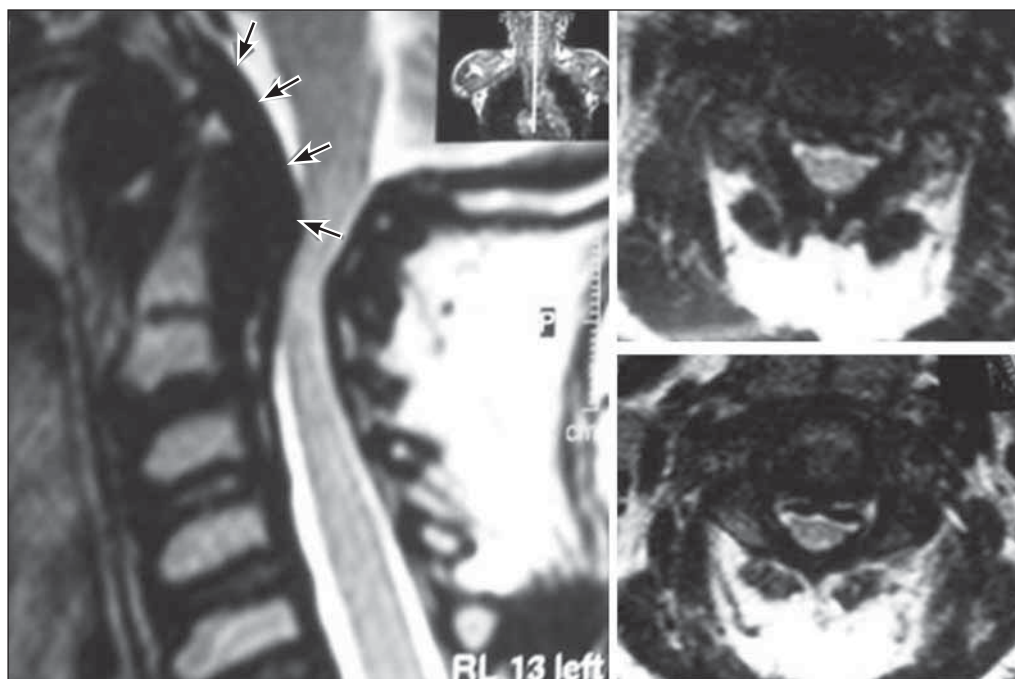


Рис. 2. Магнитно-резонансная томограмма шейного отдела позвоночника, отмечается выраженный стеноз позвоночного канала на уровне краниовертебрального перехода (стрелки)

Fig. 2. Magnetic resonance imaging of the cervical spine, marked stenosis of the spinal canal at the level of the craniocervical junction (arrows)

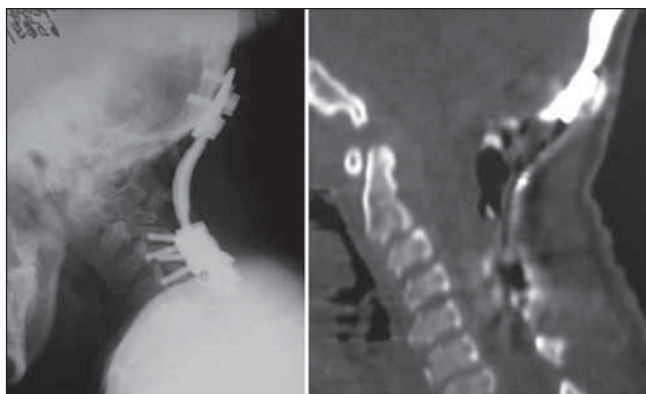


Рис. 3. Рентгенограмма и компьютерная томограмма шейного отдела позвоночника после операции, положение металлоконструкции правильное

Fig. 3. Radiographs and computed tomogram of the cervical spine after surgery, the position of the hardware is correct

ции груднопоясничного отдела позвоночника (34°) с очагом миелопатии на вершине кифоза (уровень Th11). Рекомендовано динамическое наблюдение и плановое хирургическое лечение. Однако от предложенного лечения пациентка отказалась. Через 4 года после первой операции стала отмечать трудности при ходьбе, слабость в нижних конечностях, нарушение баланса туловища, выраженные боли в области груднопоясничного отдела позвоночника (8 баллов по визуальной аналоговой шкале). На рентгенограммах угол локального кифоза по Cobb составил 50° . Согласно данным МРТ, очаг миелоишемии увеличился (рис. 4).

В связи с вышеуказанными изменениями пациентке выполнена операция: транспедикулярная фиксация Th9–L1, коррекция кифотической деформации. Ламинэктомия позвонка Th11, декомпрессия спинного мозга. Задний спондилодез

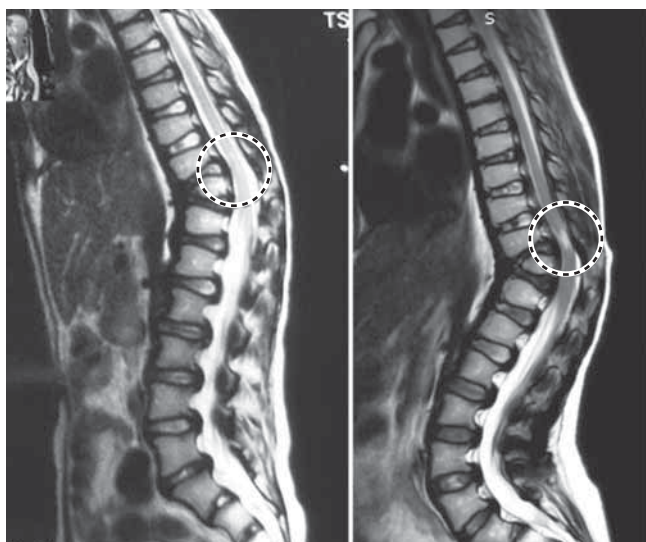


Рис. 4. Магнитно-резонансная томограмма груднопоясничного отдела позвоночника, отмечается очаг миелопатии на уровне позвонка Th11

Fig. 4. Magnetic resonance imaging of the thoracolumbar spine, there is a focus of myelopathy at the level of the Th11 vertebra

аутокостью, угол коррекции составил 30° (рис. 5). В послеоперационном периоде отмечено снижение болевого синдрома до 3 баллов по визуальной аналоговой шкале. Назначено ношение груднопоясничного корсета на 3 мес. Через полгода на контрольном осмотре пациентка ходит самостоятельно без поддержки. На контрольных рентгенограммах через 4 года потери коррекции не выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ

Хирургические методы, используемые у пациентов с МПС, варьируют между медицинскими центрами и в зависимости от клинической ситуации, такой как наличие и степень нестабильности шейного отдела, место компрессии спинного мозга, количество уровней стеноза [8–12]. Инструментальная стабилизация рекомендуется для профилактики развития нестабильности и рубцового стеноза [12, 13]. В большинстве случаев выполняется дорсальная декомпрессия, даже если накопление гликозаминогликанов в основном фронтальное, поскольку передняя декомпрессия более сложна из-за близкого расположения трахеи, пищевода, языка и щитовидной железы [14, 15].

В случае многоуровневого стеноза сначала необходимо выполнить декомпрессию области наибольшего риска (чаще всего уровень краниовертебрального отдела). Хирургических рекомендаций по декомпрессии спинного мозга для всех типов МПС на сегодняшний день не существует из-за широкого арсенала методов и техник, используемых в разных клиниках и основанных на собственном клиническом опыте, что обусловлено редкостью заболевания [11].

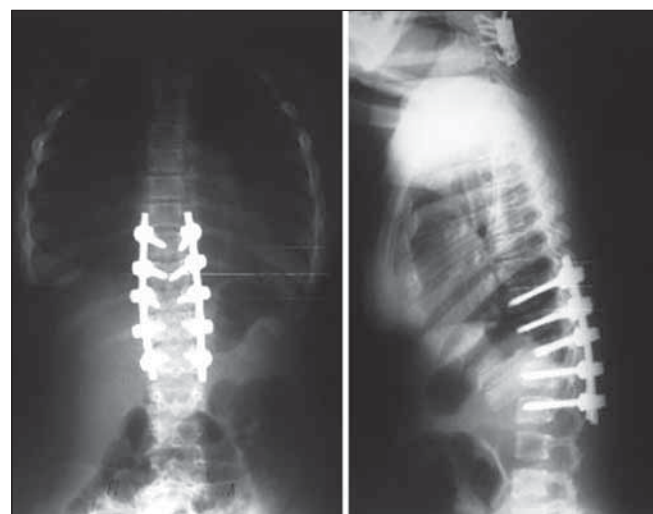


Рис. 5. Рентгенограммы груднопоясничного отдела позвоночника после операции, отмечается выраженная коррекция деформации, угол коррекции составил порядка 30°

Fig. 5. Radiographs of the thoracolumbar spine after surgery, there is a pronounced correction of the deformity, the angle of correction was about 30°

В публикациях обычно придерживаются точки зрения раннего лечения краниовертебрального стеноза у пациентов с МПС, прежде чем разовьется необратимая дисфункция спинного мозга [4].

В сообщениях клинических случаев говорится, что хирургическая декомпрессия и/или стабилизация безопасны и приводят к улучшению неврологического статуса, хотя отдаленные результаты не всегда хорошо описаны или не представлены [9, 11, 16, 17].

Трудно определить оптимальные сроки для вмешательства, поскольку потенциальные преимущества декомпрессии должны быть соотнесены с высокими рисками, связанными как с анестезией, так и с самой операцией при МПС. Более того, степень компрессии при лучевой визуализации не обязательно коррелирует с неврологическими проявлениями. Наличие признаков и симптомов миелопатии является абсолютным показанием для операции. Относительными показаниями могут быть выраженная нестабильность (>8 мм) и изменение в спинном мозге (очаги миелопатии) на МРТ [18].

Некоторые авторы рекомендуют профилактическую декомпрессию и/или фиксацию у пациентов с МПС IV типа в раннем возрасте [19, 20]. Проблема с этим подходом заключается в высоком риске рецидива стеноза, часто требующего повторной операции. Повторное хирургическое вмешательство нередко затруднено из-за наличия рубцовой ткани и изменения анатомии, а наличие металлофиксации вызывает артефакты при проведении МРТ. Однако, если операция проводится слишком поздно, декомпрессия тяжелого стеноза может привести к отеку спинного мозга и, в конечном итоге, к параличу [21].

Возможные осложнения комплексной хирургии позвоночника включают ухудшение моторной функции из-за повреждения нервных структур, инфекции и рецидива стеноза [17].

После декомпрессии может потребоваться хирургическая коррекция и стабилизация деформации позвоночника при кифозе или кифосколиозе [11]. Развитие проксимального переходного кифоза или дистальной переходной нестабильности после формирования спондилодеза также требует продления уровней фиксации и является частым осложнением у пациентов с МПС VI типа [9].

Кроме того, пациенты с обструкцией дыхательных путей, рестриктивными заболеваниями легких, заболеваниями сердечно-сосудистой системы или при их сочетании имеют высокий риск развития осложнений во время проведения анестезии, нарушение вентиляционной функции легких приводит к необходимости экстренной трахеостомии [22, 23]. У пациентов с нестабильностью и подвывихом в атлантоосевом суставе во время интубации может возникнуть патологическая подвижность, что приводит к повреждению спинного мозга. Также описан инфаркт спинного мозга в грудном отделе во время краниоцервикальной декомпрессии в положении лежа на животе [24].

Использование интраоперационного нейрофизиологического мониторинга считается обязательным [11, 25]. Его рекомендуется применять на всех этапах лечения, начиная с интубации в положении на спине, контроля переворота пациента на живот и на протяжении хирургического этапа [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хирургических рекомендаций по лечению стеноза позвоночного канала у пациентов с МПС на сегодняшний день не существует, либо они находятся на стадии разработки. Это обусловлено редкостью патологии, широким спектром методов и техник, применяемых в разных клиниках и собственном опыте хирургов. А высокий анестезиологический риск у пациентов с МПС требует тщательной оценки факторов риска до операции. Мы придерживаемся точки зрения раннего лечения краниовертебрального стеноза у пациентов с МПС, прежде чем разовьется необратимая дисфункция спинного мозга. В случае стеноза на нескольких уровнях сначала необходимо выполнять декомпрессию области наибольшего риска (чаще всего уровень краниовертебрального отдела) у пациентов с МПС. Такой ступенчатый подход позволяет достигнуть хороших отдаленных результатов, как показано в нашем клиническом наблюдении. Тем не менее необходимы публикации более длительных наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Whitley CB, Belani KG, Chang PN, et al. Long-term outcome of Hurler syndrome following bone marrow transplantation. *Am J Med Genet.* 1993;46(2):209–218. doi: 10.1002/ajmg.1320460222
- Alonso-Rojo A, Garcia-Ortiz JE, Ortiz-Aranda M, et al. Clinical features of Mexican patients with Mucopolysaccharidosis type I. *Genet Mol Res.* 2017;16(3):1–8. doi: 10.4238/gmr16032602
- Giugliani R, Federhen A, Rojas MVM, et al. Mucopolysaccharidosis I, II, and VI: Brief review and guidelines for treatment. *Genet Mol Biol.* 2010;33(4):589–604. doi: 10.1590/S1415-47572010005000093
- Moore D, Connock MJ, Wraith E, Lavery C. The prevalence of and survival in Mucopolysaccharidosis I: Hurler, Hurler-Scheie and Scheie syndromes in the UK. *Orphanet J Rare Dis.* 2008;3:24. doi: 10.1186/1750-1172-3-24
- Khan SA, Peracha H, Ballhausen D, et al. Epidemiology of mucopolysaccharidoses. *Mol Genet Metab.* 2017;121(3):227–240. doi: 10.1016/j.ymgme.2017.05.016
- Alden TD, Amartino HH, Dalla Corte A, et al. *Surgical Management of Neurological Manifestations of Mucopolysaccharidosis Disorders.* Vol 122S. United States: Elsevier Inc; 2017. doi: 10.1016/j.ymgme.2017.09.011
- Williams N, Cundy PJ, Eastwood DM. Surgical Management of Thoracolumbar Kyphosis in Patients with Mucopolysaccharidosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(23):1817–1825. doi: 10.1097/BR5.0000000000002242
- Tandon V, Williamson JB, Cowie RA, Wraith JE. Spinal problems in mucopolysaccharidosis I (Hurler syndrome). *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(6):938–944.

9. Borlot F, Arantes PR, Quaio CR, et al. Mucopolysaccharidosis type IVA: Evidence of primary and secondary central nervous system involvement. *Am J Med Genet Part A*. 2014;164(5):1162–1169. doi: 10.1002/ajmg.a.36424
10. Kachur E, Del Maestro R. Mucopolysaccharidoses and spinal cord compression: case report and review of the literature with implications of bone marrow transplantation. *Neurosurgery*. 2000;47(1):223–229.
11. Bradley WGJ, Scalzo D, Queralt J, et al. Normal-pressure hydrocephalus: evaluation with cerebrospinal fluid flow measurements at MR imaging. *Radiology*. 1996;198(2):523–529. doi: 10.1148/radiology.198.2.8596861
12. Stoquart-Elsankari S, Lehmann P, Villette A, et al. A phase-contrast MRI study of physiologic cerebral venous flow. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2009;29(6):1208–1215. doi: 10.1038/jcbfm.2009.29
13. Charrow J, Alden TD, Breathnach CAR, et al. Diagnostic evaluation, monitoring, and perioperative management of spinal cord compression in patients with Morquio syndrome. *Mol Genet Metab*. 2015;114(1):11–18. doi: 10.1016/j.ymgme.2014.10.010
14. Lampe C, Lampe C, Schwarz M, et al. Craniocervical decompression in patients with mucopolysaccharidosis VI: Development of a scoring system to determine indication and outcome of surgery. *J Inherit Metab Dis*. 2013;36(6):1005–1013. doi: 10.1007/s10545-013-9591-5
15. Kolesov SV, Mikhaylova LK, Kolbovsky DA, Pereverzev VS. Surgical Treatment of Cervical Stenosis in Patients With Mucopolysaccharidosis: Systematic Review. *Traumatol Orthop Russ*. 2018;24(2):127–137. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-127-137
16. Mut M, Cila A, Varli K, Akalan N. Multilevel myelopathy in Maroteaux-Lamy syndrome and review of the literature. *Clin Neurol Neurosurg*. 2005;107(3):230–235. doi: 10.1016/j.clineuro.2004.05.003
17. Lee C, Dineen TE, Brack M, et al. The mucopolysaccharidoses: characterization by cranial MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 1993;14(6):1285–1292.
18. Hendriksz CJ, Berger KI, Giugliani R, et al. International guidelines for the management and treatment of Morquio a syndrome. *Am J Med Genet Part A*. 2015;167(1):11–25. doi: 10.1002/ajmg.a.36833
19. Al Sawaf S, Mayatepek E, Hoffmann B. Neurological findings in Hunter disease: Pathology and possible therapeutic effects reviewed. *J Inherit Metab Dis*. 2008;31(4):473–480. doi: 10.1007/s10545-008-0878-x
20. Dalla-Corte A, Souza CFM, Vairo F, et al. An algorithm to assess the need for CSF shunting in mucopolysaccharidosis patients. *Mol Genet Metab*. 2018;120(1):S39. doi: 10.1016/j.ymgme.2016.11.075
21. Mikhailova LK, Kuleshov AA, Arzhakova NI, et al. Maroteaux-Lamy syndrome—mucopolysaccharidosis type VI: a case report (errors and complications). *Genij Ortop*. 2017;23(1):80–84. doi:10.18019/1028-4427-2017-23-1-80-84
22. Semenza GL, Pyeritz RE. Respiratory complications of mucopolysaccharide storage disorders. *Medicine (Baltimore)*. 1988;67(4):209–219.
23. Muhlebach MS, Shaffer CB, Georges L, et al. Bronchoscopy and airway management in patients with mucopolysaccharidoses (MPS). *Pediatr Pulmonol*. 2013;48(6):601–607. doi: 10.1002/ppul.22629
24. Munoz-Rojas M-V, Vieira T, Costa R, et al. Intrathecal enzyme replacement therapy in a patient with mucopolysaccharidosis type I and symptomatic spinal cord compression. *Am J Med Genet A*. 2008;146A(19):2538–2544. doi:10.1002/ajmg.a.32294
25. Muenzer J, Hendriksz CJ, Fan Z, et al. A phase I/II study of intrathecal idursulfase-IT in children with severe mucopolysaccharidosis II. *Genet Med*. 2016;18(1):73–81. doi: 10.1038/gim.2015.36
26. Muenzer J. Overview of the mucopolysaccharidoses. *Rheumatology*. 2011;50(SUPPL. 5). doi: 10.1093/rheumatology/ker394

Информация об авторах:

Сергей Васильевич Колесов — д-р мед. наук, профессор, врач — травматолог-ортопед, заведующий отделением патологии позвоночника. ФГБУ НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова, Москва. E-mail: dr-kolesov@yandex.ru.

Владимир Сергеевич Переверзев — врач — травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника. ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва. E-mail: vcpereverz@gmail.com.

Владимир Викторович Шве́ц — д-р мед. наук, врач — травматолог-ортопед, ведущий научный сотрудник отделения патологии позвоночника. ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва. E-mail: vshvecv@yandex.ru.

Аркадий Иванович Казьмин — канд. мед. наук, врач — травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника. ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва. E-mail: kazmin.cito@mail.ru.

Максим Леонидович Сажнев — канд. мед. наук, врач — травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника. ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва. E-mail: mak.sajnev@yandex.ru.

Андрей Андреевич Пантеле́ев — врач — травматолог-ортопед отделения патологии позвоночника. ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва. E-mail: apanteleyev@gmail.com.

Игорь Александрович Кругликов — врач — анестезиолог-реаниматолог. ФГБУ НМИЦ травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва.

Information about the authors:

Sergey V. Kolesov — Dr. Sci. (Med.), Professor, traumatologist-orthopedist, Head of the Department of Spinal Pathology. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia E-mail: dr-kolesov@yandex.ru.

Vladimir S. Pereverzev — traumatologist-orthopedist of the Department of Spinal Pathology. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: vcpereverz@gmail.com.

Vladimir V. Shvets — Dr. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist, leading researcher of the Department of Spinal Pathology. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: vshvecv@yandex.ru.

Arkady I. Kazmin — Cand. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist of the Department of Spinal Pathology. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: kazmin.cito@mail.ru.

Maxim L. Sazhnev — Cand. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist of the Department of Spinal Pathology. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: mak.sajnev@yandex.ru.

Andrey A. Panteleev — traumatologist-orthopedist of the Department of Spinal Pathology. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: apanteleyev@gmail.com.

Igor A. Kruglikov — anesthesiologist-resuscitator. N.N. Priorov Central Institute of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ ВИНТОВОЙ ФИКСАЦИИ ПОСЛЕ СПОНДИЛОДЕЗА 360° НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ

О.Н. Леонова¹, Е.С. Байков¹, А.В. Крутько²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск;

² Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Цель: выявить возможные предикторы несостоятельности винтовой фиксации (screw loosening — SL) у пациентов после декомпрессивно-стабилизирующих операций на поясничном уровне по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника.

Материалы и методы. Проанализированы данные пациентов с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника, которым было проведено первичное декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство и которые были повторно госпитализированы. Оценивали клинические данные (демографию, характеристику первичных оперативных вмешательств и особенностей периоперационного периода), результаты лучевых методов диагностики (наличие и характеристика зон резорбции вокруг винтов, плотность кости по денситометрии и по компьютерной томографии, формирование межтелового блока и проседание имплантов).

Результаты. В исследование вошли 19 пациентов с SL и 37 пациентов без признаков резорбции, медиана возраста 59,1 [51,4; 63,1] лет, мужчин 20 (35,7 %). При сравнении пациентов с SL и без нее значимой разницы по полу, возрасту, методике выполнения операции, протяженности конструкции не выявлено ($p > 0,05$). По данным компьютерной томографии плотность костной ткани позвонков между группами значимо не различается ($p > 0,05$). В группе с SL несформированный костный блок встречается чаще, чем в группе без SL (22,6 против 20,7 %), но различия не значимы ($p > 0,05$). При межгрупповом сравнении было определено, что в целом в группе с SL осложнений было больше, чем в группе без SL ($p = 0,00015$) за счет большего количества инфекционных осложнений ($p = 0,00044$). Также у пациентов с SL отмечено значимо большая длительность первичной госпитализации ($p = 0,000021$).

Заключение. Пациенты с SL после первичной операции имеют значимо больший период госпитализации в основном (45,8 %) за счет инфекционных осложнений. Пациенты с SL имеют сопоставимую плотность костной ткани как в телах позвонков, так и в ножках дуги позвонка по сравнению с пациентами без SL.

Ключевые слова: транспедикулярная фиксация; несостоятельность винтовой фиксации; резорбция костной ткани; screw loosening.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: исследование не имело дополнительного финансирования.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Леонова О.Н., Байков Е.С., Крутько А.В. Несостоятельность винтовой фиксации после спондилодеза 360° на поясничном уровне // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020;27(4):11-18. doi: <https://doi.org/10.17816/vto58512>

SCREW FIXATION FAILURE AFTER 360° FUSION AT THE LUMBAR LEVEL

O.N. Leonova¹, E.S. Baykov¹, A.V. Krutko²

¹ Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia;

² N.N. Priorov National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics,
Moscow, Russia

Aim: to identify possible predictors of screw loosening (SL) in patients after decompression and fusion at the lumbar level for degenerative spinal diseases.

Methods. The data of patients with degenerative lumbar diseases who underwent primary decompression and fusion and who were re-hospitalized were analyzed. Clinical data (demography, characteristics of primary surgical procedures and characteristics of the perioperative period), results of radiological methods (presence and characteristics of resorption around screws, bone density (BMD) by densitometry and CT, intervertebral fusion grade and implant subsidence) were evaluated.

Results. The study included 19 patients with SL and 37 patients without resorption, median age 59.1 [51.4; 63.1] years, men 20 (35.7%). When comparing patients with and without SL, there was no significant difference in gender, age, method of surgery, length of the fixation ($p > 0.05$). According to CT scans, the bone

density of the vertebrae between the groups did not differ significantly ($p > 0.05$). In the group with SL, fusion failure was more common than in the group without SL (22.6% versus 20.7%), but the differences are not significant ($p > 0.05$). In the intergroup comparison, it was determined that, in general, there were more complications in the group with SL than in the group without SL ($p = 0.00015$) due to the greater number of infectious complications ($p = 0.00044$). Also, patients with SL had a significantly longer duration of primary hospital stay ($p = 0.000021$).

Conclusion. Patients with SL after primary surgery have a significantly longer hospital stay duration, mainly (45.8%) due to infectious complications. Patients with SL have comparable bone density in both the vertebral bodies and pedicles compared to patients without SL.

Key words: transpedicular screw fixation; Screw fixation failure; bone resorption; screw loosening.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: the study was performed with no external funding.

TO CITE THIS ARTICLE: Leonova ON, Baykov ES, Krutko AV. Screw fixation failure after 360° fusion at the lumbar level. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):11-18. doi: <https://doi.org/10.17816/vto58512>

ВВЕДЕНИЕ

Стабилизирующие операции широко распространены при лечении дегенеративных заболеваний поясничного отдела позвоночника. При этом проведение такого вида хирургического лечения значительно улучшает качество жизни пациентов [1]. Однако до 19,3 % случаев первичного декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства требуют проведения реоперации [2]. Резорбция костной ткани вокруг транспедикулярных винтов и несостоятельность винтовой фиксации (SL — screw loosening) — частая причина повторных операций и длительного стационарного наблюдения пациентов. SL чаще определяется на сроке до 12 мес. от первичной операции, но также и может быть находкой в отдаленном послеоперационном периоде [3, 4]. Возможными причинами несостоятельности винтовой фиксации могут быть: сниженная плотность костной ткани, инфекция области хирургического вмешательства, мальпозиция винтов, наличие протяженной фиксации и др. [5]. Тем не менее наличие резорбции вокруг винтов не имеет связи с клинической удовлетворенностью пациентов хирургическим лечением [6]. Несмотря на, казалось бы, известные и частично модифицируемые факторы риска, до 30 % всех реопераций проводится по поводу SL [7].

Для уточнения факторов риска резорбции костной ткани вокруг транспедикулярных винтов было проведено исследование случай–контроль.

Цель исследования: выявить возможные предикторы SL у пациентов после декомпрессивно-стабилизирующих операций на поясничном уровне по поводу дегенеративных заболеваний позвоночника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Популяция пациентов

В исследование вошли пациенты с дегенеративными заболеваниями поясничного отдела позвоночника, которым было проведено первичное декомпрессивно-стабилизирующее вмешательство

и которые были повторно госпитализированы в нейрохирургическое отделение.

Пациенты были разделены на две группы: 1-я группа — пациенты с резорбцией костной ткани вокруг винтов, 2-я группа — пациенты без признаков резорбции вокруг транспедикулярных винтов.

Клинические данные

Оценивали демографические данные, длительность и количество госпитализаций. Выполняли анализ карт первичной госпитализации на предмет интра- и периоперационных особенностей, метода хирургического вмешательства.

Данные лучевых методов исследования

Всем пациентам при первой госпитализации проводили компьютерную томографию (КТ) поясничного отдела позвоночника, денситометрию (dual energy X-ray absorptiometry — DEXA). По данным КТ поясничного отдела позвоночника определяли минеральную плотность костной ткани (МПК) каждого L1–S1 позвонка, измерения проводили по отдельности в теле позвонка и в ножках дуги позвонка. По денситометрии определяли МПК, автоматически выполнялся расчет *T*-критерия. Значение *T*-критерия > -1 считали нормой, от $-2,5$ до -1 — остеопенией, $> -2,5$ — остеопорозом.

При повторной госпитализации также выполняли КТ поясничного отдела позвоночника и оценивали наличие SL: наличие зоны резорбции костной ткани более 1 мм и зоны «двойного хало» вокруг винтов [8].

Степень формирования костно-металлического блока оценивали согласно классификации G.H. Tap и соавт. [9], где Степень I — полное сращение, Степень IV — биполярный псевдоартроз. Проседание межтелового импланта оценивали по КТ поясничного отдела позвоночника как вдавление межтелового импланта в тело позвонка более чем на 2 мм, и деформацию прилежащей замыкательной пластинки [10]. Оценивали корректное положение винтов и межтеловых кейджей.

Таблица 1 / Table 1

Общая характеристика пациентов и оперативных вмешательств

General information on patients and surgical procedures

Характеристика	1-я группа, $n = 19$	2-я группа, $n = 37$	p -значение
Возраст, лет	61,0 [28,1; 65,9]	59,1 [51,4; 63,1]	$>0,05$
Пол			
• женщины	12 (63,2 %)	24 (64,9 %)	$>0,05$
• мужчины	7 (36,8 %)	13 (35,1 %)	
Методики			
• открытая	16 (84,2 %)	26 (70,3 %)	$>0,05$
• минимально-инвазивная	3 (15,7 %)	11 (29,7 %)	
Протяженность конструкции			
• 1-уровневая	7 (36,8 %)	18 (48,6 %)	$>0,05$
• 2-уровневая	12 (63,2 %)	17 (45,9 %)	
• 3-уровневая	—	2 (5,5 %)	

Статистический анализ

Описание непрерывных данных представлено в виде медианы (Me) [интерквартильный интервал]; бинарных данных — количество, % [95 % доверительный интервал]; категориальных данных — количество в категории, %. В связи с небольшим размером групп межгрупповое сравнение проводилось непараметрическим U -критерием Манна–Уитни с вычислением значения и 95 % ДИ для псевдомедианы попарных разностей данных в качестве оценки средней разности данных. Межгрупповое сравнение бинарных данных выполняли точным двусторонним критерием Фишера с оценкой ОШ и 95 % ДИ для ОШ. Межгрупповое общее и сравнение отдельных категорий в категориальных данных проводили точным двусторонним критерием Фишера. Все расчеты были сделаны в SPSS 15.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего в исследование вошли 19 пациентов с резорбцией вокруг винтов и 37 пациентов без признаков резорбции по данным контрольной КТ поясничного отдела позвоночника. Средний возраст пациентов составил 59,1 [51,4; 63,1] лет, мужчин 20 (35,7 %), женщин 36 (64,3 %).

Первичные оперативные вмешательства включали декомпрессию, трансфораминальный межтеловой спондилодез и винтовую фиксацию; выполнялись открытым и минимально-инвазивным способом. Максимальная протяженность конструкции достигала 3 уровней, но доля таких операций всего 3,6 %. Цементную аугментацию не применяли ни в одном случае. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

При межгрупповом сравнении значимой разницы по полу, возрасту, методике выполнения декомпрессии и стабилизации, протяженности конструкции не выявлено ($p > 0,05$).

Несостоятельность винтовой фиксации

Средние сроки диагностирования резорбции костной ткани вокруг винтов по данным КТ пояс-

ничного отдела позвоночника составили 10,1 мес. [4,2; 20,6] (от 18 дней до 4 лет) (рис. 1).

По данным КТ большая зона резорбции вокруг винтов определялась в ножках дуги позвонка, а в некоторых случаях отмечалась только в этой локализации, исключая резорбцию вокруг винта в теле позвонка (рис. 2).

Самый ранний срок появления резорбции по данным КТ — 18-й день после первичного хирургического вмешательства — диагностирован при ранней глубокой инфекции операционной раны.

По данным денситометрии диагностирована остеопения у 15 пациентов, остеопороз у 5 пациентов; у остальных пациентов ($n = 36$) минеральная плотность костной ткани была в рамках нормальных показателей. По данным КТ плотность костной ткани в ножках дуги выше, чем в теле позвонка у пациентов обеих групп ($p = 0,00985$) (табл. 2).

Несмотря на то что группы были сформированы исключительно по наличию или отсутствию ре-

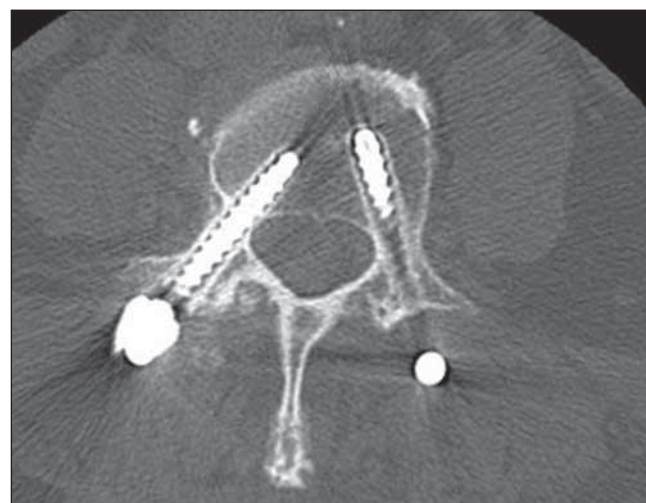


Рис. 1. Резорбция вокруг винтов в теле позвонка и в ножках дуги на сроке 11 мес. после первичного хирургического вмешательства

Fig. 1. Bone resorption around screws in the vertebral body and in the arch pedicles in 11 months after the first surgical procedure

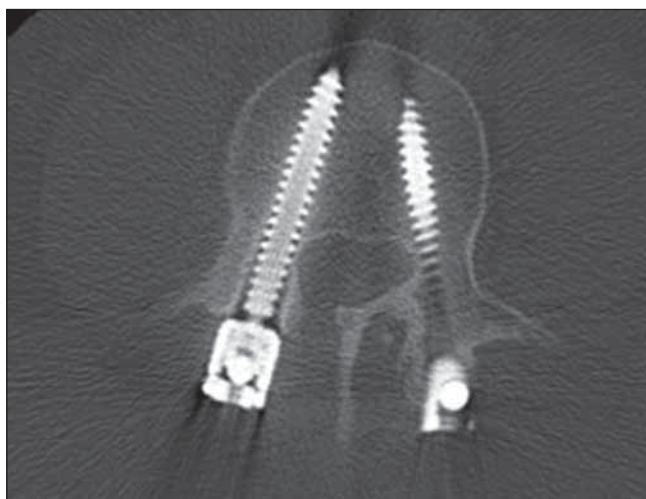


Рис. 2. Резорбция костной ткани вокруг винтов в ножках дуги позвонка

Fig. 2. Bone resorption around the screws in the vertebral arch pedicles

зорбции, плотность костной ткани у пациентов по структурам позвонка не имела значимых различий при межгрупповом сравнении ($p > 0,05$).

В 78,7 % случаев всех пациентов определен сформированный костный блок (1–2-я степень по G.H. Tan). В 19 случаях (21,3 %) был выявлен псевдоартроз, из которых в 12 случаях (63,2 %) выявлено проседание межтелового импланта.

В 1-й группе несформированный костный блок встречается чаще, чем во 2-й группе (22,6 % против 20,7 % соответственно), хотя различия и не значимы ($p > 0,05$) (табл. 3). У 6 пациентов 1-й группы



Рис. 3. Резорбция вокруг винтов и межтелового импланта, проседание межтелового импланта через 7 мес. после первичного хирургического вмешательства

Fig. 3. Bone resorption around screws and interbody implant, subsidence of interbody implant in 7 months after the first surgical procedure

определена резорбция не только вокруг винтов, но и вокруг межтелового импланта (рис. 3). При этом во всех случаях также определялось проседание кейджа.

Длительность госпитализации и осложнения

В течение первой госпитализации у 15 пациентов (78,9 %) были отмечены послеоперационные осложнения, у остальных пациентов послеоперационный период протекал гладко (табл. 4). Наличие послеоперационных осложнений требовало большей длительности пребывания пациента в клинике.

Таблица 2 / Table 2

Плотность костной ткани, определенная с L1 по S1 позвонков, по данным компьютерной томографии поясничного отдела позвоночника

Bone density of the lumbar spine, measured from L1 to S1 vertebra, according to CT scan

Характеристика	1-я группа, $n = 19$	2-я группа, $n = 37$	p -значение
Минеральная плотность костной ткани в телах, HU	155,4 [142,7; 215,7]	167,8 [113,6; 193,2]	0,079422
Минеральная плотность костной ткани в ножках дуги, HU	178,4 [155,4; 215,7]	186,8 [161,1; 246,9]	0,248642
Доля пациентов с нормальными показателями минеральной плотности костной ткани по данным DEXA	52,6 %	70,3 %	$>0,05$

Таблица 3 / Table 3

Степень формирования межтелового блока по G.H. Tan в исследуемых группах соответственно количеству уровней выполнения спондилодеза

The intervertebral fusion grade by Tan in the groups according to the number of fusion levels

Степень	Количество уровней		p -значение
	в 1-й группе (всего 31 уровень)	во 2-й группе (всего 58 уровней)	
Степень 1	17	32	$>0,05$
Степень 2	7	14	$>0,05$
Степень 3	3	5	$>0,05$
Степень 4	4	7	$>0,05$

Таблица 4 / Table 4

Виды осложнений, возникших после декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства в течение первой госпитализации
Types of complications after decompression and fusion related to the first hospital stay

Вид осложнения	1-я группа, n = 19	2-я группа, n = 37	p-значение
Анемия	3	2	0,32365
Инфекция области оперативного вмешательства	9	2	0,00044*
Ликворный затек	—	2	0,54351
Механические	3	3	0,39708
Неврологические	—	1	>0,05
С осложнениями	15 (78,9 %)	9 (24,3 %)	0,00015
Длительность первой госпитализации, количество койко-дней	15 [13; 56]	11 [7; 13]	0,000021
Общее количество госпитализаций	2 [2; 2]	2 [2; 3]	0,884076

Послеоперационная анемия была обусловлена изначально невысоким уровнем гемоглобина (ближе к нижней границе нормы) в сочетании с интраоперационной кровопотерей.

Инфекционные осложнения были зарегистрированы у 11 пациентов (из общего числа пациентов — 19,6 %, из общего числа осложнений — 45,8 %), 9 из них возникли в раннем послеоперационном периоде (до 30 дней), чем и было обусловлено более длительное пребывание пациента в стационаре. 5 пациентам с инфекцией в области хирургического вмешательства потребовалось ревизионное вмешательство во время первой госпитализации на сроке 45,5 дней [21; 80]. В двух случаях инфекционный агент выявить не удалось, однако все клинические и параклинические признаки этому соответствовали.

Ликворный затек был следствием интраоперационного повреждения твердой мозговой оболочки, разрешение произошло при консервативном лечении.

Механические осложнения были отмечены в раннем послеоперационном периоде, а также были находкой при контрольном обследовании. Механические осложнения включали в себя перелом винта(-ов), перелом дужки, неустраненный субстрат компрессии, миграцию межтелового имплантата. 4 пациентам было проведено повторное хирургическое вмешательство во время первой госпитализации. Следует отметить, что перелом винтов был характерен только для пациентов с нормальной плотностью костной ткани, тогда как у пациентов с остеопенией и остеопорозом встречались только переломы костных структур.

Неврологическое осложнение установлено в одном случае после хирургического лечения: произошло усиление болевого синдрома при устраненном морфологическом субстрате, это было расценено как нейропатический болевой синдром. Купировано консервативно.

Несмотря на наличие послеоперационных осложнений, все пациенты были выписаны на амбулаторное лечение с улучшением состояния. При межгрупповом сравнении было определено, что

в целом в 1-й группе осложнений было больше, чем во второй ($p = 0,00015$) за счет большего количества инфекционных осложнений ($p = 0,00044$). Повреждения твердой мозговой оболочки и механические осложнения в обеих группах встречались с равной частотой ($p > 0,05$). Также у пациентов 1-й группы отмечена значимо большая длительность первичной госпитализации ($p = 0,000021$).

Причинами повторной госпитализации были: рецидив болевого синдрома в спине (10 пациентов), нейропатический болевой синдром (22 пациента), несформированный костный блок, вызвавший нестабильность оперированного позвоночно-двигательного сегмента (9 пациентов), патология смежного уровня (14 пациентов), миграция стержня, без переломов винтов (1 пациент). 18 пациентов (94,7 %) 1-й группы и 32 пациента (86,5 %) 2-й группы были повторно оперированы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резорбция костной ткани вокруг имплантов — хорошо известное нежелательное явление при выполнении декомпрессивно-стабилизирующих оперативных вмешательств. Резорбция костной ткани обуславливает нестабильность конструкции и, как следствие, может нарушать сегментарную стабильность позвоночника, быть причиной рецидива болевого синдрома.

В большинстве случаев SL происходит относительно рано после операции: у 13,6 % пациентов появление резорбции происходит в течение 6 мес. А в сроки от 6 до 12 мес. частота возникновения резорбции составляет всего 2,0 % [6]. Однако в 50 % случаев и более диагностирования резорбции, возникшей в первые 6 мес. после операции, эти признаки исчезают в течение 2 лет [11]. Средние сроки обращения пациентов за помощью составили 10,1 [4,2; 20,6] месяца. Такой большой диапазон сроков обусловлен появлением клинических проявлений — на повторную госпитализацию к нам обратились пациенты имеющие жалобы, в то время как резорбция костной ткани зачастую протекает

бессимптомно, оказываясь находкой при контрольных обследованиях [6].

Реоперация потребовалась 94,7 % пациентам с резорбцией вокруг винтов. Данные в литературе о частоте проведения оперативного вмешательства широко варьируют: D. Zou и соавт. [12] сообщил об одном пациенте из 77 (1,3 %), которому проведено ревизионное вмешательство, J. Bredow и соавт. [13] привели данные о 23 пациентах из 55 (41,8 %). Причина таких результатов состоит в разных исследуемых когортах пациентов: это могут быть пациенты с клиническими проявлениями, или это сплошное когортное исследование пациентов после проведенного декомпрессивно-стабилизирующего вмешательства, и прочие варианты.

Влияние методики хирургического вмешательства на резорбцию костной ткани зависит от траектории проведения винтов — проведение через кортикальную кость уменьшает число возникновения резорбции [14, 15], независимо от того, как эти винты были установлены — открытым или минимально-инвазивным способом. Однако даже при кортикальной фиксации сегмента с S1-каудальным захватом частота возникновения резорбции вокруг винтов все равно увеличивается [16]. Позвонки S1 имеют меньшую МПК, чем вышележащий L5, и вместе с тем подвергается большей нагрузке при стабилизации сегмента [3, 8].

Протяженность конструкции — независимый фактор риска возникновения резорбции вокруг винтов, частота резорбции может достигать 40 % при многоуровневой фиксации, в то время как при одноуровневой фиксации только 7,4 % [4]. Порочное распределение нагрузки по протяженной конструкции, нарушение биомеханики влечет за собой перенагрузку в большей степени на краниальные и каудальные винты, частота возникновения резорбции вокруг винтов в середине конструкции встречается значительно реже [17]. Для снижения частоты возникновения резорбции винтов при выполнении задней фиксации необходимо уменьшить протяженность фиксации и уделить особое внимание выравниванию сагиттального баланса [18, 19]. В нашем исследовании протяженных конструкций было достаточно мало, в большей степени одно- и двух уровневые фиксации в обеих группах, без значимых различий при межгрупповом сравнении ($p > 0,05$).

Снижение МПК считается одним из главных предикторов дальнейшего SL. При этом определение плотности кости по КТ поясничного отдела позвоночника, а не по данным денситометрии, является более значимым и чувствительным методом [12]. В обеих группах присутствовали пациенты со сниженной МПК, но пациенты с нормальной плотностью кости преобладали. При межгрупповом сравнении МПК значимо не различалась ($p > 0,05$). У пациентов обеих групп МПК в дужке позвонка выше, чем в теле позвонка ($p < 0,05$), даже несмотря на то, что у ряда пациентов резорбция возникала исключительно в дужке вокруг винта.

Такие факторы риска, как возраст и пол, связаны с плотностью костной ткани: с возрастом и в мено-

паузе у женщин происходит закономерное remodelирование кости и, как следствие, снижение МПК [20, 21]. Однако такие факторы, как возраст, пол, МПК, протяженность металлофиксации и курение, не однозначно предсказывают появление резорбции вокруг винтов [22]. В нашем исследовании разницы между половозрастными характеристиками между группами не выявлено ($p > 0,05$).

Степень формирования межтелового блока не всегда коррелирует с возникновением резорбции вокруг винтов или проседанием импланта [23]. Недостаточная передняя опора увеличивает нагрузку на среднюю и заднюю опорную колонну, что в конечном итоге приводит к SL [8, 24], сформированный межтеловой блок значительно уменьшает вероятность возникновения резорбции вокруг винтов [6].

Независимо от используемой методики, проседание может быть потенциальным осложнением; оно уменьшает цели выполнения межтелового и фораминального пространства, осуществление не прямой декомпрессии и выравнивание сегментарного угла [25]. Однако, несмотря на частоту проседания межтелового импланта на контрольных снимках в послеоперационном периоде, корреляция клинических симптомов и проседания наблюдаются редко [26].

Возникновение любого рода послеоперационного осложнения увеличивает длительность пребывания пациента в стационаре, особенно инфекция области оперативного вмешательства. Вопрос о роли инфекции в возникновении резорбции вокруг имплантов в спинальной хирургии остается малоизученным, хотя при артропластике резорбция вокруг компонентов эндопротеза зачастую связана с септическим воспалением. Проводились многочисленные исследования по поводу наличия/появления инфекционного агента в межпозвонковом диске [27], формирования биопленки на поверхности имплантов [28, 29], однако этот вопрос по-прежнему остается спорным [30]. В 29,1 % случаев ревизионных вмешательств спинальной хирургии выявлен инфекционный агент [29]. По нашим данным, у пациентов с резорбцией вокруг винтов в 47,4 % случаев встречаются инфекционные осложнения области хирургического вмешательства.

Таким образом, предполагаемые различия в плотности костной ткани у пациентов с резорбцией вокруг винтов и без нее оказались не значимыми, так же как демографические данные и параметры оперативных вмешательств. Однако наличие у пациента послеоперационного инфекционного осложнения может быть потенциальной причиной возникновения SL и поэтому они требуют более пристального внимания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациенты с SL после первичной операции имеют значимо больший период госпитализации в основном (45,8 %) за счет инфекционных осложнений. Пациенты с SL имеют сопоставимую плотность

костной ткани как в телах позвонков, так и в ножках дуги позвонка по сравнению с пациентами без SL.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Yavin D, Casha S, Wiebe S, et al. Lumbar fusion for degenerative disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Neurosurg.* 2017;80(5):701–715. doi: 10.1093/neuros/nyw162.
2. Irmola TM, Häkkinen A, Järvenpää S, et al. Reoperation rates following instrumented lumbar spine fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2018;43(4):295–301. doi: 10.1097/BRS.0000000000002291.
3. Kim JB, Park SW, Lee YS, et al. The effects of spinopelvic parameters and paraspinal muscle degeneration on S1 screw loosening. *J Korean Neurosurg Soc.* 2015;58(4):357–362. doi: 10.3340/jkns.2015.58.4.357.
4. Zou D, Muheremu A, Sun Z, et al. Computed tomography Hounsfield unit-based prediction of pedicle screw loosening after surgery for degenerative lumbar spine disease. *J Neurosurg Spine.* 2020;32(5):716–721. doi: 10.3171/2019.11.SPINE19868.
5. Guo HZ, Tang YC, Guo DQ, et al. Pedicle screw fixation in single-level, double-level, or multilevel posterior lumbar fusion for osteoporotic spine: a retrospective study with a minimum 2-year follow-up. *World Neurosurg.* 2020;140:e121–e128. doi: 10.1016/j.wneu.2020.04.198.
6. Kim DH, Hwang RW, Lee GH, et al. Comparing rates of early pedicle screw loosening in posterolateral lumbar fusion with and without transforaminal lumbar interbody fusion. *Spine J.* 2020;20(9):1438–1445. doi: 10.1016/j.spinee.2020.04.021.
7. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К. Осложнения хирургического лечения поясничных стенозов дегенеративной этиологии. *Хирургия позвоночника.* 2016;13(4):66–72. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuz'menko AV, Shapovalov VK. Complications of surgical treatment of degenerative lumbar stenosis. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2016;13(4):66–72. (In Russ).] doi: 10.14531/ss2016.4.66-72.
8. Galbusera F, Volkheimer D, Reitmaier S, et al. Pedicle screw loosening: a clinically relevant complication? *Eur Spine J.* 2015;24(5):1005–1016. doi: 10.1007/s00586-015-3768-6.
9. Tan GH, Goss BG, Thorpe PJ, Williams RP. CT-based classification of long spinal allograft fusion. *Eur Spine J.* 2007;16(11):1875–1881. doi: 10.1007/s00586-007-0376-0.
10. Zhou QS, Chen X, Xu L, et al. Does vertebral end plate morphology affect cage subsidence after transforaminal lumbar interbody fusion? *World Neurosurg.* 2019;130:e694–701. doi: 10.1016/j.wneu.2019.06.195.
11. Tokuhashi Y, Matsuzaki H, Oda H, Uei H. Clinical course and significance of the clear zone around the pedicle screws in the lumbar degenerative disease. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33(8):903–908. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816b1eff.
12. Zou D, Sun Z, Zhou S, et al. Hounsfield units' value is a better predictor of pedicle screw loosening than the T-score of DXA in patients with lumbar degenerative diseases. *Eur Spine J.* 2020;29(5):1105–1111. doi: 10.1007/s00586-020-06386-8.
13. Bredow J, Boese CK, Werner CM, et al. Predictive validity of preoperative CT scans and the risk of pedicle screw loosening in spinal surgery. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2016;136(8):1063–1067. doi: 10.1007/s00402-016-2487-8.
14. Sakai Y, Takenaka S, Matsuo Y, et al. Hounsfield unit of screw trajectory as a predictor of pedicle screw loosening after single level lumbar interbody fusion. *J Orthop Sci.* 2018;23(5):734–738. doi: 10.1016/j.jos.2018.04.006.
15. Matsukawa K, Abe Y, Yanai Y, Yato Y. Regional Hounsfield unit measurement of screw trajectory for predicting pedicle screw fixation using cortical bone trajectory: a retrospective cohort study. *Acta Neurochir (Wien).* 2018;160(2):405–11. doi: 10.1007/s00701-017-3424-5.
16. Chen CH, Chen DC, Huang HM, et al. Level-based analysis of screw loosening with cortical bone trajectory screws in patients with lumbar degenerative disease. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(40):e22186. doi: 10.1097/MD.00000000000022186.
17. Pearson HB, Dobbs CJ, Grantham E, et al. Intraoperative biomechanics of lumbar pedicle screw loosening following successful arthrodesis. *J Orthop Res.* 2017;35(12):2673–2681. doi: 10.1002/jor.23575.
18. Афаунов А.А., Басанкин И.В., Кузьменко А.В., Шаповалов В.К. Анализ причин ревизионных операций при хирургическом лечении больных с поясничными стенозами дегенеративной этиологии. *Хирургия позвоночника.* 2014;1(1):86–93. [Afaunov AA, Basankin IV, Kuz'menko AV, Shapovalov VK. Analiz prichin revizionnykh operatsii pri khirurgicheskom lechenii bol'nykh s poyasnichnymi stenozami degenerativnoi etiologii. *Khirurgiya pozvonochnika.* 2014;1(1):86–93. (In Russ).]
19. Marie-Hardy L, Pascal-Moussellard H, Barnaba A, et al. Screw loosening in posterior spine fusion: prevalence and risk factors. *Glob Spine J.* 2020;10(5):598–602. doi: 10.1177/2192568219864341.
20. Chen P, Li Z, Hu Y. Prevalence of osteoporosis in China: a meta-analysis and systematic review. *BMC Public Health.* 2016;16(1):1039. doi: 10.1186/s12889-016-3712-7.
21. Abul-Kasim K, Ohlin A. Evaluation of implant loosening following segmental pedicle screw fixation in adolescent idiopathic scoliosis: a 2 year follow-up with low-dose CT. *Scoliosis.* 2014;9:13. doi: 10.1186/1748-7161-9-13.
22. Ohba T, Ebata S, Oba H, et al. Risk factors for clinically relevant loosening of percutaneous pedicle screws. *Spine Surg Relat Res.* 2019;3(1):79–85. doi: 10.22603/ssr.2018-0018.
23. Razak HR, Dhoke P, Tay KS, et al. Single-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion provides sustained improvements in clinical and radiological outcomes up to 5 years postoperatively in patients with neurogenic symptoms secondary to spondylolisthesis. *Asian Spine J.* 2017;11(2):204–212. doi: 10.4184/asj.2017.11.2.204.
24. Васильев А.И. Хирургическое лечение пациентов с дегенеративными деформациями поясничного отдела позвоночника: Дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск; 2018. [Vasil'ev AI. *Khirurgicheskoe lechenie patsientov s degenerativnymi deformatsiyami poyasnichnogo otdela pozvonochnika.* [dissertation] Novosibirsk; 2018. (In Russ).]
25. Malham GM, Parker RM, Blecher CM, Seex KA. Assessment and classification of subsidence after lateral interbody fusion using serial computed tomography. *J Neurosurg Spine.* 2015;23(5):589–597. doi: 10.3171/2015.1.SPINE14566.
26. Le TV, Baaj AA, Dakwar E, et al. Subsidence of polyetheretherketone intervertebral cages in minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(14):1268–1273. doi: 10.1097/BRS.0b013e3182458b2f.
27. Bratschitsch G, Puchwein P, Zollner-Schwetz I, et al. Spinal surgery site infection leading to implant loosening is influenced by the number of prior operations. *Glob Spine J.* 2020;1–6. doi: 10.1177/2192568220957268.
28. Prinz V, Bayerl S, Renz N, et al. High frequency of low-virulent microorganisms detected by sonication of pedicle screws: a potential cause for implant failure. *J Neurosurg Spine.* 2019;31(3):424–429. doi: 10.3171/2019.1.SPINE181025.
29. Leitner L, Malaj I, Sadoghi P, et al. Pedicle screw loosening is correlated to chronic subclinical deep implant infection: a retrospective database analysis. *Eur Spine J.* 2018;27(10):2529–2535. doi: 10.1007/s00586-018-5592-2.
30. Rao PJ, Maharaj M, Chau C, et al. Degenerate-disc infection study with contaminant control (DISC): a multicenter prospective case-control trial. *Spine J.* 2020;20(10):1544–1553. doi: 10.1016/j.spinee.2020.03.013.

Информация об авторах:

Ольга Николаевна Леонова — канд. мед. наук, научный сотрудник. ФГБУ «НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск. E-mail: onleonova@gmail.com. ORCID: 0000-0002-9916-3947.

Евгений Сергеевич Байков — канд. мед. наук, заведующий отделением нейрохирургии № 2. ФГБУ «НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск. E-mail: Evgen-bajk@mail.ru. SPIN: 5367-5438. ORCID: 0000-0002-4430-700X. Scopus 57189456380.

Александр Владимирович Крутько — д-р мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Россия, Москва. E-mail: ortho-ped@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2570-3066. Scopus: 54795500200.

Information about the authors:

Olga N. Leonova — MD, PhD, Cand. Sci. (Med.), Research scientist. Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia. E-mail: onleonova@gmail.com. ORCID: 0000-0002-9916-3947.

Evgenii S. Baykov — MD, PhD, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Neurosurgery No. 2. Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics, Novosibirsk, Russia. E-mail: Evgen-bajk@mail.ru. SPIN: 5367-5438. ORCID: 0000-0002-4430-700X. Scopus: 57189456380.

Aleksandr V. Krutko — Dr. Sci. (Med.), Senior Researcher, National Medical Research Center for Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia. E-mail: ortho-ped@mail.ru. ORCID: 0000-0002-2570-3066. Scopus: 54795500200.

РАННИЕ И СРЕДНЕСРОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТРАПЕЦИЕ-ПЯСТНОГО СУСТАВА КИСТИ

Е.Н. Симонова¹, Т.И. Александров^{1,2}, В.М. Прохоренко^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Новосибирский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. им. Я.Л. Цивьяна»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новосибирский государственный медицинский университет», Новосибирск

Введение. В обзорах, посвященных хирургическому лечению первого трапецие-пястного сустава, неоднократно говорилось, что оценка результатов эндопротезирования затруднена. Это объясняется малочисленными группами клинических исследований пациентов и отсутствием описания всех видов результатов. В статье проведен анализ клинических случаев артропластики трапецие-пястного сустава кисти керамическим эндопротезом. Кратко сделан акцент на особенностях сустава, предрасполагающих факторах к развитию остеоартроза трапецие-пястного сустава. Дано описание ранних и среднесрочных результатов. Отдельно описаны случаи неудовлетворительных исходов.

Цель исследования — проанализировать полученные ранние и среднесрочные результаты эндопротезирования трапецие-пястного сустава керамическими имплантатами. Используемый эндопротез представлен несвязанными проксимальным и дистальным компонентами, изготовленными из керамического материала. При взаимодействии головки и чашки отсутствуют срезающие силы, препятствующие мультиаксиальным движениям. Хирургическая техника эндопротезирования трапецие-пястного сустава предписывает установку компонентов методом press-fit.

Материалы и методы. В исследуемую группу вошли пациенты в возрасте от 33 до 72 лет. Общее количество наблюдений составило 28 человек. Ревизионное эндопротезирование было выполнено в 2 случаях (7 %) и связано с асептической нестабильностью проксимального компонента на фоне остеопороза. Оценка результатов проводилась клиническими и инструментальными методами.

Результаты. Нельзя отрицать, что эндопротезирование трапецие-пястного сустава является одним из методов ортопедической помощи, позволяющее сохранить мобильность и достигнуть стабильности разрушенного сустава.

Заключение. Эндопротезирование трапецие-пястного сустава керамическими имплантатами — перспективный метод ортопедической помощи, позволяющий восстановить функциональные возможности кисти.

Ключевые слова: трапецие-пястный сустав; первый запястно-пястный сустав; эндопротез; артропластика.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Симонова Е.Н., Александров Т.И., Прохоренко В.М. Ранние и среднесрочные результаты тотального эндопротезирования трапецие-пястного сустава кисти // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020;27(4):19-27. doi: <https://doi.org/10.17816/vto52953>

EARLY AND MEDIUM-TERM RESULTS OF TOTAL JOINT ARTHROPLASTY OF FIRST CARPO-METACARPAL JOINT

E.N. Simonova¹, T.I. Aleksandrov^{1,2}, V.M. Prokhorenko^{1,2}

¹ Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia;

² Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

Introduction. Reviews dedicated to surgical treatment of the first carpo-metacarpal joint repeatedly state that the evaluation of arthroplasty results is difficult. This is due to the small clinical study groups and the lack of description of all types of outcomes.

The **aim** of the study is to analyze obtained early and midterm results of ceramic CMC-arthroplasty. The endoprosthesis are represented with unbound proximal and distal components made of ceramic material. The interaction of the head and cup is represented with no intersecting forces that impede on the multi-axial movement. The surgical technique of CMC-1 joint arthroplasty prescribes the installation of components by the press-fit fixation. There is a brief emphasis on the features of the joint and contributing factors for the development of rizarthrosis. Early results are described. Cases of unsatisfactory outcomes are described separately.

Materials and methods. The study group included patients from 33 to 72 years. The total number of observers was 28 people. We performed revision endoprosthesis in 2 cases (7%), which were associated with aseptic instability of the proximal component according to the osteoporosis. It obvious that endoprosthesis is the only method of orthopedic care that allows maintain mobility and achieve stability of the destroyed CMC joint. Evaluation of the results was carried out by clinical and instrumental methods.

Results. It cannot be denied that the CMC arthroplasty is the only method of orthopedic care that allows to preserve mobility and achieve stability of the broken joint.

Conclusion. Arthroplasty of the carpo-metacarpal joint with ceramic implants is a promising method of orthopedic care, that allows to restore the function of the hand.

Key words: sellar joint; first carpometacarpal joint; endoprosthesis; arthroplasty.

Conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

Funding: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Simonova EN, Aleksandrov TI, Prokhorenko VM. Early and medium-term results of total joint arthroplasty of first carpo-metacarpal joint. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):19-27. doi: <https://doi.org/10.17816/vto52953>

ВВЕДЕНИЕ

В литературе встречается большое количество названий одного анатомического образования: запястно-пястный сустав первого пальца, трапецие-пястный сустав, седловидный сустав, но все эти названия всего лишь определяют ключевое сочленение первого пальца. Трапецие-пястный сустав седловидный по строению и имеет мультиаксиальную свободу движений. Анатомическая особенность трапецие-пястного сустава — это форма его суставных поверхностей. По сути, на двояковогнутую поверхность оказывается одномоментное «перетягивающее влияние» сразу нескольких сухожилий, направление силы которых только частично совпадает с основной осью костей. Широкий объем движений обеспечивается малой площадью контакта смежных суставных поверхностей кости-трапеции и пястной кости, что также не способствует стабильности сустава [1]. При формировании остеоартроза трапецие-пястного сустава вся нагрузка по стабилизации сустава вначале ложится на капсульно-связочный аппарат, а в дальнейшем эти силы приводят к мягкотканному дисбалансу и постепенному разрушению смежных суставных фасеток. По мнению зарубежных коллег, передняя косая связка и широкая дорсорадияльная связка могут быть первичными стабилизаторами сустава [2]. Их реконструкция на ранних стадиях остеоартроза трапецие-пястного сустава приводит к удовлетворительным результатам, замедляя скорость формирования костно-хрящевой деструкции.

Первый палец, выполняющий оппозицию остальным пальцам кисти, — одна из ключевых особенностей человека, способного к труду [3]. При выполнении работы на первый палец оказывается многоплоскостное воздействие сил, что определяет высокую частоту его заболеваемости. Так, например, в зарубежных источниках говорится, что одна из трех женщин и один из восьми мужчин страдают от остеоартроза трапецие-пястного сустава различной этиологии [4]. Согласно отечественной литературе у 16–25 % женщин и 6 % мужчин старше 45 лет выявляются дегенеративные процессы в этом суставе. Остеоартроз трапецие-

пястного сустава составляет 5 % случаев от всех заболеваний кисти [5].

Клиника

При выраженной стадии заболевания пациенты уже адаптированы к болевому синдрому. Клинически это заключается в том, что пациенты четко определяют для себя усиление болевого синдрома при выполнении более энергичной или монотонно повторяющейся работы, связанной с мелкой моторикой, особенно при ритмичном захватывании предметов, щипательных или скручивающих элементах движений. По возможности они стараются избегать этих движений, что ограничивает объем выполняемых классических видов деятельности. Последние включают в себя выжимание тряпки, письмо, вязание и шитье, игру на музыкальных инструментах, использование ножниц, печать на компьютере и использование компьютерной мыши.

Основной жалобой, кроме боли, становится ограничение объема движений или неконтролируемое ощущение нестабильности в суставе. В меньшей мере пациенты обращают внимание на внешний вид своих рук, акцентируя внимание на расширении основания первого пальца, асимметрию рук между собой, что зачастую бывает связано с подвывихом или полным вывихом в трапецие-пястном суставе. Пациенты могут также уточнять, что при движениях их беспокоят щелчки и ощущения подвывиха или вправления сустава.

Диагностика

Оценка состояния трапецие-пястного сустава помимо уточнения клинических проявлений включает в себя методы лучевой диагностики. В своей работе мы руководствовались отечественной рентгенологической классификацией Н.С. Косинской [6] и зарубежной классификацией R.G. Eaton и S.Z. Glickel [7].

Консервативное лечение

Консервативное лечение, включающее в себя широкий ряд мер, помогает пациентам только на ранних стадиях замедлить скорость формирования остеоартроза трапецие-пястного сустава и умеренно

снизить болевой синдром у некурабельных пациентов. Сюда можно отнести модификацию жизни, заключающуюся в исключении тех движений, которые в основном приносят пациенту боль. Существует возможность использования иммобилизирующих жестких и полужестких ортезов, которые дополнительно обеспечивают стабилизацию сустава. Возможно также использование физиотерапевтической поддержки и симптом-модифицирующей медикаментозной терапии: нестероидных противовоспалительных препаратов, остео- и хондроиндукторов. Несмотря на свою низкую эффективность, консервативная терапия, по оценкам специалистов, позволяет отсрочить время проведения хирургического лечения на 5–7 лет в группе пациентов, занятых тяжелым физическим трудом [8].

Хирургическое лечение

В литературных источниках имеется достаточно информации о истории развития хирургической помощи и современных методах лечения повреждений трапецие-пястного сустава [9, 10].

1. Среди специалистов, занимающихся патологией кисти, широкое распространение получила операция трапециэктомия. Данная операция много раз модифицировалась, однако общая идея осталась неизменной, удаление кости-трапеции с последующей фиксацией первой пястной кости различными способами (спицами, пинами).

2. Ряд работ кистевых хирургов посвящен попыткам стабилизировать сустав при помощи восстановления связочного аппарата, дополнительно к удалению кости-трапеции или при ее сохранении [11].

3. Проводились попытки восполнения дефектов смежных суставных поверхностей аутологичными тканями [12]. Этот вид оперативных вмешательств до сих пор не показал значимой эффективности.

4. В 1962 г. Swanson предложил силиконовый однополюсной эндопротез, для замещения дефекта трапецие-пястного сустава. В основе этой операции также стояло удаление кости-трапеции с последующей заменой кости силиконовым материалом с ножкой, устанавливаемой в первую пястную кость. Опыт использования силиконовой конструкции не зарекомендовал себя с хорошей стороны в связи с хрупкостью материала и отсутствием стабильности в первой пястной кости.

5. С приобретением опыта эндопротезирования крупных суставов, осуществлялись разработки и поиск новых форм, материалов для замещения суставных поверхностей и сохранения мобильности столь малого, но очень важного сустава. Существуют разнообразные варианты эндопротезов: пирокарбонный эллипс (спейсер), однополюсной и тотальный эндопротезы из металла, пирокарбона. Однако они широкого распространения не получили в связи с несоблюдением принципов износостойкости и биоинертности.

Мы не нашли упоминаний в отечественной и зарубежной литературе об опыте эндопротезирования трапецие-пястного сустава керамическими

эндопротезами. В связи с чем мы сочли возможным и интересным осветить данный вопрос в статье.

Цель работы — проанализировать полученные ранние и среднесрочные результаты эндопротезирования трапецие-пястного сустава керамическим имплантатом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследуемую группу вошли 28 пациентов в возрасте от 33 до 72 лет, средний возраст пациентов составил 49 лет. Мужчин было 9 человек (32 %), женщин — 19 (68 %). Период наблюдений составил 5 лет, с 2014 по июль 2019 г.

Основные жалобы, предъявляемые пациентами при обращении, это выраженная боль в области основания первого пальца, невозможность что-либо взять и удерживать. Среди женщин основная жалоба звучала как невозможность выжать тряпку. Обсуждая на консультации условия и характер изменений в кисти, можно с уверенностью сказать, что пациенты ожидают от оперативного вмешательства снижение боли и сохранение (или) восстановление функции кисти.

Исследование «щипкового хвата» выполнялось при помощи аппарата Baseline® Hydraulic Pinch Gauges. Исследование проводилось трехкратно с исключением среднего показателя. За единицу измерения был принят 1 кг в соответствии с системой СИ.

Всем пациентам до операции проводили рентгенологические исследования в стандартных проекциях. В некоторых случаях определение тяжести повреждения трапецие-пястного сустава подтверждалась магнитно-резонансной томографией (МРТ) и мультиспиральной компьютерной томографией (МСКТ).

У 25 пациентов был установлен диагноз посттравматического остеоартроза трапецие-пястного сустава, в 3 случаях — вторичного остеоартроза трапецие-пястного сустава на фоне системного заболевания.

Показаниями к выполнению хирургической помощи стали клинические проявления в виде болевого синдрома в трапецие-пястном суставе, усиливающегося при пальпации, болезненная осевая нагрузка. При этом боль не купировалась консервативными и инъекционными методами лечения.

Противопоказания к тотальному эндопротезированию трапецие-пястного сустава включали в себя локальный или генерализованный инфекционный процесс, открытые травмы первого пальца, выраженный остеопороз, снижение высоты кости-трапеции менее 7 мм. Последнее противопоказание наиболее специфично и очень важно, несоблюдение данного условия может привести к высокому риску перфорации кости-трапеции или раннему проявлению асептической нестабильности проксимального компонента эндопротеза.

Исходную функциональную возможность кисти пациентов на момент обращения мы сочли возможным оценить при помощи визуальной аналоговой шкалы боли (ВАШ) и функциональной возмож-

ности первого пальца (далее — функциональные тесты). Последнее оценивалось по возможности дотянуться большим пальцем до основания пятого пальца (далее — приведение), оппозиции первого пальца (далее — оппозиция) и возможности удерживать ручку. Среднее значение шкалы боли пациентов до оперативного вмешательства составило 7 баллов. Функциональные тесты имели весьма скудный характер: все пациенты с трудом могли осуществить оппозицию первого пальца, огромные затруднения вызывало приведение пальца. Все участники исследования также испытывали выраженную боль при попытке удержания ручки.

Рентгенологическое исследование в стандартных проекциях, выполненное на рентгеновском аппарате Definium 8000 GE, показало снижение высоты суставной щели до минимально возможной, выраженное формирование краевых костных разрастаний, оссификатов смежных суставных поверхностей, зоны субхондрального остеосклероза, подвывих или вывих первой пястной кости. Таким образом, у всех 28 пациентов была установлена 3-я степень остеоартроза трапецие-пястного сустава по классификации Н.С. Косинской или 3–4-й степени по классификации R.G. Eaton и S.Z. Glickel.

Показанием для выполнения МСКТ-исследования являлась недостаточная визуализация расположения консолидированных в положении смещения фрагментов многооскольчатых переломов, выраженная деформация суставных поверхностей при массивных краевых разрастаниях и положение подвывиха и вывиха смежных поверхностей. МРТ-данные зачастую дополняли картину за счет подтверждения перегрузки окружающих мягкотканых структур. МСКТ-исследование выполнялось на аппарате Aquilion-64 Toshiba.

Показанием к МРТ-исследованию являлось установление повреждения сухожильного аппарата пальца, повреждение капсульно-связочного аппарата сустава и сопутствующая ему синовия, отек сухожилия длинного сгибателя первого пальца, тотальный разрыв связочного аппарата. МРТ-исследование выполнялось на аппарате ATLAS XGV Toshiba MS.

Эндопротез представлен несвязанными проксимальным и дистальным компонентами, изготовленными из керамического материала (фирма-производитель MOJE Keramik- Implantate, Германия).

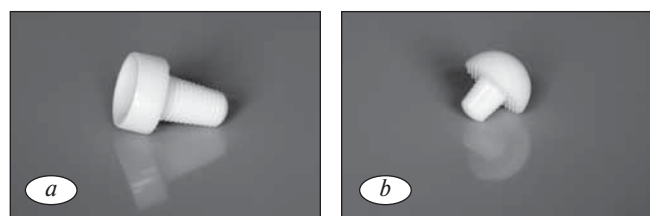


Рис. 1. Керамический эндопротез трапецие-пястного сустава: *a* — дистальный компонент, *b* — проксимальный компонент

Fig. 1. Ceramic components of endoprosthesis of 1st carpo-metacarpal joint: *a* — distal component, *b* — proximal component

Проксимальный компонент имеет форму головки с короткой округлой ножкой. Поперечное сечение ножки имеет круглую форму. Длина ножки варьирует от 4 до 6 мм. Дистальный компонент представлен чашкой с конической ножкой, длина ножки соответствует 12 мм. При взаимодействии головки и чашки отсутствуют срезающие силы, препятствующие мультиаксиальным движениям (рис. 1).

Хирургическая техника эндопротезирования трапецие-пястного сустава предписывает установку компонентов методом press-fit. Особенность керамического имплантата — короткая ножка дистального компонента по сравнению с аналогичными, выполненными из других материалов. Эта особенность позволяет выполнить тотальное эндопротезирование соседнего пястно-фалангового сустава первого пальца.

Техника эндопротезирования трапецие-пястного сустава

Проводили дорсально-радиальный доступ и рассечение капсулы сустава Т-образно примерно на 15 мм. После мобилизации смежных поверхностей выполняли резекцию суставной поверхности пястной кости, затем суставной поверхности кости трапеции. При помощи пробных шаблонов оценивали достаточность диастаза, при необходимости проводили дополнительную резекцию. После этого рассверливали костномозговые каналы по спицам Киршнера и под контролем электронно-оптического преобразователя (ЭОП). Каналы обрабатывали и уплотняли при помощи компакторов. Поочередно выполняли установку пробных компонентов эндопротеза и контроль объема движений. При полном соответствии костномозговые каналы костей промывали физиологическим раствором, затем устанавливали оригинальные компоненты. Наконец, осуществляли контроль положения компонентов под ЭОП-контролем, проверку достигнутого объема движений в суставе, послойное зашивание операционной раны, фигурное бинтование кисти.

Для характеристики параметров, собранных в ходе исследования, была использована описательная статистика. Для интервальных переменных были рассчитаны среднее значение (M) (с 95 % доверительным интервалом), стандартная ошибка среднего (m), стандартное отклонение, минимумы и максимумы значений в выборке, медиана (Me) и 25-ый и 75-ый квартили (Q_1 ; Q_3). С учетом небольшого размера популяционной выборки результаты описательных статистик представлены в виде $Me [Q_1; Q_3]$.

Сравнение групп по количественным показателям было проведено при помощи парного рангового непараметрического критерия Уилкоксона. Различия считали статистически значимыми при уровне значимости менее установленного значения альфа, равного 0,05.

Статистический анализ был проведен с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics (версия 19.0).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Общее количество наблюдений — 28. Все оперированные пациенты отмечали положительную динамику в качестве жизни после хирургической помощи.

В отечественной литературе мы не нашли систем временной градации оценки результатов. В зарубежных источниках системы временной классификации оценки результатов также широко не представлены, и в некоторых случаях ранние результаты ограничены одним годом, в других 5 годами [13–15]. Разделение ранних и среднесрочных результатов первым годом объясняется фактором формирования адаптированного к социально-бытовым нагрузкам перипротезного рубца, пятилетний срок наблюдения ранних результатов больше был приближен к оценке результатов «выживаемости» эндопротеза. С учетом отсутствия случаев перипротезного перелома или нарушения целостности компонентов эндопротеза мы сочли возможным отнести первичный послеоперационный контроль через 1 мес. к ранним

результатам, а послеоперационные наблюдения от 1 года и более — к среднесрочным.

На первичном послеоперационном контрольном приеме все пациенты отмечали снижение болевых ощущений. Также отмечалось умеренное расширение объема движений на фоне сохраняющегося локального отека трапецие-пястного сустава. Рентгенологически было установлено, что во всех клинических случаях наблюдается стабильное положение компонентов, без признаков контактного остеолитизиса или проседания. Через 1 год после оперативного вмешательства в 19 случаях (67,9 %) отмечалось отсутствие боли (0–1 балл по шкале ВАШ). В 9 случаях (25 %) — снижение болевых ощущений до значений в 2–3 балла. Все пациенты после операции без труда выполняли оппозицию (рис. 2), приведение и могли выполнить сложные действия (писать, рисовать). Некоторые обследуемые отметили улучшение почерка после оперативного вмешательства. Последняя особенность в полной мере зависела от снижения или отсутствия болевого синдрома.

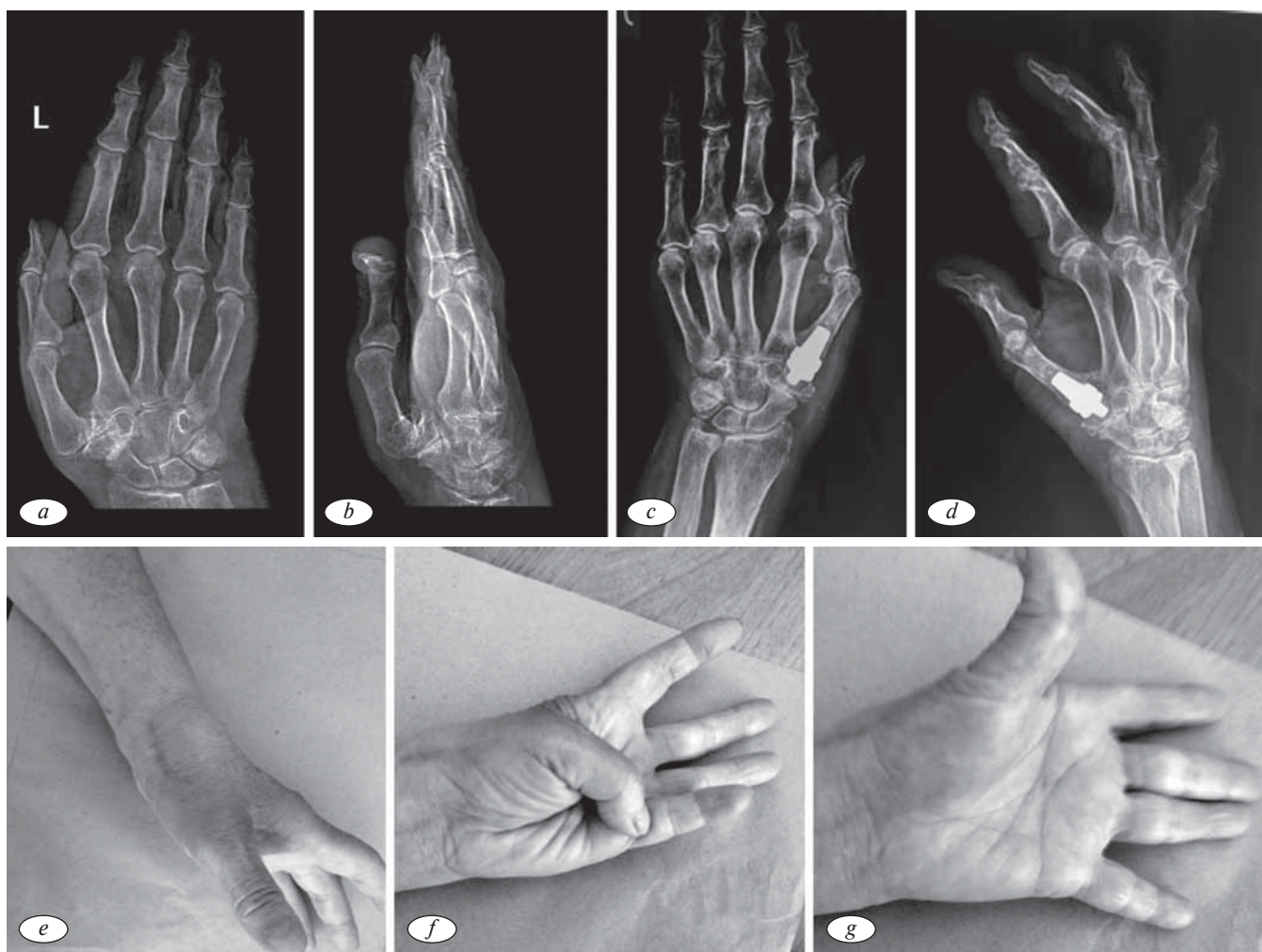


Рис. 2. Рентгенограммы и внешний вид кисти: *a, b* — прямая боковая рентгенограмма кисти в предоперационном периоде; *c, d* — послеоперационные рентгенограммы кисти в прямой и боковой проекциях; *e, f, g* — функциональные тесты после оперативного лечения

Fig. 2. Appearance and X-ray of the hand: *a, b* — pre-operative X-ray; *c, d* — postoperative X-ray; *e, f, g* — functional tests after operative treatment.

Ревизионное эндопротезирование мы выполняли в 2 случаях (7 %), это было связано с асептической нестабильностью проксимального компонента на фоне остеопороза. Оба случая протекали с умеренным болевым синдромом. В обоих случаях проксимальный компонент был заменен и фиксирован при помощи костного цемента. Итогом ревизионного эндопротезирования стало прекращение боли и восстановление функции кисти. На текущий момент исследования ни одно ревизионное вмешательство не закончилось артродезом или удалением компонентов. Случаев формирования инфекционного процесса области хирургического вмешательства зафиксировано не было.

В среднесрочном периоде больные прошли объективный контроль функциональной возможности оперированной и не оперированной кисти при помощи рентгеноскопии. Во время проведенного исследования отмечалась стабильная фиксация компонентов эндопротеза. При движениях в трапецие-пястном суставе головка проксимального компонента все время находилась в углублении чаши дистального компонента имплантата.

В ходе проведения исследования были проанализированы величины по шкале ВАШ, а также результаты динамометрии в трех последовательных измерениях. При этом зарегистрированные значения динамометрии не имели никаких статистически значимых различий на протяжении всего исследования (значения рангового парного W -критерия Уилкоксона были равны 801,000, 834,000 и 789,500 для всех трех измерений соответственно; уровни значимости для них были равны 0,397, 0,741 и 0,305 соответственно). Описательные статистики для этих величин приведены в таблице и представлены графически (рис. 3).

Вместе с тем, величина субъективных болевых ощущений по шкале ВАШ в послеоперационном периоде продемонстрировала статистически значимое семикратное снижение с исходных 7,0 [6,00; 8;00] до 1,0 см [0,00; 2,00] (значение рангового парного W -критерия Уилкоксона равно 435,000, $p < 0,0001$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Нельзя отрицать, что эндопротезирование трапецие-пястного сустава наряду с другими оперативными вмешательствами является эффективным методом ортопедической помощи, позволяющим сохранить мобильность, достигнуть стабильности разрушенного сустава, а также устранить боль. Метод эндопротезирования ни в одной из анатомических локализаций не представляется идеальным и используется только по показаниям. Имеются скептические представления об эндопротезировании столь сложной анатомической структуры, что связано с недостаточной осведомленностью. Основная причина скептицизма — отсутствие среднесрочных и отдаленных результатов ортопедической помощи. Период наблюдений в 6 лет мы сочли возможным отнести к среднесрочным результатам наблюдения. Сравнительные характеристики функциональных тестов кисти и болевых ощущений обследуемых пациентов показывают положительную динамику в результатах тотального эндопротезирования трапецие-пястного сустава. Все пациенты отмечают субъективное улучшение качества жизни. Функциональные тесты кисти после операции позволяют больным, перенесшим ортопедическую операцию, вернуться к профессиональным действиям, в полной мере восстановить социально-бытовые навыки. Методика фиксации

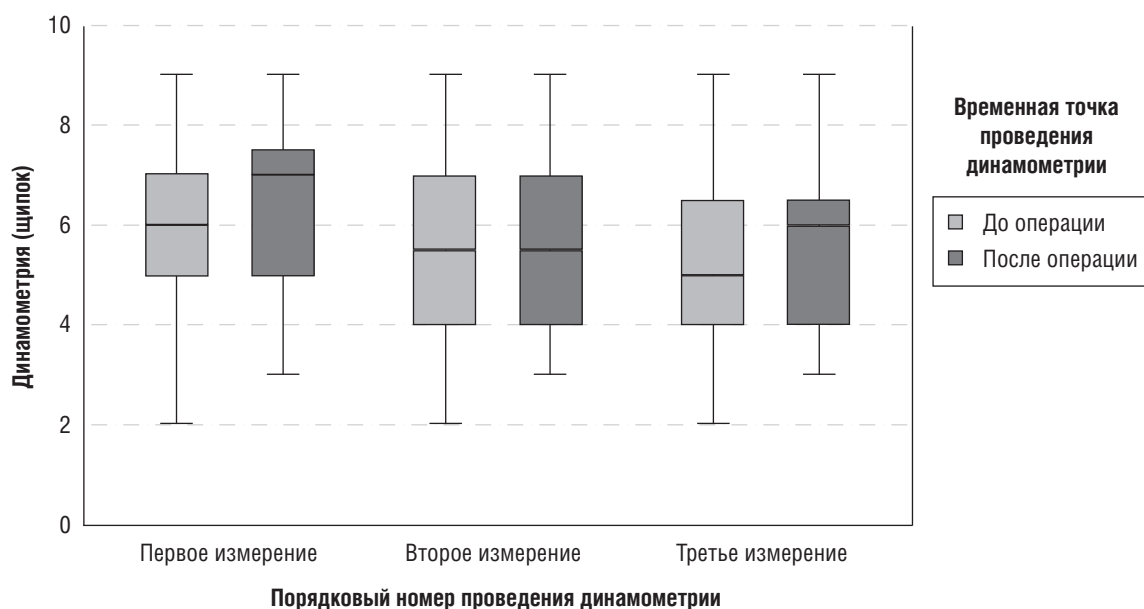


Рис. 3. Результаты динамометрических измерений в различные сроки проведения клинического исследования

Fig. 3. Results of dynamometric measurements in different clinical study timepoints

Описательные статистики для переменных исследования
Descriptive statistics

Показатели описательной статистики		Группа пациентов	
		до операции	после операции
Величина субъективных болевых ощущений по шкале ВАШ	среднее	6,8	0,9
	стандартное отклонение	1,55	0,96
	99,0 % нижняя граница доверительного интервала для средней	6,0	0,4
	99,0 % верхняя граница доверительного интервала для средней	7,6	1,4
	максимум	9,0	3,0
	минимум	4,0	0,0
	медиана	7,0	1,0
	25-ый процентиль	6,00	0,00
	75-ый процентиль	8,00	2,00
	количество наблюдений	29	29
Динамометрия (щипок)-1	среднее	5,9	6,3
	стандартное отклонение	1,86	1,85
	99,0 % нижняя граница доверительного интервала для средней	4,9	5,3
	99,0 % верхняя граница доверительного интервала для средней	6,8	7,2
	максимум	9,0	9,0
	минимум	2,0	3,0
	медиана	6,0	7,0
	25-ый процентиль	5,00	5,00
	75-ый процентиль	7,00	7,50
	количество наблюдений	29	29
Динамометрия (щипок)-2	среднее	5,4	5,6
	стандартное отклонение	1,85	1,76
	99,0 % нижняя граница доверительного интервала для средней	4,5	4,7
	99,0 % верхняя граница доверительного интервала для средней	6,4	6,5
	максимум	9,0	9,0
	минимум	2,0	3,0
	медиана	5,5	5,5
	25-ый процентиль	4,00	4,00
	75-ый процентиль	7,00	7,00
	количество наблюдений	29	29
Динамометрия (щипок)-3	среднее	5,0	5,5
	стандартное отклонение	1,83	1,67
	99,0 % нижняя граница доверительного интервала для средней	4,1	4,7
	99,0 % верхняя граница доверительного интервала для средней	5,9	6,4
	максимум	9,0	9,0
	минимум	2,0	3,0
	медиана	5,0	6,0
	25-ый процентиль	4,00	4,00
	75-ый процентиль	6,50	6,50
	количество наблюдений	29	29

press-fit в большинстве случаев наблюдения демонстрирует хорошую первичную и вторичную фиксацию имплантата. Количество ревизионных вмешательств составило 7 %. Во время ревизионного оперативного вмешательства состояние окружающих эндопротез мягких тканей ничем не было скомпрометировано (металлоз, некроз и т.д.). Интраоперационно качество костной ткани кости-трапеции, несмотря на остеопороз, оказывалось состоятельным, без признаков разрушения. Во время ревизионных вмешательств удаление противоположных компонентов эндопротеза представлялось технически сложным из-за хорошей фиксации имплантата. Последующее введение костного цемента в сформированный канал кости-трапеции позволил добиться первичной стабильности проксимального компонента. Анализируя литературные данные, опыт коллег, представленный на различных конгрессах, можно сказать, что интерес к эндопротезированию седловидного сустава получает новый импульс. Использование керамической пары трения позволяет избежать негативных воздействий разрушения компонентов. За весь период наблюдений нами не были зафиксированы случаи разрушения керамического имплантата. Короткие ножки компонентов позволяют осуществлять ортопедическую операцию на смежных суставах. Данные наблюдения являются этапными и не претендуют на абсолютность, однако демонстрируют хорошие субъективные и объективные результаты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эндопротезирование трапецие-пястного сустава керамическим имплантатом — перспективный метод ортопедической помощи, позволяющий восстановить функциональные возможности кисти.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

- Капанджи А.И. *Верхняя конечность. Физиология суставов*. М.: Эксмо, 2009. С. 220–229. [Kapandzhi IA. *Upper Extremities. Physiology of the Joints*. Moscow: Eksmo; 2009. P. 220–229. (In Russ.)]
- Bettinger PC, Linscheid RL, Berger RA, et al. An anatomic study of the stabilizing ligaments of the trapezium and trapeziometacarpal joint. *J Hand Surg Am*. 1999;24(4):786–798. doi: 10.1053/jhsu.1999.0786.
- Cooney WP 3rd, Chao EY. Biomechanical analysis of static forces in the thumb during hand function. *J Hand Surg Am*. 1977;59(1):27–36.
- Armstrong AL, Hunter JB, Davis TR. The prevalence of degenerative arthritis of the base of the thumb in postmenopausal women. *J Hand Surg Br*. 1994;19(3):340–341. doi: 10.1016/0266-7681(94)90085-X.
- Михалкевич Д.И. *Хирургическое лечение артроза первого запястно-пястного сустава кисти*: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Минск, 2020. 23 с. [Mikhalkevich DI. *Khirurgicheskoe lechenie artroza pervogo zapyastno-pyastnogo sustava kisti*. [dissertation abstract] Minsk; 2020. 23 p. (In Russ.)] Режим доступа: <https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br0001615494>; <https://vak.gov.by/node/5444>. Дата обращения: 28.02.2020.
- Косинская Н.С., Рохлин Д.Г. *Рабочая классификация и общая характеристика поражений костно-суставного аппарата*. Ленинград: Медгиз, 1961. 55 с. [Kosinskaya NS, Rohlin DG. *Working classification and general characteristics of osteoarticular apparatus lesions*. Leningrad: Medgiz; 1961. 55 p. (In Russ.)]
- Eaton RG, Glickel SZ. Trapeziometacarpal osteoarthritis: staging as a rationale for treatment. *Hand Clin*. 1987;3(4):455–469.
- Berggren M, Joost-Davidsson A, Lindstrand J, et al. Reduction in the need for operation after conservative treatment of osteoarthritis of the first carpometacarpal joint: a seven year prospective study. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2001;35(4):415–417. doi: 10.1080/028443101317149381.
- Matullo KS, Ilyas AM, Thoder JJ. CMC arthroplasty of the thumb: a review. *Hand (NY)*. 2007;2(4):232–239. doi: 10.1007/s11552-007-9068-9.
- Родоманова Л.А., Орлова И.В. Хирургическое лечение остеоартроза седловидного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(3):135–144. [Rodomanova LA, Orlova IV. Surgical treatment of trapeziometacarpal osteoarthritis (review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2018;24(3):135–144. (In Russ.)] doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-3-135-144.
- Barron OA, Catalano LW. *Thumb basal joint arthritis*. Chapter 13. In: Wolfe SW, editor. *Green's operative hand surgery*. Vol. 2: Hand. 6th ed. London: Elsevier; 2010. P. 413–416.
- Uriburu IJ, Olazabal A, Ciaffi M. Trapeziometacarpal osteoarthritis: surgical technique and results of “stabilized resection-arthroplasty”. *J Hand Surg Am*. 1992;17(4):598–604. doi: 10.1016/0363-5023(92)90301-5.
- Van Schoonhoven J, Fernandez DL, Bowers WH, et al. Salvage of failed resection arthroplasties of the distal radioulnar joint using a new ulnar head prosthesis. *J Hand Surg Am*. 2000;25(3):438–446. doi: 10.1053/jhsu.2000.6006.
- Murphy DM, Khoury JG, Imbriglia JE, et al. Comparison of arthroplasty and arthrodesis for the rheumatoid wrist. *J Hand Surg Am*. 2003;28(4):570–576. doi: 10.1016/s0363-5023(03)00182-5.
- Stanley J. *Arthroplasty and arthrodesis of the wrist*. Chapter 14. In: Wolfe SW, editor. *Green's operative hand surgery*. 6th ed. Vol. 2. London: Elsevier; 2010. P. 460.

Информация об авторах:

Екатерина Николаевна Симонова — аспирант, ФГБУ «НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск. E-mail: nepalopeno@mail.ru.

Тимофей Игоревич Александров — канд. мед. наук, старший научный сотрудник, ФГБУ «НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск; ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО НГМУ, Новосибирск. E-mail: tymus@inbox.ru.

Валерий Михайлович Прохоренко — д-р мед. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУ «НИИТО им. Я.Л. Цивьяна» Минздрава России, Новосибирск; заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО НГМУ, Новосибирск. E-mail: VProhorenko@niito.ru.

Information about the authors:

Ekaterina N. Simonova — graduate student. Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia. E-mail: nepalopeno@mail.ru.

Timofei I. Aleksandrov — MD, Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia; assistant of the Department of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk. E-mail: tymus@inbox.ru.

Valeriy M. Prokhorenko — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, chief researcher, Tsivyan Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk, Russia; Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. E-mail: VProhorenko@niito.ru.

БИОМЕХАНИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ ЧРЕСКОСТНЫЙ ОСТЕОСИНТЕЗ В ЛЕЧЕНИИ ПЕРЕЛОМОВ ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ, ОСЛОЖНЕННЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ОСТЕОМИЕЛИТОМ, И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

А.В. Цискарашвили, Р.Э. Меликова, А.В. Жадин, К.А. Кузьменков

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Цель исследования. Изучить результаты лечения пациентов с переломами плечевой кости и их последствий, в том числе осложненных хроническим остеомиелитом, методом биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза.

Материалы и методы. Проведен ретроспективный анализ результатов лечения переломов и ложных суставов плечевой кости, в том числе осложненных хроническим остеомиелитом, методом биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза у 74 пациентов, находившихся в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» в период с 2011 по 2019 г. Остеосинтез аппаратом стержневой компоновки выполнен 36 (48,6 %) пациентам, спице-стержневой — 38 (51,4 %).

Результаты. Полная консолидация костных отломков плечевой кости и купирование гнойно-воспалительного процесса достигнуты во всех исследуемых случаях. Отличных результатов лечения удалось добиться в 25 (34 %) наблюдениях, хорошие получены у 44 (60 %), удовлетворительные констатированы у 4 (6 %) пациентов. Неудовлетворительных исходов не зарегистрировано.

Заключение. Применение биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза при лечении переломов плечевой кости и их последствий, в том числе осложненных хроническим остеомиелитом, обеспечило до 94 % отличных и хороших результатов.

Ключевые слова: плечевая кость; ложный сустав; последствия травм; хронический остеомиелит; дефект костной ткани; биомеханическая концепция; чрескостный остеосинтез.
Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Источник финансирования: авторы не получали финансирование за данную работу.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Цискарашвили А.В., Меликова Р.Э., Жадин А.В., Кузьменков К.А. Биомеханически обоснованный чрескостный остеосинтез в лечении переломов плечевой кости, осложненных хроническим остеомиелитом, и их последствий // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(4):28-40. doi: <https://doi.org/10.17816/vto57136>

BIOMECHANICAL EVIDENCE-BASED TRANSOSSEOUS OSTEOSYNTHESIS IN TREATMENT OF HUMERUS FRACTURES COMPLICATED BY CHRONIC OSTEOMYELITIS AND CONSEQUENCES

A.V. Tsiskarashvili, R.E. Melikova, A.V. Zhadin, K.A. Kuzmenkov

N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow

Aim. To study the results of treatment of patients with fractures of the humerus and their consequences, including those complicated by chronic osteomyelitis, by the method of biomechanically grounded transosseous osteosynthesis.

Materials and methods. A retrospective analysis of the results of treatment of fractures and pseudarthrosis of the humerus, including those complicated by chronic osteomyelitis, was carried out by the method of biomechanically substantiated transosseous osteosynthesis in 74 patients who were in the N.I. N.N. Priorov in the period from 2011 to 2019. Osteosynthesis with a rod-based apparatus was performed in 36 (48.6%) patients, with a spoke-rod — in 38 (51.4%) patients.

Results. Complete consolidation of bone fragments of the humerus and relief of the purulent-inflammatory process were achieved in all cases studied. Excellent treatment results were achieved in 25 (34%) cases, good results were obtained in 44 (60%) patients, satisfactory results were stated in 4 (6%) patients. No unsatisfactory outcomes were registered.

Conclusion. The use of biomechanically based transosseous osteosynthesis in the treatment of fractures of the humerus and their consequences, including those complicated by chronic osteomyelitis, provided up to 94% of excellent and good results.

Key words: humerus; pseudarthrosis; sequelae of trauma; chronic osteomyelitis; bone defect; biomechanical concept; transosseous osteosynthesis.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: the authors received no external funding.

TO CITE THIS ARTICLE: Tsiskarashvili AV, Melikova RE, Zhadin AV, Kuzmenkov KA. Biomechanical evidence-based transosseous osteosynthesis in treatment of humerus fractures complicated by chronic osteomyelitis and consequences. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):28-40. doi: <https://doi.org/10.17816/vto57136>

ВВЕДЕНИЕ

Лечение переломов плечевой кости различной локализации, осложненных хроническим остеомиелитом, продолжает оставаться актуальной проблемой и достаточно сложной задачей в современной травматологии и ортопедии, ввиду ее анатомо-топографических, биомеханических особенностей и существующего высокого риска повреждения сосудисто-нервного пучка на всех уровнях сегмента как во время травмы, так и в процессе хирургического вмешательства.

Среди всех повреждений опорно-двигательной системы на долю травматизма плечевой кости приходится 3–13,5 % [1, 5, 9], из них 14,4–72 % случаев составляют диафизарные переломы [5, 9]. Повреждения проксимального отдела встречаются в 5–15 % [2], а по некоторым данным в 32–65 % наблюдений [13]. При этом 58,3 % травм данной локализации сочетаются с вывихами головки плечевой кости [2] и 30 % — с повреждениями магистральных сосудов и крупных нервов [3]. В меньшей степени наблюдаются переломы дистальной трети сегмента — 6,5–15 % [21].

Закрытый вид переломов плечевой кости по частоте превалирует над открытым, 94,4 против 5,6 % [20]. При этом лица молодого возраста травмируют конечность вследствие высокоэнергетической травмы (дорожно-транспортное происшествие, кататравма, занятия спортом), а старшего возраста (более 60 лет) в основном имеют бытовой характер повреждения с преимущественной локализацией перелома в 87–90 % случаев в области хирургической шейки [3, 13, 14].

Несмотря на постоянное совершенствование металлофиксаторов для остеосинтеза и оперативной техники [11, 13], процент неудовлетворительных результатов не снижается и составляет 57,1 % случаев [20]. Последнее обусловлено развитием в послеоперационном и отделенном периодах разного рода осложнений, но наиболее тяжелое и распространенное среди них — формирование ложного сустава. Удельный вес псевдоартрозов плечевой кости, по данным разных авторов, варьирует в пределах от 15 до 33 % наблюдений [23, 28, 31].

Лечение данного последствия длительное, многоэтапное и сопровождается образованием пострезекционных костных дефектов (0,5–27 %) [18], а присоединившаяся инфекция не только усугубляет сложность лечения и пролонгирует пребывание пациента в стационаре, но и в разы увеличивает его стоимость [29, 31]. При этом неудовлетворительный исход наблюдается в 21–71 % случаев [1, 22] и в 32,6 % клинических ситуациях приводит к инвалидизации пациента [20]. Согласно литературным

источникам, доля чрескостного остеосинтеза при лечении несращений переломов и ложных суставов составляет 50 %, и достигает 90 % при их сочетании с инфекцией костной ткани [36].

Цель исследования: изучить результаты лечения пациентов с переломами плечевой кости и их последствий, в том числе осложненных хроническим остеомиелитом, методом биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 74 пациентов с переломами всех уровней плечевой кости и их последствиями методом биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза, находившихся на лечении в отделении последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» за период с 2011 по 2019 г. Среди них женщин 34 (45,9 %), мужчин — 40 (54,1 %). Средний возраст составил 46 лет (от 18 до 83 лет). Женщин трудоспособного возраста (до 55 лет) было 18 (24,3 %), мужчин (до 60 лет) — 37 (50 %).

Критерии включения в исследование: 1. Изолированный перелом плечевой кости. 2. Чрескостный остеосинтез аппаратом внешней фиксации. 3. Демонтаж аппарата внешней фиксации в условиях нашего отделения. 4. Сроки амбулаторного наблюдения — 1 год и более с момента демонтажа аппарата.

Критерии исключения из исследования: 1. Множественные и комбинированные травмы. 2. Многооскольчатые и внутрисуставные переломы проксимального или дистального отделов плечевой кости. 3. Демонтаж аппарата внешней фиксации в других лечебных учреждениях. 4. Срок амбулаторного наблюдения после снятия аппарата — менее 1 года.

Из общего числа (74) пациентов с острыми переломами плечевой кости в среднем в течение 8 дней с момента получения травмы поступило 18 (24,3 %) человек, с замедленной консолидацией — 7 (9,5 %), с ложными суставами — 49 (66,2 %). 68 (92 %) пациентов были с инфекционными осложнениями. Локализации уровней повреждения представлены в табл. 1.

Распределение пациентов по механизму травмы и виду перелома представлено в табл. 2.

Согласно биомеханической классификации переломов длинных костей, отломки делятся на рычагообладающие и не обладающие свойствами рычага [33–35]. Из 74 пациентов однорычаговые повреждения диагностированы у 24 (32,4 %) человек, двухрычаговые — у 50 (67,6 %).

Сроки обращения в нашу клинику с момента получения травмы широко варьировали от 7 дней до

Таблица 1 / Table 1

Распределение пациентов по уровням локализации повреждения плечевой кости

Dispersion of the patients according to location of humerus fracture

Патология	Проксимальный отдел		Диафиз						Дистальный отдел		Всего	
			Верхняя треть		Средняя треть		Нижняя треть					
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Перелом	2	2,7	4	5,4	5	6,8	2	2,7	5	6,8	18	24,3
Замедленная консолидация	1	1,4	2	2,7	2	2,7	1	1,4	1	1,4	7	9,5
Ложный сустав	3	4,1	14	18,9	20	27	7	9,5	5	6,8	49	66,2
Всего	6	8,1	20	27	27	36,5	10	13,5	11	14,9	74	100

Таблица 2 / Table 2

Распределение пациентов по характеру травмы и виду перелома плечевой кости

Dispersion of the patients according to trauma and fracture type

Механизм травмы	Вид перелома					
	закрытый		открытый		всего	
	n	%	n	%	n	%
Дорожно-транспортное происшествие	23	31,1	10	13,5	33	44,6
Бытовой	26	35,1	5	6,8	31	41,9
Производственный	1	1,4	2	2,7	3	4,1
Огнестрельный	2	2,7	—	—	2	2,7
Патологический	4	5,4	—	—	4	5,4
Спортивный	1	1,4	—	—	1	1,4
Всего	57	77	17	23	74	100

8 лет, в среднем — 3,5 года. Из них на догоспитальном этапе 45 (60,8 %) человек многократно (3 раза и более) подвергались оперативным вмешательствам.

Первичный остеосинтез пластиной и винтами проведен у 46 (62,2 %) больных: при закрытых переломах — 40 (54 %), открытых — 6 (8 %); интрамедуллярным штифтом с блокированием были прооперированы 8 (10,8 %) человек: 6 (8 %) — с закрытым и 2 (2,7 %) — с открытым повреждениями. Аппарат внешней фиксации, как первичный метод, применен в 10 (13,5 %) клинических случаях: по 5 (6,8 %) больных с закрытой и открытой травмой соответственно. У 2 (2,7 %) пациентов был произведен комбинированный остеосинтез: «накостный — интрамедуллярный», «накостный — аппарат внешней фиксации».

Кроме того, реостеосинтез одним и тем же видом металлофиксатора, в частности пластиной или штифтом, при отсутствии признаков консолидации произведен в 4 и 1 наблюдении соответственно. Очередность методов остеосинтеза при неудовлетворительных исходах лечения применена у 20 (27 %) пациентов, из них 4 (5,4 %) — в сочетании с костной пластикой области несращения. Последовательность методик продемонстрирована в табл. 3.

Консервативное лечение до поступления проведено 8 (10,8 %) пациентам.

Необходимо отметить, что 25,7 % очередности методик произведены у пациентов с закрытыми переломами.

Таблица 3 / Table 3

Последовательность выполнения остеосинтеза у пациентов с неоднократными оперативными вмешательствами в анамнезе

Stages of osteosynthesis in patients with multi-stage surgical treatment

Очередность методов остеосинтеза	Всего	
	n	%
Пластина — штифт	2	2,7
Пластина — аппарат	10	13,5
Пластина — штифт и аппарат	2	2,7
Пластина — штифт — пластина	1	1,4
Штифт — аппарат	2	2,7
Аппарат — штифт	2	2,7
Аппарат — пластина — аппарат	1	1,4
Всего	20	27,1

Таблица 4 / Table 4

Распределение пациентов с учетом сроков развития хронического остеомиелита области перелома плечевой кости
Dispersion of the patients according to time period of humerus fracture osteomyelitis development

Срок развития инфекционного осложнения	Количество пациентов	
	n	%
До 4 недель	51	75
1–3 месяца	8	11,8
3 месяца – 1 год	7	10,3
1 год – 3 года	2	2,9
Всего	68	100

Разделение пациентов по срокам развития инфекционного осложнения на группы представлено в табл. 4.

Длительность течения заболевания колебалась в широких пределах от 7 дней до 14 лет: до 1 месяца — 6 (8,8 %) человек, от 1 месяца до 1 года — 28 (41,2 %), от 1 года до 3 лет — 25 (36,8 %), от 3 до 6 лет — 7 (10,3 %), более 6 лет — 2 (2,9 %) пациента.

Нейропатии поврежденной верхней конечности зафиксированы у 18 (24,3 %) пациентов, среди которых с повреждением плечевого сплетения — 4 (5,4 %) случая, локтевого нерва — 2 (2,7 %), подмышечного — 1 (1,4 %), изолированно лучевого — 7 (9,5 %), в сочетании с поражением последнего со срединным и локтевым нервами — 3 (4,1 %) и 1 (1,4 %) соответственно. Причем 13 (17,6 %) пациентов имели посттравматическую этиологию нейропатии, 5 (6,8 %) — ятрогенную (после оперативного вмешательства).

Все пациенты в предоперационном периоде проходили полное клинко-рентгенологическое, лабораторное обследование. Так, изучение локального статуса пациентов во всех случаях выявило патологическую подвижность в зоне повреждения, гиперемию и гипертермию — у 32 (43,2 %), деформацию в области перелома/ложного сустава плечевой кости — у 17 (23 %), наличие свищей с гнойным отделяемым — в 26 (35,1 %) случаях, рана и инфильтрат в области послеоперационного рубца отмечена у 4 (5,4 %) и 1 (1,4 %) больного соответственно. При поступлении 63 (81,1 %) пациента жаловались на болевой синдром и во всех исследуемых случаях на нарушение функции пораженной конечности. Следует отметить, что ввиду давности первичной травмы и неоднократных оперативных вмешательств удельный вес пациентов с контрактурами смежных суставов различной степени при госпитализации в нашу клинику составил 55 (74,3 %) человек: изолированно плечевого сустава — 18 (24,3 %), локтевого — 14 (18,9 %), обоих суставов — 20 (27 %), всех трех суставов, включая лучезапястный, — 3 (4,1 %), с укорочением исследуемого сегмента от 2 до 3 см — 4 (5,4 %) наблюдения.

С сопутствующей патологией, такой как сахарный диабет 2-го типа, ожирение, вирусные гепатиты В и С, эндокринные нарушения, остеопороз, усугубляющей течение хронического остеомиелита и влияющей на исход лечения, было 18 (24,3 %) пациентов.

Рентгенологический анализ выявил наличие металлоконструкций у 25 (33,8 %) пациентов. Дефект-ложные суставы имели 15 (20,3 %) человек из общего числа больных, при этом у 5 из них размер дефекта костной ткани составил от 3 до 5 см.

На догоспитальном этапе помимо стандартных методов исследования для определения обширности границ поражения костной ткани, точной локализации секвестров также выполняли компьютерную томографию (КТ). Для выявления гнойных затеков, определения границ пораженных мягкотканых структур — магнитно-резонансную томографию (МРТ). При наличии свища проводили фистулографию. Микробиологический забор материала с последующей идентификацией возбудителя и тестированием чувствительности к исследуемым антибиотикам осуществляли: до операции (в случаях свища или раны), при хирургическом вмешательстве (минимум из 3 точек) и в послеоперационном периоде, не менее трех раз. Гистологическое исследование интраоперационного биоптата производили с целью уточнения наличия хронического воспалительного процесса поврежденного сегмента.

Методом выбора оперативного лечения для всех пациентов был чрескостный остеосинтез, осуществляемый аппаратами стержневой или гибридной компоновок с учетом основных критериев биомеханической концепции фиксации костных отломков. Компоновка аппарата внешней фиксации зависела от локализации повреждения сегмента. Кроме того, при необходимости, в предоперационном планировании обязательно учитывали место компактомии в целях замещения костного дефекта или удлинения сегмента при значительном его укорочении.

Анализ результатов лечения методом биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза проводили по следующим показателям:

- восстановлению анатомической оси плечевой кости;
- функциональности конечности;
- рентгенологическим признакам полной консолидации области перелома;
- клинко-лабораторным данным купирования воспалительного процесса.

Также мы ориентировались на субъективную оценку самочувствия пациентов, используя шкалу DASH (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand). Среднее значение по шкале DASH у пациентов до операции составило 29,4 балла.

Динамику анатомо-функционального состояния конечности осуществляли амбулаторно в условиях поликлинического приема на основании результатов локального статуса и рентгенограмм плеча в двух проекциях (прямой и боковой) ежемесячно с момента выписки до демонтажа аппарата. После демонтажа аппарата контроль проводили в сроки

1 раз в 3 мес., а затем 1 раз в 6 мес. Статистическая обработка данных проведена с помощью программы IBM SPSS Statistics 22. Для представления данных использованы методы описательной статистики.

В качестве дополнительной задачи исследования выдвинуто предположение о возможной связи механизма травмы (высоко/низкоэнергетическая) и количестве отломков кости, обладающих свойствами рычага (один либо два). При расчетах использовался критерий χ^2 Пирсона.

Алгоритм хирургического лечения

При проведении оперативного вмешательства мы придерживались критериев, выработанных многолетним клиническим опытом нашей клиники: а) экономная резекция костных концов в пределах жизнеспособной ткани; б) реканализация костномозгового канала в случаях его облитерации как проксимального, так и дистального фрагментов; в) их адаптация; г) стабильная и жесткая фиксация костных отломков, с учетом их рычаговых свойств, аппаратом внешней фиксации в трех плоскостях и шести степенях свободы. Операцию завершали адекватным дренированием и ушиванием раны. В редких случаях во время операции для лучшей визуализации и выделения лучевого нерва мы использовали гемостатический жгут.

При наличии свищевого хода после забора материала для микробиологического исследования через катетер вводили 1 % раствор бриллиантовой зелени. Как правило, разрез осуществляли по ходу имеющегося рубца от предыдущих операций с иссечением свища при его наличии. В отдельных ситуациях использовали передний доступ в проксимальном отделе, латеральный с выделением лучевого нерва — при переломах в средней трети диафиза плечевой кости и задний срединный — в дистальном отделе, чтобы исключить контакт с лучевым нервом.

Далее обнажали зону повреждения. При наличии металлических фиксаторов их удаляли. Осуществляли санацию ложа фиксатора (пластины) для лучшей визуализации патологического участка, оценки жизнеспособности и определения размера дефекта костной ткани. Иссекали рубцовую, грануляционную ткани. В случаях интрамедуллярного штифта после его извлечения выполняли тщательную санацию костномозгового канала на всем протяжении. Обязательным условием являлась реканализация облитерирующего костномозгового канала для вовлечения эндоста в последующий процесс остеогенерации. Резекцию выполняли в пределах здоровой костной ткани до появления «кровяной росы». Добивались конгруэнтности резецированных концов с целью оптимальной их адаптации.

Следующим этапом приступали к чрескостному остеосинтезу аппаратом стержневой или спице-стержневой компоновок. Определяли число уровней фиксации плечевого сегмента, используя биомеханические критерии костных отломков. Согласно биомеханической концепции костные отломки и осколки длинных костей подразделяются на обладающие и не обладающие рычаговыми свойствами. Дифференциация костных отломков по рычаговым свойствам основывается на следующем принципе: если длина отломка не превышает величину равной двум диаметрам кости на уровне линии излома, то такой отломок не обладает свойствами рычага. Если же максимальная длина отломка превышает данную величину, то он обладает рычаговыми свойствами, нейтрализация которых — обязательное условие для достижения стабильной фиксации [33–35, 37, 38]. Таким образом, переломы классифицируются на однорычаговые и двухрычаговые (рис. 1, 2).

К однорычаговым относятся переломы с полным нарушением поперечника кости, распространяющимся на 5 см от метафизарной зоны, то есть наи-



Рис. 1. Однорычаговый перелом

Fig. 1. One-lever fracture



Рис. 2. Двухрычаговый перелом

Fig. 2. Two-lever fracture



Рис. 3. Число уровней фиксации при однорычаговом переломе

Fig. 3. Number of fixation levels in one-lever fracture

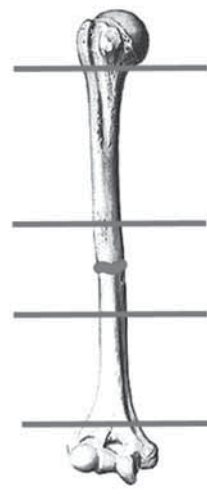


Рис. 4. Число уровней фиксации при двухрычаговом переломе

Fig. 4. Number of fixation levels in two-lever fracture

более широкой части в поперечнике. Рычаговыми свойствами обладает только один отломок, а отломки суставного конца ими практически не обладают. Такие переломы фиксируются на 3 уровнях: отломок, не обладающий свойствами рычага, — на одном уровне фиксации, а обладающий рычаговыми свойствами — на двух уровнях с разносом элементов фиксации на расстояние не менее 50 % длины отломка (рис. 3). Двухрычаговыми являются метадиафизарные и диафизарные переломы с распространением линии излома дальше диаметра вращения суставных концов кости. В данной группе повреждений оба отломка обладают свойствами рычага, поэтому они фиксируются на 4 уровнях, то есть по 2 уровня на каждом отломке (рис. 4) [35].

Руководствуясь принципами компактности и комфортности аппарата, не препятствующего движениям в плечевом и локтевом суставах, мы в основном использовали аппараты формы открытого контура (полукольца, секторы). Причем в проксимальной части полукольцо и сектор фиксировали на стержнях диаметром 5 или 6 мм в зависимости от параметров и конституции оперируемого сегмента. Фиксирующие элементы (стержни) проводили максимально близко к перпендикулярному углу относительно продольной оси отломков и в анатомически безопасных зонах: для проксимального отдела — по переднелатеральной поверхности через дельтовидную мышцу под углом 45° к фронтальной плоскости, учитывая топографию сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча (*caput longum m. bicipitis brachii*) и подмышечного нерва (*n. axillaris*), огибающего метафиз дорсолатерально на расстоянии 5–7 см книзу от акромиона (*acromion*). Минимальный угол фиксирующих элементов на проксимальном уровне составлял не менее 60°. Необходимо отметить, что чрезмерное глубокое введение фиксирующего элемента после прохождения второго кортикального слоя может повредить медиальный сосудисто-нервный пучок.

Для среднего отдела относительно безопасно места нет, поскольку лучевой нерв (*n. radialis*), идущий в плече-мышечном канале (*canalis humeromuscularis*) и спиралевидно огибающий кость в данной области в направлении снаружи кпереди, плотно прилегает к кости. Надо отметить, что независимо от опыта оперирующего хирурга риск повреждения лучевого нерва всегда присутствует. Поэтому, чтобы избежать данного осложнения, мы проводим стержни в направлении на 25–30° кзади от фронтальной оси плеча в положении конечности максимально согнутой в локтевом суставе. Введение элементов фиксации в таком положении верхней конечности предотвращает формирование разгибательной контрактуры в локтевом суставе в послеоперационном периоде, что представляет очень важным моментом для последующей полноценной реабилитации.

В дистальном отделе таковой зоной является задняя/заднелатеральная поверхность через трехглавую мышцу под углом 15–20° относительно фронтальной плоскости. При этом угол перекре-

ста введенных нами элементов составлял не менее 30–40°. В случае, как и с верхней третью, глубокая перфорация фиксирующего элемента при прохождении второго кортикального слоя может привести к повреждению плечевой артерии (*a. brachialis*) и срединного нерва (*n. medianus*).

После стабилизации аппарата внешней фиксации осуществляли интраоперационный рентгенологический контроль восстановления правильной анатомической оси сегмента во всех плоскостях и области контакта отломков плечевой кости. Далее переходили к заключительным этапам операции — дренированию, ушиванию раны и наложению асептических повязок. Кровопотеря независимо от степени сложности и объема оперативного вмешательства была минимальной.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Метод монолокального чрескостного остеосинтеза применен у 69 (93 %), билокального — у 5 (7 %) пациентов с пострезекционным дефектом 3 см и более либо с укорочением конечности на 4 см и более. Из них остеосинтез аппаратом стержневой компоновки выполнен 36 (48,6 %), спице-стержневой — 38 (51,4 %) пациентам. Одному пациенту со стойкой контрактурой локтевого сустава применена компоновка аппарата «плечо — предплечье», поскольку дистальный отломок плечевой кости вместе с предплечьем при анкилозе локтевого сустава — это единый рычаг, нейтрализация которого, создает необходимые условия для стабильной и жесткой фиксации костных отломков. Пациентам, которым требовалось замещение дефекта или удлинение конечности, вторым этапом осуществляли компактотомию.

Результаты лечения 48 (66 %) пациентов прослежены в сроки от 1 года до 3 лет, 22 (30 %) — до 6 лет, 3 (4 %) — до 10 лет. Из исследования выбыл 1 пациент по причине смерти от онкологии в течение 1 года после выписки. Во всех случаях достигнуто полное купирование воспалительного процесса и консолидация костных отломков плечевой кости.

Средний срок фиксации в аппарате составил 187 дней, пребывание в стационаре (сред. койко-день) — 16 дней. Длительность ступенчатой антибактериальной терапии (с последующим переходом на таблетированные формы) продолжалась в течение 2 нед. Подбор препаратов производили в соответствии с данными антибиотикограмм.

Повторное оперативное вмешательство за весь период фиксации аппаратом внешней фиксации потребовалось 6 (8,1 %) пациентам из-за развившихся осложнений: по поводу воспаления вокруг фиксирующих элементов — 3 (4 %) случая, формирование абсцесса — 1 (1,3 %), вторичное смещение — 2 (2,7 %) человека, которые произошли в результате падения пациентов на плечо, фиксированное аппаратом.

У 5 (7 %) пациентов произведена плановая адаптирующая резекция (до 0,5 см) костных концов после постепенной их компрессии.

Как уже было ранее отмечено, подавляющее большинство пациентов поступило в клинику в достаточно поздние сроки с момента получения первичной травмы. За этот период у многих успела развиться стойкая контрактура смежных суставов. Как правило, это многократно оперированные либо с тотальным повреждением плечевого сплетения больные, поэтому функциональное восстановление конечности у данной категории была второстепенной. Перед нами стояла первостепенная задача восстановления анатомической целостности плечевой кости и купирования инфекционного процесса.

Отличным считали результат с полной консолидацией области перелома, стойкой ремиссией инфекционного процесса, правильной анатомической осью плечевой кости, с полной амплитудой движений или незначительным ее ограничением в смежных суставах и укорочением плеча до 1 см. Хорошим — с укорочением до 2 см, незначительной остаточной деформацией оси сегмента, ограничением движений в смежных суставах до 30°. Удовлетворительным — сохранение болевого синдрома, укорочение более 2 см, с деформацией оси сегмента до 5°, ограничение объема движений в смежном суставе до 60°. Неудовлетворительный — отсутствие консолидации костных концов плечевой кости и не достигнутая ремиссия / частые рецидивы хронического остеомиелита.

Субъективная оценка состояния поврежденной конечности проведена по шкале DASH, согласно которой функциональность считали отличной в диапазоне от 0 до 8 баллов, хорошей — 9–20, удовлетворительной — 21–35 и неудовлетворительной — более 35 баллов.

Отличных результатов лечения удалось добиться в 25 (34 %) случаях, хорошие получены у 44 (60 %) пациентов, удовлетворительные констатированы у 4 (6 %). Неудовлетворительных исходов не зарегистрировано, так как во всех случаях было достигнуто сращение кости и купирован воспалительный процесс. Среднее значение итогов лечения по шкале DASH составило 10,3 балла, что входит в интервал хороших результатов.

При проверке гипотезы о возможной связи механизма травмы (высоко/низкоэнергетическая) и количестве отломков, которые обладают свойствами рычага, образующихся при переломе, при помощи критерия χ^2 Пирсона, статистическая достоверность связи не подтверждена ($p = 0,862$). Таким образом, на характер возникающего перелома плечевой кости влияет не степень энергетичности травмы сама по себе, а иные факторы, требующие дальнейших исследований.

КЛИНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР

Пациент, 49 лет, получил производственную травму в результате падения с высоты около 2 м. Диагноз: «Закрытый перелом на границе верхней и средней трети левой плечевой кости». Через 5 дней после травмы выполнен остеосинтез пластиной и винтами. Спустя месяц открылся свищ, в связи с чем произведено удаление металлоконструкции,

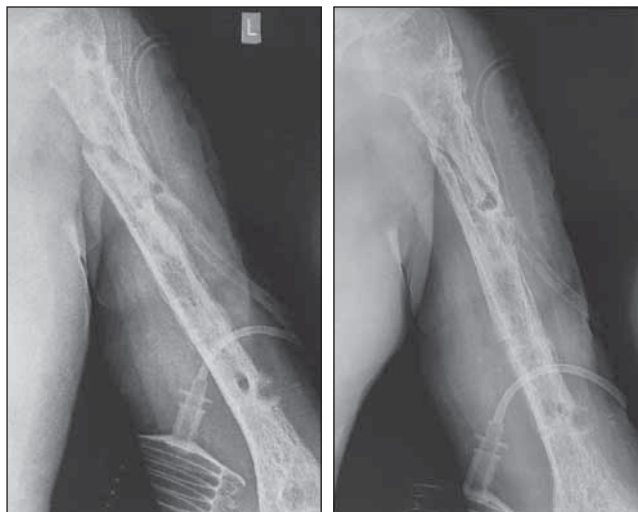


Рис. 5. Послеоперационные рентгенограммы левой плечевой кости после секвестрнекрэктомии

Fig. 5. Post-operative radiographs of the left humerus after sequestrectomy

секвестрнекрэктомию и реостеосинтез левой плечевой кости аппаратом внешней фиксации. Аппарат демонтирован через 6 мес. В последующем выполнялись неоднократные санационные операции левой плечевой кости по поводу рецидива в разных лечебных учреждениях (рис. 5).

Через 5 мес. при повторном падении пациент получил патологический перелом на границе проксимального и среднего отдела диафиза левой плечевой кости (рис. 6). Госпитализирован в нашу клинику.

При осмотре локально: патологическая подвижность на границе верхней и средней трети левого плеча. Движения в левом плечевом суставе: отведение/приведение — 30/180°, сгибание/разгибание — 40/180°, ротация — 10°. Движения в локтевом, лучезапястном суставах, суставах пальцев кисти — в полном объеме, безболезненные. Сосудисто-неврологических расстройств не выявлено.

В условиях нашей клиники выполнена операция: 1. Экономная резекционная секвестрнекрэктомию левой плечевой кости. 2. Реостеосинтез левой плечевой кости аппаратом внешней фиксации стержневой компоновки (рис. 7). Резекция костной ткани осуществлена в пределах жизнеспособной ткани. Согласно критериям биомеханической концепции, двухрычаговый перелом зафиксирован на 4 уровнях фиксации, по 2 уровня на каждом отломке. Рана была дренирована. В послеоперационном периоде проведена антибактериальная терапия [с учетом данных микробиологического исследования — метициллинрезистентный золотистый стафилококк (MRSA)]: Ванкомицин по 1 г 2 раза в день в/в капельно 12 дней. Параллельно проводили противовоспалительную, инфузионную терапию. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением. Дренажная трубка удалена на третьи сутки.

Пациент наблюдался амбулаторно 1 раз в месяц, разрабатывал движения в плечевом и в локтевом суставах. Через 7 мес. диагностирована консолидация области перелома левой плечевой кости, поле

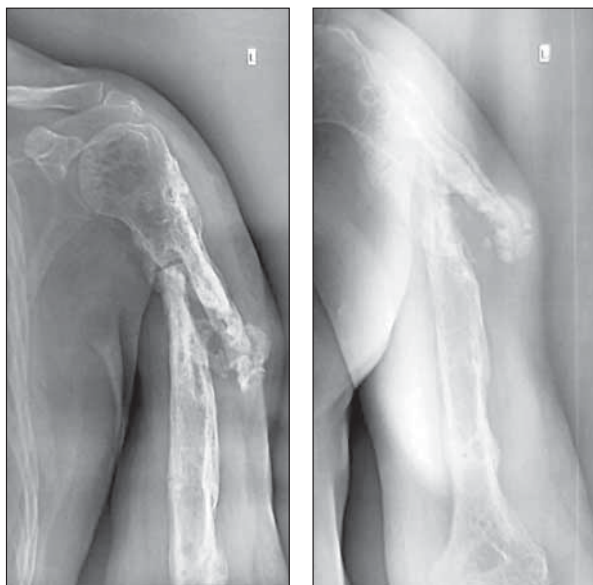


Рис. 6. Рентгенограммы левой плечевой кости при поступлении пациента в наше отделение

Fig. 6. Radiographs of the left humerus at the patient admission in our department



Рис. 7. Рентгенограммы левой плечевой кости после операции

Fig. 7. Radiographs of the left humerus after surgery

чего аппарат был демонтирован (рис. 8, 9), рецидивов за весь период наблюдения не зафиксировано. Функциональность конечности полностью восстановлена (рис. 10, 11).

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно проведенному нами анализу, частота травматизма плечевой кости в результате воздействия высококинетических сил (при дорожно-транспортном происшествии) и в быту практически одинакова — 44,6 и 42 % соответственно, что несколько расходится с данными зарубежных источников

(63,2 против 15,1 %) [24]. По нашим наблюдениям патологические переломы в основном встречаются у женщин старшего возраста, старше 70 лет, с сопутствующим менопаузальным остеопорозом или у многократно оперированных пациентов по поводу часто рецидивирующего остеомиелита плечевой кости.

Переломы диафиза (77 %) преобладают по сравнению с проксимальным и дистальным отделами сегмента. Причем в подавляющем большинстве случаев они локализируются в средней трети диафиза (36,5 %).

Исследование 17 пациентов из 25 с металлоконструкциями плечевой кости выявило их несо-

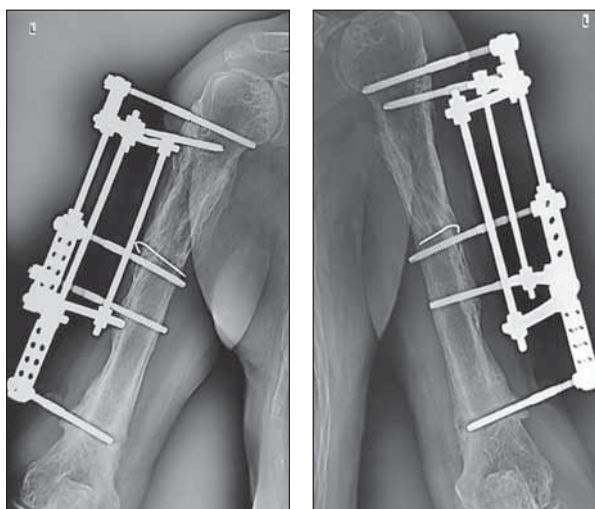


Рис. 8. Рентгенограммы до демонтажа аппарата. Сросшийся перелом на границе проксимального и среднего отдела левой плечевой кости

Fig. 8. Radiographs taken before removal of the external fixator. Consolidated fracture at the border of proximal and middle parts of the left humerus

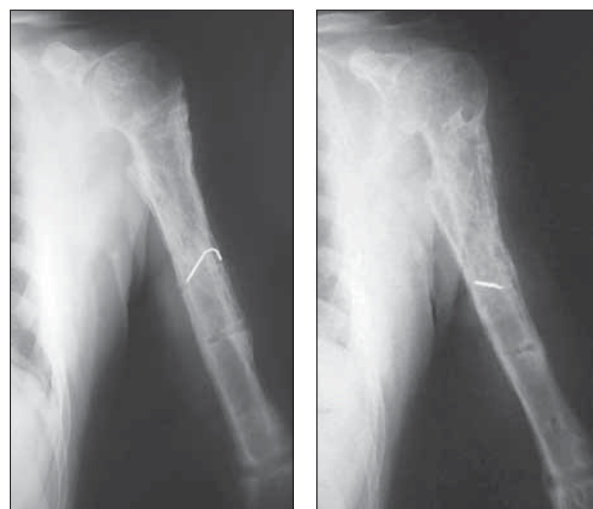


Рис. 9. Рентгенограммы левой плечевой кости после демонтажа аппарата внешней фиксации

Fig. 9. Radiographs of the left humerus, taken after removal of the external fixator

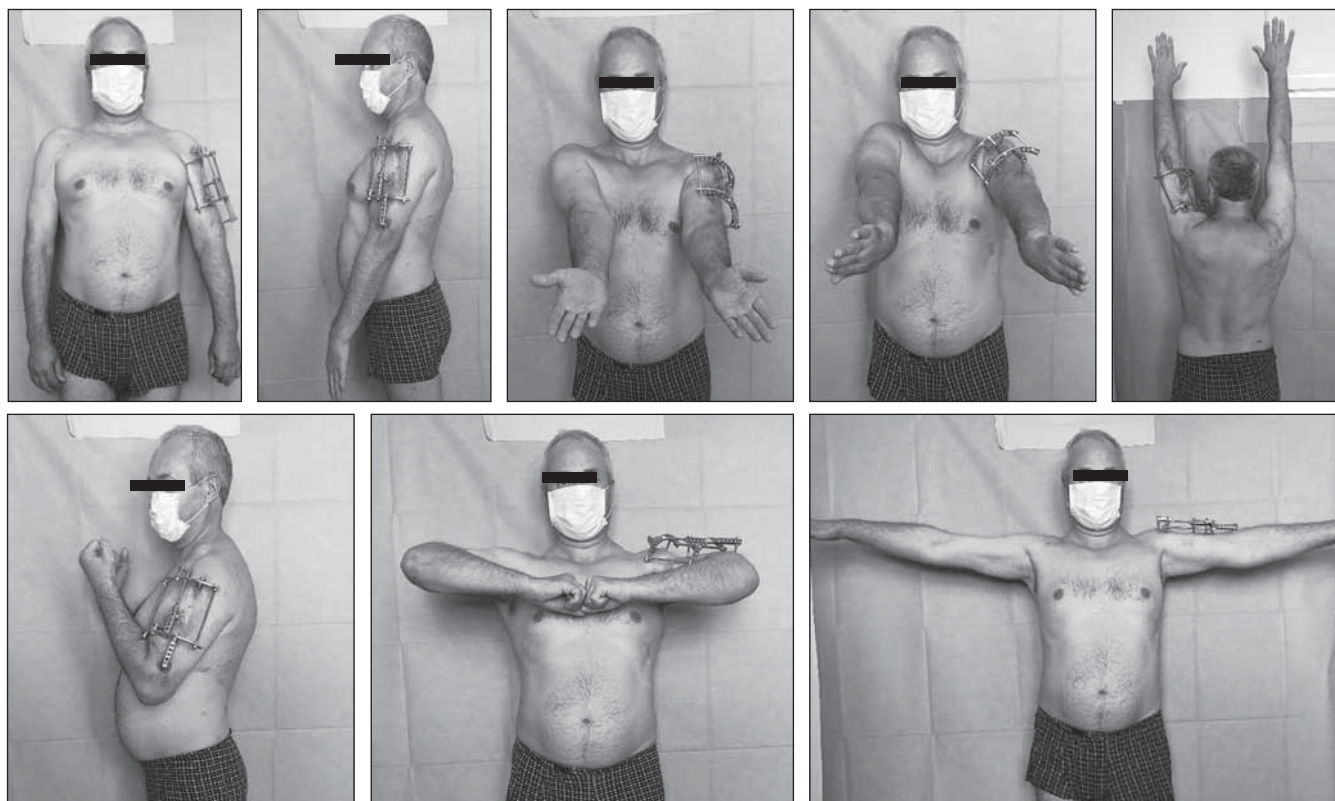


Рис. 10. Функциональность левой верхней конечности до демонтажа аппарата внешней фиксации

Fig. 10. Functional result of the left arm before removal of external fixator

ответствие основным критериям биомеханической концепции фиксации — первичный остеосинтез был нестабильным. Во всех клинических ситуациях несущая часть фиксаторов не превышала должные

2/3 длины каждого отломка, а фиксирующие элементы не были разнесены на расстояние не менее половины длины фрагмента [35]. В 32 % случаев стабильной металлоконструкции этиологическим



Рис. 11. Функциональность левой верхней конечности после демонтажа аппарата внешней фиксации

Fig. 11. Functional result of the left arm after removal of external fixator

фактором замедленной консолидации или несращения перелома послужило развитие хронического остеомиелита, что не противоречит данным, приведенным М. Leiblein и соавт. [23], согласно которым частота развития псевдоартроза плечевой кости, как следствие инфекционного осложнения, составила 38 % наблюдений [23, 27]. В настоящее время доказано влияние хронического остеомиелита на процесс консолидации перелома за счет непосредственного воздействия вирулентных микроорганизмов, вызвавших данную инфекцию, или их продуктов обмена на костную мозоль, что сопровождается активацией каскада реакций хемотаксиса макрофагов, гранулоцитов, провоспалительных цитокинов в патологический очаг, исходом которого является остеолиз костной ткани и как следствие нарушение стабильности фиксации [26].

Как видно из табл. 4 у 75 % пациентов инфекционное осложнение развилось в раннем послеоперационном периоде, и только лишь у 2,9 % — через 1 год и более после оперативного вмешательства.

Ретроспективное изучение выписной документации, предоставленной пациентами, свидетельствует о значительном числе случаев несоблюдения тактики лечения открытых повреждений плечевой кости и их последствий, в том числе основ антибактериальной терапии.

Порой клиника воспаления латентна и только проведение микробиологического и гистологического исследований нескольких интраоперационных биоптатов позволяет ее обнаружить [26]. Так, скрытое течение хронического остеомиелита диагностировано нами у 1 (1,4 %) пациента, что значительно ниже в сравнении с результатом, полученным в исследовании L. Mills и соавт. (5 % случаев) [27, 36].

Очередность методов остеосинтеза, в частности замена пластины на штифт или наоборот, при отсутствии признаков образования костной мозоли в зоне перелома приводит к дополнительной травматизации мягких тканей, нарушению эндостального и периостального кровоснабжения, и как следствие к еще большему усугублению процессов остеорепарации и неудовлетворительным исходам. Таким образом, причинами неудачных результатов лечения являются прежде всего ятрогенные: 1. Несоответствующий с биомеханической точки зрения проведенный остеосинтез, некорректный выбор первичной металлоконструкции, не способной обеспечить необходимую стабильную и жесткую фиксацию костных отломков в течение всего периода лечения. 2. Недостаточно правильная адаптация концов костных отломков. 3. Игнорирование противопоказаний к применению погружных металлоконструкций при высокой контаминации очага при открытых переломах (11 % случаев), что впоследствии приводит к развитию инфекционного процесса и хронического остеомиелита. Кроме того, усугубляющими факторами, оказывающими косвенное негативное влияние на результат лечения, считаются: ожирение (индекс массы тела >30) в 35–37 %, курение (38–53 %), сердечно-сосудистые

заболевания (37 %), метаболические нарушения костной ткани (32 %), а также политравма со множественными переломами длинных костей [28].

Биомеханически необоснованная замена одного погружного металлофиксатора на другой с применением костной пластики при дефектах, обширная отслойка надкостницы, вследствие несоблюдения оперативной техники, приводит к нарушению локального кровоснабжения сегмента. Как известно, любое вмешательство с имплантацией фиксатора, независимо от его вида, всегда сопряжено с риском инфекционного осложнения, а поочередное применение различных методов остеосинтеза при неудовлетворительном исходе в разы увеличивает вероятность развития данной осложнения.

Анализ данных также показал, что наиболее распространенный и часто применяемый первичный метод остеосинтеза плечевой кости — это накостная фиксация пластиной и винтами (62,2 %). При этом существенной разницы в частоте развития послеоперационных осложнений при использовании в качестве первичного метода пластины или интрамедуллярного штифта не выявлено [23] и составляет 30–35 % [4].

Доля нейропатий лучевого нерва при переломах всех уровней плечевой кости по старым источникам отечественной литературы составляет 1,3–20 % [17], по современным данным 11–12% (15,2 % всех диафизарных переломов) случаев [28], из них 3/4 повреждений происходит непосредственно во время получения травмы, а остальные — вследствие оперативного вмешательства [24]. В нашем исследовании нейропатия лучевого нерва отмечена в 14,9 % наблюдений (в основном, за счет переломов диафиза плечевой кости). При этом 10,8 % удельного веса повреждения нерва происходят у пациентов с переломом средней трети диафиза сегмента, среди которых 9,5 % развились после травмы, 5,4 % — вследствие оперативного вмешательства. Данные нашего исследования не противоречат описанным в литературе. В своей работе S. Yigit [24] приводит цифры 17,3 % нейропатий лучевого нерва из 52 пролеченных пациентов, что несколько больше в сравнении с нашими показателями. Возможно, такая высокая частота связана с включением в исследование пациентов исключительно с переломами диафиза плечевой кости.

Как показал анализ литературы, чрескостный остеосинтез как метод лечения переломов плечевой кости, их последствий и осложнений не столь предпочтителен и распространен среди оперирующих травматологов-ортопедов, о чем свидетельствует небольшое количество существующих публикаций в основных отечественных журналах за последние 10 лет. Так, с 2010 по 2020 г. всего выпущено 10 научных статей, посвященных данной тематике.

Проведенный нами анализ первичного остеосинтеза как метода выбора при открытых и закрытых переломах сегмента демонстрирует низкую приверженность к данной методике (13,5 %). Нерезультативность других способов лечения в 20 % случаев способствует вынужденному применению чрескостного остеосинтеза. Можно предположить,

что столь нераспространенное применение аппаратов внешней фиксации при повреждениях плеча обусловлено небольшим количеством специалистов, владеющих данным методом остеосинтеза, а также лечебных учреждений, занимающихся их подготовкой. Как показывает практика, для подготовки высококвалифицированного специалиста, владеющего техникой чрескостного остеосинтеза и знающего основы лечения последствий травм с костной инфекцией, требуется 7–10 лет.

Успешность остеосинтеза плечевой кости аппаратом внешней фиксации, согласно литературным источникам, составляет от 80 до 97 % [25, 28, 30, 32]. В нашем исследовании применение метода биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза у данной категории больных обеспечило 100 % положительных исходов, 94 % из которых — с отличным и хорошим функциональным состоянием конечности.

Преимущество метода биомеханически обоснованного чрескостного остеосинтеза заключается в возможности репозиции отломков закрытым способом, малой травматичности оперативного вмешательства, одновременном создании условий для стабильной фиксации фрагментов плечевой кости в трех плоскостях и шести степенях свободы, биологическом замещении обширных дефектов, динамическом управлении отломками на протяжении всего периода фиксации, купировании инфекционного процесса и ранней функциональной активности пациента [30], а также в индивидуальности каждой компоновки аппарата. Кроме того, процент осложнений (до 8 %) и вероятность травмирования лучевого нерва минимальны.

Зарубежные коллеги в лечении инфицированных ложных суставов плечевой кости придерживаются поэтапного подхода, где первым этапом выполняют радикальную санацию гнойно-воспалительного очага с последующей гипсовой иммобилизацией и ступенчатой антибактериальной терапией в течение 6 нед. После клинко-лабораторной ремиссии инфекционного процесса приступают ко второму этапу (в общей сложности через 8–12 нед. после первого этапа) — чрескостному остеосинтезу [25]. Подобная тактика обоснована сокращением срока фиксации сегмента в аппарате внешней фиксации с целью снижения риска развития специфических осложнений. Наш клинический опыт показывает отсутствие необходимости в двухэтапности методики лечения, поскольку в условиях чрескостного остеосинтеза возможно одновременно решить несколько задач: купирование гнойно-воспалительного процесса, обеспечение стабильной фиксации костных фрагментов на всем протяжении лечения, восстановление амплитуды движений в смежных суставах пораженного сегмента. Важно отметить, что частота осложнений составила 8,1 %, среди них доля специфических — 4 %, что в целом не отличается от показателей при двухэтапной методике лечения, пропонируемой нашими зарубежными коллегами.

Несмотря на отсутствие консенсуса в тактике лечения данной категории пациентов, успешность

результатов первичного остеосинтеза, независимо от вида выбранной металлоконструкции, зависит от правильного определения рычаговых свойств отломков плечевой кости и их нейтрализацией необходимой длины фиксатором, а также требует учета минеральной плотности костной ткани, остеорепаративных возможностей и состояния иммунного статуса организма, факторов риска разного рода осложнений, в том числе инфекционных, помимо всего немаловажное значение имеет опыт хирурга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биомеханически обоснованный метод чрескостного остеосинтеза позволяет свести многоэтапное лечение переломов плечевой кости, их последствий и осложнений в один этап, что существенно сокращает сроки реабилитации пациента и обеспечивает до 94 % отличных и хороших функциональных результатов.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Волна А.А., Загородний Н.В., Семенистый А.Ю. Динамика восстановления функции травмированной конечности у пациентов с диафизарными переломами плеча. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*. 2008;(6):161–162. [Volna AA, Zagorodnii NV, Semenisty AY. Dinamika vosstanovleniya funktsii travmirovannoi konechnosti u patsientov s diafizarnymi perelomami plecha. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Meditsina*. 2008;(6):161–162. (In Russ).]
2. Коган П.Г., Воронцова Т.Н., Шубняков И.И., и др. Эволюция лечения переломов проксимального отдела плечевой кости (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России*. 2013;(3):154–161. [Kogan PG, Vorontsova TN, Shubnyakov II, et al. Evolyutsiya lecheniya perelomov proksimal'nogo otdela plechevoi kosti (obzor literatury). *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2013;(3):154–161. (In Russ).]
3. Файн А.М., Ваза А.Ю., Сластинин В.В., Титов Р.С. Диагностика и лечение переломов проксимального отдела плечевой кости. *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2018;7(2):144–151. [Fain AM, Vaza AY, Slastinin VV, Titov RS. Diagnosis and treatment of proximal humerus fractures. *Russian Sklifosovskiy Journal "Emergency Medical Care"*. 2018;7(2):144–151. (In Russ).] doi: 10.23934/2223-9022-2018-7-2-144-151.
4. Попов В.П. Лечение переломов плечевой кости с применением биоактивных и биоинертных имплантатов. *Бюллетень сибирской медицины*. 2012;(6):160–166. [Popov VP. Lechenie perelomov plechevoi kosti s primeneniem bioaktivnykh i bioinertnykh implantatov. *Byulleten' sibirskoi meditsiny*. 2012;(6):160–166. (In Russ).]
5. Барабаш А.П., Гражданов К.А., Барабаш Ю.А., Балаян В.Д. Лечение последствий переломов диафиза плечевой кости с использованием различных методов стимуляции костеобразования в условиях стабильной фиксации отломков. *Генный ортопедии*. 2012;(2):77–81. [Barabash AP, Grazhdanov KA, Barabash YuA, Balayan VD. Lechenie posledstviy perelomov diafiza plechevoi kosti s ispol'zovaniem razlichnykh metodov stimulyatsii kosteobrazovaniya v usloviyakh stabil'noi fiksatsii otlomkov. *Genii ortopedii*. 2012;(2):77–81. (In Russ).]

6. Васюк В.Л., Брагарь А.А. Накостный остеосинтез переломов плечевой кости (обзор литературы). *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2011;(4):344–347. [Vasyuk VL, Bragar' AA. Nakostnyi osteosintez perelomov plechevoi kosti (obzor literatury). *Byulleten' VSNTs SO RAMN*. 2011;(4):344–347. (In Russ).]
7. Кочиш А.Ю., Майоров Б.А., Беленький И.Г. Оригинальный способ малоинвазивного наkostного остеосинтеза спирально изогнутыми пластинами при переломах диафиза плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(3):99–109. [Kochish AYu, Maiorov BA, Belen'kii IG. The new method of minimally invasive osteosynthesis of humeral shaft fractures with helical plates. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2016;22(3):99–109. (In Russ).] doi: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-99-109.
8. Толстых А.Л. Особенности восстановления архитектуры кости при многооскольчатых переломах проксимального отдела плеча. *Вестник новых медицинских технологий*. 2014;21(1):73–75. [Tolstykh AL. Open reposition of fresh shoulder dislocations fractures. *Journal of New Medical Technologies. eJournal*. 2014;21(1):73–75. (In Russ).] doi: 10.12737/4788.
9. Апагуни А.Э., Арзуманов С.В., Эсеналиев А.А. Пути улучшения качества жизни больных с переломами проксимального отдела и диафиза плечевой кости. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2009;(2):17–19. [Araguni AE, Arzumano SV, Esenaliev AA. Puti uluchsheniya kachestva zhizni bol'nykh s perelomami proksimal'nogo ot dela i diafiza plechevoi kosti. *Kubanskii nauchnyi meditsinskii vestnik*. 2009;(2):17–19. (In Russ).]
10. Майоров Б.А., Беленький И.Г., Кочиш А.Ю. Сравнительный анализ результатов использования трех способов остеосинтеза при переломах диафиза плечевой кости. *Гений ортопедии*. 2017;23(3):284–291. [Maiorov BA, Belen'kii IG, Kochish AYu. Comparison analysis of using three methods for humeral shaft fracture osteosynthesis. *Genii ortopedii*. 2017;23(3):284–291. (In Russ).] doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-284-291.
11. Набиев Е.Н. Стабильность остеосинтеза при переломах проксимального конца плечевой кости в эксперименте. *Гений ортопедии*. 2012;(1):15–18. [Nabiev EN. Stabil'nost' osteosinteza pri perelomakh proksimal'nogo kontsa plechevoi kosti v eksperimente. *Genii ortopedii*. 2012;(1):15–18. (In Russ).]
12. Николенко В.Н., Бейдик О.В., Мидаев Ю.М., и др. Анатомо-клиническое обоснование вариантов внешней фиксации при переломах плечевой кости с учетом особенностей ее васкуляризации. *Гений ортопедии*. 2006;(2):45–50. [Nikolenko VN, Beidik OV, Midaev YuM, et al. Anatomico-klinicheskoe obosnovanie variantov vneshnei fiksatsii pri perelomakh plechevoi kosti s uchetom osobennostei ee vaskulyarizatsii. *Genii ortopedii*. 2006;(2):45–50. (In Russ).]
13. Егизарян К.А., Ратьев А.П., Гордиенко Д.И., и др. Среднесрочные результаты лечения переломов проксимального отдела плечевой кости методом внутрикостного остеосинтеза. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(4):81–88. [Egiazaryan KA, Rat'ev AP, Gordienko DI, et al. Midterm treatment outcomes of proximal humerus fractures by intramedullary fixation. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2018;24(4):81–88. (In Russ).] doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88.
14. Монастырев В.В., Пономаренко Н.С., Михайлов И.Н., Бальжинимаев Д.Б. Диагностика и лечение пациентов с переломом проксимального отдела плечевой кости. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2018;154(3):66–71. [Monastirev VV, Ponomarenko NS, Mikhailov IN, Bal'zhinimaev DB. Diagnostics and treatment of proximal humerus fractures. *Sibirskii meditsinskii zhurnal (Irkutsk)*. 2018;(3):66–71. (In Russ).]
15. Bari MM, Shahidul Islam, Shetu NH, et al. Treatment of humerus nonunion using G.A. Ilizarov technique. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2015;(2):88–89. doi: 10.15406/mojor.2015.02.00046.
16. Гражданов К.А., Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Кауц О.А. Интрамедуллярный остеосинтез в лечении последствий переломов плечевой кости. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(3):523–529. [Grazhdanov KA, Barabash AP, Barabash YuA, Kauts OA. Intramedullary osteosynthesis in the treatment of humerus fracture consequences. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal*. 2018;14(3):523–529. (In Russ).]
17. Швед С.И., Сысенко Ю.М. Способ остеосинтеза переломов плечевой кости, сопровождающихся невритами лучевого нерва. *Гений ортопедии*. 2000;(2):74–77. [Shved SI, Sysenko YuM. Sposob osteosinteza perelomov plechevoi kosti, soprovozhdayushchikhsya nevrityami lucheвого нерва. *Genii ortopedii*. 2000;(2):74–77. (In Russ).]
18. Шаповалов В.М., Губочкин Н.Г., Микитюк С.И. Формирование кровоснабжаемых костных трансплантатов и их использование для лечения ложных суставов и дефектов костей. *Вестник хирургии имени И.И. Грекова*. 2013;172(4):63–67. [Shapovalov VM, Gubochkin NG, Mikityuk SI. Formation of vascularized bone grafts and their use for treatment of pseudoarthroses and bone defects. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2013;172(4):63–67. (In Russ).] doi: 10.24884/0042-4625-2013-172-4-063-067.
19. Сермяжко Г.К. Опыт стимуляции остеогенеза методом пьезоэлектрической экстракорпоральной ударно-волновой терапии при диафизарных переломах плечевой кости (описание клинического случая). *Вестник новых медицинских технологий*. 2013;(1):108. [Sermyazhko GK. The experiment are stimulation of osteogenesis the method piezoelectric extracorporeal shockwave therapy for the diaphyseal fractures of the humerus (a clinical case report). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*. 2013;(1):108. (In Russ).]
20. Батпенев Н.Д., Оспанов К.Т., Цай Д.А., Акишев К.Ш. Экспериментальная оценка стабильности наkostного остеосинтеза при переломе диафиза плечевой кости. *Медицина и экология*. 2010;(3):104–108. [Batpenov ND, Ospanov KT, Tsai DA, Akishev KSh. Eksperimental'naya otsenka stabil'nosti nakostnogo osteosinteza pri perelome diafiza plechevoi kosti. *Meditsina i ekologiya*. 2010;(3):104–108. (In Russ).]
21. Кривенко С.Н., Медведев Д.И. Остеосинтез мелких фрагментов при многооскольчатых переломах дистального метаэпифиза плечевой кости. *Гений ортопедии*. 2018;24(4):436–443. [Krivenko SN, Medvedev DI. Osteosynthesis of small fragments in multicomminuted fractures of the distal humerus metaepiphysis. *Genii ortopedii*. 2018;24(4):436–443. (In Russ).] doi: 10.18019/1028-4427-2018-24-4-436-443.
22. Ключин Н.М., Шляхов В.И., Злобин А.В., и др. Чрескостный остеосинтез при лечении остеомиелита длинных костей верхней конечности. *Гений ортопедии*. 2010;(4):45–50. [Klyushin NM, Shlyakhov VI, Zlobin AV, et al. Transosseous osteosynthesis in treatment of osteomyelitis of upper limb long bones. *Genii ortopedii*. 2010;(4):45–50. (In Russ).]
23. Leiblein M, Verboket R, Marzi I, et al. Nonunions of the humerus — treatment concepts and results of the last five years. *Chin J Traumatol*. 2019;22(4):187–195. doi: 10.1016/j.cjtee.2019.04.002.
24. Yigit S. What should be the timing of surgical treatment of humeral shaft fractures? *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(17):e19858. doi: 10.1097/MD.00000000000019858.

25. Ferreira N, Marais LC, Serfontein C. Two stage reconstruction of septic non-union of the humerus with the use of circular external fixation. *Injury*. 2016;47(8):1713–1718. doi: 10.1016/j.injury.2016.06.014.
26. Kanakaris NK, Tosounidis TH, Giannoudis PV. Surgical management of infected non-unions: an update. *Injury*. 2015;46 Suppl 5:S25–32. doi: 10.1016/j.injury.2015.08.009.
27. Mills L, Tsang J, Hopper G, et al. The multifactorial aetiology of fracture nonunion and the importance of searching for latent infection. *Bone Joint Res*. 2016;5(10):e512–e519. doi: 10.1302/2046-3758.510.BJR-2016-0138.
28. Scaglione M, Fabbri L, Dell’Omo D, et al. The role of external fixation in the treatment of humeral shaft fractures: a retrospective case study review on 85 humeral fractures. *Injury*. 2014;46(2):265–269. doi: 10.1016/j.injury.2014.08.045.
29. Леончук Д.С., Сазонова Н.В., Ширяева Е.В., Ключин Н.М. Хронический посттравматический остеомиелит плеча: экономические аспекты лечения методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова. *Генеральная ортопедия*. 2017;23(1):74–79. [Leonchuk DS, Sazonova NV, Shiryayeva EV, Klyushin NM. Chronic posttraumatic osteomyelitis of the humerus: economic aspects of treatment with the method of transosseous osteosynthesis method using the Ilizarov fixator. *Genii ortopedii*. 2017;23(1):74–79. (In Russ).] doi: 10.18019/1028-4427-2017-23-1-74-79.
30. de Azevedo MC, de Azevedo GM, Hayashi AY, Dourado Nascimento PE. Treatment of post-traumatic humeral fractures and complications using the Osteoline® external fixator: a treatment option. *Rev Bras Ortop*. 2011;46(4):390–397. doi: 10.1016/S2255-4971(15)30250-0.
31. Pagliarello P, Testa G, Lombardini AA, et al. Two stage treatment for infected nonunion of the humerus: a case report. *Infect Dis Trop Med*. 2017;3(2):e390.
32. Donders JC, Lorch DG, Helfet DL, Kloen P. Surgical technique: treatment of distal humerus nonunions. *HSS J*. 2017;13(3):282–291. doi: 10.1007/s11420-017-9551-y.
33. Pichkhadze IM. *Atlas of long bones and pelvis fractures*. London: Blue Chip Publishing; 2002.
34. Цискарашвили А.В. *Лечение больных с переломами длинных костей, осложненных гнойной инфекцией, с учетом биомеханической концепции фиксации отломков*: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2009. [Tsiskarashvili AV. Lechenie bol’nykh s perelomami dlinnykh kostei, oslozhnennykh gnoinoi infektsiei, s uchetom biomekhanicheskoi kontseptsii fiksatsii otlomkov. [dissertation] Moscow; 2009. (In Russ).]
35. Цискарашвили А.В., Жадин А.В., Кузьменков К.А., и др. Биомеханически обоснованный чрескостный остеосинтез у пациентов с ложными суставами бедренной кости, осложненные хроническим остеомиелитом. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2018;25(3–4):71–78. [Tsiskarashvili AV, Zhadin AV, Kuz’menkov KA, et al. Biomechanically validated transosseous fixation in patients with femur pseudarthrosis complicated by chronic osteomyelitis. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2018;25(3–4):71–78. (In Russ).] doi: 10.17116/vto201803-04171.
36. Simpson AH, Robiati L, Jalal MM, Tsang ST. Non-union: indications for external fixation. *Injury*. 2019;50S:73–S78. doi: 10.1016/j.injury.2019.03.053.
37. Чернышов А.А. *Лечение переломов дистального отдела плечевой кости методом чрескостного остеосинтеза на основе биомеханической концепции фиксации отломков*: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2003. [Chernyshov AA. Lechenie perelomov distal’nogo otdela plechevoi kosti metodom chreskostnogo osteosinteza na osnove biomekhanicheskoi kontseptsii fiksatsii otlomkov. [dissertation] Moscow; 2003. (In Russ).]
38. Натуветти Р.Р. *Экспериментальное обоснование и клиническое применение биомеханической концепции фиксации отломков при переломах проксимального и среднего отделов плечевой кости методом чрескостного остеосинтеза*: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2001. [Natuvetti RR. Eksperimental’noe obosnovanie i klinicheskoe primeneniye biomekhanicheskoi kontseptsii fiksatsii otlomkov pri perelomakh proksimal’nogo i srednego otdelov plechevoi kosti metodom chreskostnogo osteosinteza. [dissertation] Moscow; 2001. (In Russ).]

Сведение об авторах:

Арчил Важаевич Цискарашвили — канд. мед. наук, врач — травматолог-ортопед высшей квалификационной категории, заведующий отделением последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: armed05@mail.ru.

Регина Энверпашаевна Меликова — аспирант отделения последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва.

Андрей Валерьевич Жадин — врач — травматолог-ортопед отделения последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва.

Константин Александрович Кузьменков — врач — травматолог-ортопед отделения последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва.

Information about the authors:

Archil V. Tsiskarashvili — Cand. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist of the highest qualification category, Head of the Department of consequences of musculoskeletal system traumas and infection complication. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail. armed05@mail.ru.

Regina E. Melikova — postgraduate student of the Department of consequences of musculoskeletal system traumas and infection complication. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

Andrei V. Zhadin — traumatologist-orthopedist of the Department of consequences of musculoskeletal system traumas and infection complication. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.

Konstantin A. Kuzmenkov — traumatologist-orthopedist the Department of consequences of musculoskeletal system traumas and infection complication. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia.



НЕВРОПАТИЯ МАЛОБЕРЦОВОГО НЕРВА КАК ОСЛОЖНЕНИЕ ПОСЛЕ ТОТАЛЬНОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА: ОСОБЕННОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ

А.В. Новиков, В.А. Антонова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Приволжский исследовательский медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Нижний Новгород

Эндопротезирование коленного сустава признано золотым стандартом в лечении его дегенеративных заболеваний III–IV стадии и последствий травматических повреждений. Количество таких операций растет, точно так же растет количество осложнений после таких вмешательств. Среди них частота невропатий периферических нервов не велика, но поражение малоберцового нерва после тотальной артропластики коленного сустава может привести к выраженному нарушению функции нижней конечности, снижению повседневной активности и качества жизни пациента. В работе проанализированы результаты лечения 254 пациентов после первичного и ревизионного эндопротезирования коленного сустава. Признаки поражения малоберцового нерва при поступлении на второй этап реабилитации были выявлены в 3,9 % случаев. Выполненное в динамике клинико-функциональное обследование показало, что наличие невропатии малоберцового нерва усугубляло тяжесть уже имеющихся функциональных расстройств у пациентов после эндопротезирования коленного сустава. Установлено, что комплексное интенсивное восстановительное лечение, которое должно начинаться сразу после постановки диагноза и проводиться с перерывами на протяжении не менее 6 мес., в 75 % случаев может восстановить функцию пораженного нерва.

Ключевые слова: коленный сустав; эндопротезирование; артропластика; малоберцовый нерв; невропатия; реабилитация.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Новиков А.В., Антонова В.А. Невропатия малоберцового нерва как осложнение после тотального эндопротезирования коленного сустава: особенности реабилитации // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(4):41–45. doi: <https://doi.org/10.17816/vto57137>

NEUROPATHY OF THE PERONEAL NERVE AS A COMPLICATION AFTER TOTAL KNEE ARTHROPLASTY: CHARACTERISTICS OF REHABILITATION

A.V. Novikov, V.A. Antonova

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Knee arthroplasty is recognized as the “gold standard” in the treatment of stage III–IV degenerative diseases and the consequences of traumatic injuries. The number of surgeries is growing, and the number of complications after considered interventions is growing as well. Frequency of peripheral nerve neuropathies is not high, but damage to the peroneal nerve after total arthroplasty of the knee joint can lead to severe dysfunction of the lower limb, decrease in daily activity and the patient’s quality of life. The article analyzes the treatment results of 254 patients after primary and secondary knee arthroplasty. Signs of damage to the peroneal nerve upon admission to the second stage of rehabilitation were identified in 3.9% of cases. The clinical and functional examination performed in dynamics showed that the presence of neuropathy of the peroneal nerve aggravated the severity of the existing functional disorders in patients after knee arthroplasty. It has been established that complex intensive rehabilitation treatment, which should begin immediately after the diagnosis is made and be carried out intermittently for at least six months, restore the function of the affected nerve in 75% of cases.

Key words: knee joint; endoprosthesis; arthroplasty; peroneal nerve; neuropathy; rehabilitation.

Conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

Funding: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Novikov AV, Antonova VA. Neuropathy of the peroneal nerve as a complication after total knee arthroplasty: characteristics of rehabilitation. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):41–45. doi: <https://doi.org/10.17816/vto57137>

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий эндопротезирование коленного сустава признано золотым стандартом в лечении его дегенеративных заболеваний III–IV стадии и последствий травматических повреждений [1, 2]. Количество таких операций с каждым годом растет. Вместе с тем неизбежно растут и количество различных осложнений после таких вмешательств, значительно удлиняющих сроки лечения, а порой, сводящих на нет все усилия оперирующего хирурга. Особое внимание специалисты уделяют инфекционным и тромбоэмболическим осложнениям, асептической нестабильности протеза, перипротезным и стрессовым переломам, проблеме параартикулярной боли, контрактурам в суставах оперированной конечности [3–6]. Однако кроме группы «больших ортопедических» осложнений после эндопротезирования крупных суставов встречаются еще осложнения со стороны периферической нервной системы, которым в литературе, на наш взгляд, уделено недостаточное внимание. Данные о частоте поражения седалищного или малоберцового нерва после тотального эндопротезирования тазобедренного или коленного сустава противоречивы, что обусловлено различиями в технике вмешательства, конструкциях используемых имплантов, численностью исследуемой популяции, погрешностями в отчетности из-за стремления снизить количество послеоперационных осложнений [7]. Частота таких осложнений не велика — от 0,45 до 11 % общего количества выполненных операций [8–13]. Однако, если принять во внимание, что только в США число ежегодно выполняемых эндопротезирований достигает 600 000, то число пациентов, у которых может развиться послеоперационное повреждение нерва, будет варьировать от 1800 до 7800 [14, 15].

Несмотря на кажущуюся «простоту» патологии, поражение малоберцового нерва после тотальной артропластики коленного сустава может привести к выраженному нарушению функции нижней конечности, снижению повседневной активности и качества жизни пациента: они теряют способность работать, заниматься спортом и наслаждаться досугом. В результате поражения нерва больные могут испытывать невропатическую боль, что часто требует агрессивных обезболивающих средств и может привести к системным и когнитивным побочным эффектам.

Хирурги-ортопеды должны осознавать, что дисфункция малоберцового нерва — это возможная причина неудовлетворительной реабилитации и/или стойкого атипичного болевого синдрома после тотального эндопротезирования коленного сустава [12, 16]. Может быть поэтому такие осложнения — одна из наиболее частых причин судебных разбирательств, результатом которых могут быть не только огромные иски к лечебному учреждению, но и различные санкции в отношении оперирующего хирурга [17, 18].

Проведение пациентам с невропатиями периферических нервов комплексного этапного восстановительного лечения позволяет получить хорошие клинично-функциональные результаты, но реабилитация таких больных имеет свои нюансы, с которыми не все практические врачи знакомы.

Цель исследования: определить особенности реабилитации пациентов после эндопротезирования коленного сустава, осложненных невропатией малоберцового нерва.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Методом сплошной выборки были проанализированы результаты лечения 254 пациентов, поступивших в стационарное отделение реабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава. Среди пациентов преобладали женщины — 218 человек (85,8 %). Средний возраст больных составил 64,8 года ($s = 8,3$).

Первичное эндопротезирование было выполнено 243 пациентам (95,7 %), ревизионное — 11 (4,3 %). При этом у 28 больных ранее выполнялось эндопротезирование сустава контрлатеральной конечности. В качестве имплантов в 85 случаях использовали эндопротезы Zimmer, у 25 человек — эндопротезы DePuY, у 65 — импланты Wright. Прочие конструкции эндопротезов были использованы у 79 человек. Средняя продолжительность вмешательства составила 61,8 мин ($s = 11,6$), интраоперационная кровопотеря — 184,8 мл ($s = 45,7$).

На второй этап восстановительного лечения (стационарное отделение реабилитации) пациенты поступали через 5,7 дней ($s = 2,3$) после операции.

При поступлении в отделение оценивали общее состояние больного, выраженность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале боли, величину отека сустава и смежных сегментов, амплитуду активных движений в суставах оперированной конечности. При наличии признаков поражения периферических нервов проводили оценку выраженности неврологического дефицита (состояние чувствительности, силу мышц в баллах, сухожильные рефлексы).

Для определения тяжести поражения нервного ствола и динамики восстановления нервной проводимости применяли стимуляционную электронейромиографию (ЭНМГ), которую выполняли на аппарате «Нейромиограф» фирмы «МБН» со стандартным расположением электродов. О состоянии структуры нерва судили по данным ультрасонографии.

Для оценки функционального состояния пациента и его качества жизни использовали шкалу Лекена и опросник EQ-5.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием русской версии программы Statistica-10 для Windows, с помощью которой вычисляли средние значения (M), стандартное отклонение (s), стандартные ошибки средних (m). Критический уровень достоверности нулевой статистической гипотезы принимали равным 0,05.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Признаки поражения малоберцового нерва при поступлении на второй этап реабилитации были выявлены у 10 пациентов (3,9 %). Тщательный сбор анамнеза показал, что у двух больных клиника невропатии была еще до поступления на хирургическое вмешательство, что снизило количество послеоперационных невропатий до 3,1 %. Это больше, чем у отечественных авторов [8], но ниже, чем у зарубежных [9].

Клиническая картина поражения малоберцового нерва была классической: «свисающая стопа», невозможность ее тыльного сгибания и разгибания пальцев, а также сенсорные расстройства кожи переднелатеральной области голени и тыла стопы. При выполнении стимуляционной ЭНМГ получали блок проведения по двигательным волокнам нерва — симптом «биоэлектрического» молчания.

Ультразвуковое сканирование нерва выявило два варианта эхографической картины. У 6 пациентов при исследовании нерва определялись либо отсутствие, либо незначительные анатомо-морфологические изменения с сохраненной наружной оболочкой ствола. В двух случаях был выявлен симптом «песочных часов», что свидетельствовало о рубцовом сдавлении нервного ствола и служило дополнительным показанием к выполнению невролиза.

Мы не выявили зависимости частоты развития невропатии малоберцового нерва от вида использованного импланта, длительности операции, величины интраоперационной кровопотери. Однако следует обратить внимание на тот факт, что величина отека коленного сустава и верхней трети голени при поступлении у пациентов с развившейся невропатией составила 4,6 см ($s = 1,0$), в то время как у остальных она равнялась 2,8 см ($s = 1,8$) ($p < 0,005$). Мы не рассматривали такой отек как основную причину развития невропатии, но, несомненно, это фактор, утяжеляющий ее и требующий устранения.

Следует отметить, что у половины пациентов, несмотря на явные признаки поражения нервного ствола, консультацию невролога не назначали, а коррекцию терапии, проводимую в хирургическом отделении, не выполняли.

Наличие невропатии малоберцового нерва, на наш взгляд, усугубляло тяжесть уже имеющихся функциональных расстройств у пациентов после эндопротезирования коленного сустава, хотя балльные оценки по шкале Лекена (21,2, $s = 3,4$) и опроснику EQ-5 (11,4, $s = 1,6$) не отличались от пациентов, не имеющих невропатии (соответственно 20,6, $s = 4,0$, и 11,8, $s = 1,3$, балла соответственно). При заполнении опросника EQ-5 наличие чувства тревоги и депрессии отметили 6 пациентов. Нельзя не отметить у этих пациентов определенную агрессию по отношению к оперирующему хирургу, чувство его вины в развитии этого осложнения.

Таким образом, врачу-реабилитологу, помимо уже имеющихся «ортопедических проблем» (болевой синдром, отек сустава, асептическое воспа-

ление, нарушение функции нижней конечности), необходимо решать и неврологические проблемы, связанные с восстановлением функции периферического нерва. После обязательной консультации коррективы в реабилитационную программу путем дополнительного назначения лечебных физических факторов и медикаментов. Предполагали, что лечебные эффекты в дополнение к основному «ортопедическому» комплексу суммируются и потенцируются, а период их последствия увеличивается [19].

Неврологическая составляющая программы включала:

1. Рациональное ортезирование. Для фиксации стопы в функциональном положении, предупреждения растяжения сухожильно-связочного аппарата использовали легкие ортезы-стоподержатели. Сроки ношения ортеза определяли индивидуально с учетом динамики реиннервации и возможности удержания пациентом стопы в положении тыльного сгибания.

2. «Агрессивную» медикаментозную терапию. Назначаемые для купирования болевого синдрома и воспаления нестероидные противовоспалительные препараты сочетали с витаминами группы В, антиоксидантами, средствами для улучшения кровообращения нерва. Назначались препараты, улучшающие синаптическую передачу за счет ингибирования антихолинэстеразы. Для пациентов с нейропатическим компонентом боли при необходимости использовали габапентины, прегабалины, трициклические антидепрессанты. Медикаментозная терапия продолжалась и после выписки пациента из стационара.

3. Физиотерапевтическое лечение. Принимая во внимание малые сроки, прошедшие после оперативного вмешательства, выбор методик на данном этапе ограничен. Чаще использовали магнитотерапию, электрофорез лекарственных препаратов, массаж симметричной конечности. Количество процедур — 8–10. Применяли 40-минутные сеансы гипербарической оксигенации в барокамере БЛКС-307.

4. Рефлексотерапию, обязательный компонент реабилитационной программы. Классическая игло-рефлексотерапия, акупунктура токами крайне высокой частоты оказывают противоболевое, седативное, иммуностимулирующее, активизирующее действие на тканевую и регионарный кровоток, способствуют процессам восстановления нервной проводимости.

5. Кинезотерапию, не требовала особой коррекции. Для восстановления функции оперированной конечности применяли индивидуальную гимнастику, занятия на аппарате Artomot. Пациента обучали идеомоторным упражнениям, изометрической гимнастике.

Средний срок пребывания пациента в отделении составил 13,1 дня ($s = 2,0$). Если функция в коленном суставе за этот период улучшалась (снижалась интенсивность болевого синдрома, уменьшался отек сустава, нарастала амплитуда активных движе-

ний), то признаки поражения малоберцового нерва сохранялись у всех больных. Положительной динамикой по данным электронейромиографии также отмечено не было. Поэтому всем пациентам с интервалом в 1,5–2 мес. проводили повторные курсы (3–4) восстановительного лечения либо в условиях стационара, либо амбулаторно. При этом составляющие реабилитационных программ были те же, но объем проводимых мероприятий, особенно физиотерапии, был значительно больше. Использовали аппликации грязи, электростимуляцию, ультразвук, подводный массаж. Проводили повторные курсы рефлексотерапии, инъекций медикаментов.

Через 3, 6 и 8 мес. после эндопротезирования оценивали результаты проводимой терапии, анализируя динамику клинической картины и данных электронейромиографии, удовлетворенность пациента достигнутым результатом.

У 2 больных, которые имели поражение малоберцового нерва еще до операции, положительной динамики восстановления нервной проводимости не наблюдалось и через 8 мес.: отсутствовало активное тыльное сгибание стопы, сохранялись нарушения чувствительности, гипотрофия икроножной мышцы, «биоэлектрическое молчание». Несмотря на это, пациенты были довольны достигнутым результатом, что, на наш взгляд, связано с их адаптацией к имеющейся дисфункции нижней конечности.

Через 3 мес. после операции у половины пациентов с развившейся невропатией в послеоперационном периоде наблюдалась положительная динамика клинических проявлений: появились активные движения в суставах II–V пальцев, положительные попытки оторвать стопу от пола, субъективное улучшение чувствительности. По данным ЭНМГ сохранялись признаки резко выраженной невропатии по двигательным волокнам без положительной динамики относительно предыдущего исследования.

Лишь у 2 пациентов через 6 мес. полностью исчезли признаки поражения малоберцового нерва. У остальных, в том числе после ревизии нервного ствола, отмечалась положительная клиническая динамика, но остаточные признаки невропатии сохранялись. На ЭНМГ отмечалась небольшая положительная динамика. Это определило недовольство пациентов результатами лечения, необходимости проведения дополнительных курсов консервативной терапии.

Спустя 8 мес. после эндопротезирования полное восстановление функции нерва имело место еще у 4 человек. У 2 пациенток клинические проявления невропатии в виде слабости нижней конечности, чувства неустойчивости, гипестезии сохранялись. Это подтверждалось и данными ЭНМГ, где регистрировались признаки выраженной невропатии по двигательным волокнам.

В целом, полученные нами данные соответствуют данным литературы, что потенциал для восстановления дисфункции нерва колеблется от 50 до 89 % [7, 20]. Возможно, наши результаты обусловлены малыми сроками наблюдения (6–8 мес.), если принять во внимание, что периферические нервные

волокна обладают помимо функции проведения нервного импульса еще и способностью к аксональному транспорту. При регенерации восстановление их трофического влияния и импульсной активности идет не всегда параллельно. Как правило, аксональный регресс наступает быстрее, чем электропроводимость. В связи с этим паралич мышц может сохраняться довольно долго, но не следует это воспринимать за отсутствие эффекта. Этим, на наш взгляд, объясняется запаздывание положительной динамики ЭНМГ по сравнению с клиническими признаками реиннервации.

ВЫВОДЫ

1. Невропатия малоберцового нерва, возникающая после эндопротезирования коленного сустава, несмотря на незначительную частоту, является серьезным осложнением, усугубляющим нарушение функции оперированной конечности, снижающим качество жизни пациента и повышающим потенциал судебных разбирательств.
2. Реабилитационные мероприятия у больных невропатиями периферических нервов после эндопротезирования коленного сустава должны начинаться сразу после постановки диагноза — «промедление здесь смерти подобно!»
3. Основными составляющими реабилитационных программ: ортезирование, медикаментозная терапия, рефлексотерапия, физиотерапия, лечебная физкультура.
4. Участие невролога в мультидисциплинарной бригаде при ведении таких пациентов должно быть обязательным.
5. Судить о динамике восстановления нервной проводимости можно не ранее 3 мес. после начала интенсивного восстановительного лечения.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Ахтямов И.Ф. Некоторые аспекты применения биполярной гемиартропластики тазобедренного сустава у лиц пожилого возраста. В кн.: *Эндопротезирование в России: сб. науч. статей*. Вып. 5. Казань, СПб., 2009. С. 19–27. [Akhtyamov IF. Some aspects of the use of bipolar hemiarthroplasty of the hip joint in the elderly. In: (Conference proceedings) *Endoprotezirovanie v Rossii: sb. nauch. statei*. Issue 5. Kazan, Saint Petersburg; 2009. P. 19–27. (In Russ.)]
2. Зоря В.И., Чемянов И.Г., Шаповал А.И., и др. Неудовлетворительные исходы и возможные осложнения тотального эндопротезирования тазобедренного сустава имплантатами отечественного производства. В кн.: *Эндопротезирование крупных суставов: Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 50-летию отечественного эндопротезирования и 85-летию со дня рождения профессора К.М. Сиваш. М., 2009. С. 51–52. [Zorya VI, Chemyanov IG, Shapoval AI, et al. Unsatisfactory outcomes and possible complications of total hip arthroplasty with domestically produced implants. In: (Conference proceedings) *Endoprotezirovanie krupnykh sustavov: Vserossiiskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennaya 50-letiyu otechestvennogo endoprotezirovaniya i 85-letiyu so dnya rozhdeniya professora K.M. Sivash*. Moscow; 2009. P. 51–52. (In Russ.)]*

3. Than P, Kranicz J, Bellyei A. [Surgical complications and their treatment options in total knee replacement]. *Orv Hetil.* 2002;143(15):771–777. (In Hu).
4. Pankaj A, Malhotra R, Logani V, Bhan S. Bilateral femoral neck stress fractures following total knee arthroplasty: a case report and review of literature. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007;127(7):549–552. doi: 10.1007/s00402-007-0335-6.
5. Atalar H, Aytekin MN, Gunay C, Yavuz OY. Stress fracture of the femoral neck as a complication of revision arthroplasty of the knee: a case report. *Acta Orthop Belg.* 2008;74(3):418–420.
6. Алабут А.В., Сикилинда В.Д., Чесников С.Г., и др. Анализ осложнений эндопротезирования коленного сустава. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2015;(1):96–100. [Alabut AV, Sikilinda VD, Chesnikov SG, et al. Analysis of complications of knee arthroplasty. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki.* 2015;(1):96–100. (In Russ.)]
7. Nercessian OA, Ugwonalie OF, Park S. Peroneal nerve palsy after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2005;20(8):1068–1073. doi: 10.1016/j.arth.2005.02.010.
8. Ладыка И.Б., Николаев Н.С. Анализ неврологических осложнений после эндопротезирования крупных суставов с динамикой восстановления на этапах катамнеза. В кн.: *Риски в современной травматологии и ортопедии: Материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти профессора А.Н. Горячева.* Омск, 2013. С. 37. [Ladyka IB, Nikolaev NS. Analysis of neurological complications after arthroplasty of large joints with dynamics of recovery at the stages of follow-up. In: (Conference proceedings) *Riski v sovremennoi travmatologii i ortopedii: Materialy mezhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoi pamyati professora A.N. Goryacheva.* Omsk; 2013. P. 37. (In Russ.)]
9. Bickels J, Wittig JC, Kollender Y, et al. Reconstruction of the extensor mechanism after proximal tibia endoprosthesis replacement. *J Arthroplasty.* 2001;16(7):856–862. doi: 10.1054/arth.2001.25502.
10. Schinsky MF, Macaulay W, Parks ML, et al. Nerve injury after primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2001;16(8):1048–1054. doi: 10.1054/arth.2001.26591.
11. Park JH, Restrepo C, Norton R, et al. Common peroneal nerve palsy following total knee arthroplasty prognostic factors and course recovery. *J Arthroplasty.* 2013;28(9):1538–1542. doi: 10.1016/j.arth.2013.02.025.
12. Ward JP, Yang LJ, Urquhart AG. Surgical decompression improves symptoms of late peroneal nerve dysfunction after TKA. *Orthopedics.* 2013;36(4):e515–e519. doi: 10.3928/01477447-20130327-33.
13. Shetty T, Nguyen JT, Sasaki M, et al. Risk factors for acute nerve injury after total knee arthroplasty. *Muscle Nerve.* 2018;57(6):946–950. doi: 10.1002/mus.26045.
14. Cram P, Lu X, Kates SL, et al. Total knee arthroplasty volume, utilization, and outcomes among medicare beneficiaries, 1991–2010. *JAMA.* 2012;308(12):1227–1236. doi: 10.1001/2012.jama.11153.
15. Weinstein AM, Rome BN, Reichmann WM, et al. Estimating the burden of total knee replacement in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(2):385–392. doi: 10.2106/JBJS.L.00206.
16. Zywielski MG, Mont MA, Mc Grath MS, et al. Peroneal nerve dysfunction after total knee arthroplasty: characterization and treatment. *J Arthroplasty.* 2011;26(3):379–385. doi: 10.1016/j.arth.2010.03.020.
17. Upadhyay A, York S, Macaulay W, et al. Medical malpractice in hip and knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2007;22(6 Suppl 2):2–7. doi: 10.1016/j.arth.2007.05.003.
18. Gibon E, Farman T, Marmor S. Knee arthroplasty and lawsuits: the experience in France. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(12):3723–3728. doi: 10.1007/s00167-014-3292-y.
19. Ударцев Е.Ю. Синдромно-патогенетический подход к медицинской реабилитации после тотального эндопротезирования тазобедренного и коленного суставов. *Травматология и ортопедия России.* 2011;(2):30–36. [Udartsev EYu. Syndromic and pathogenetic approach to medical rehabilitation after total hip and knee arthroplasty. *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* 2011;(2):30–36. (In Russ.)]
20. Horlocker TT, Hebl JR, Gali B, et al. Anesthetic, patient, and surgical risk factors for neurologic complications after prolonged total tourniquet time during total knee arthroplasty. *Anesth Analg.* 2006;102(3):950–955. doi: 10.1213/01.ane.0000194875.05587.7e.

Информация об авторах:

Александр Вульфович Новиков — д-р мед. наук, главный научный сотрудник, врач — травматолог-ортопед высшей категории. ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород. E-mail: novik2.55@mail.ru.

Виктория Антоновна Антонова — канд. мед. наук, врач-невролог. ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, Нижний Новгород. E-mail: novik2.55@mail.ru.

Information about the authors:

Aleksandr V. Novikov — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Chief researcher, traumatologist-orthopedist of the highest category. Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod. E-mail: novik2.55@mail.ru.

Victoriya A. Antonova — MD, Cand. Sci. (Med.), neurologist. Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod. E-mail: novik2.55@mail.ru.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУР НЕКЛЕТОЧНЫХ ТКАНЕЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОХРОНОЗЕ

С.Н. Шатохина¹, В.В. Зар¹, М.В. Зар¹, В.Н. Шабалин²

¹ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области
«Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва;

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научное исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва

Цель исследования: с помощью специальных методов дегидратации выявить особенности структурной организации твердой фазы биологических жидкостей пациента с редким генетическим заболеванием — охронозом. В качестве материала для исследования были взяты три биологические жидкости: моча, сыворотка крови и синовиальная жидкость. Для перевода биологических жидкостей в твердую фазу использованы методы клиновидной и краевой дегидратации (технология «Литос-Система»). Структуру твердой фазы биологических жидкостей изучали с помощью микроскопии в белом и поляризованном свете, а также в темном поле. Установлено, что в структурах твердой фазы биологических жидкостей находят отражение основные клинические признаки охроноза, а также есть информация о сопутствующих патологических процессах. Специфические структуры твердой фазы больных охронозом могут быть использованы в качестве диагностических маркеров данного заболевания.

Ключевые слова: охроноз; артроз; твердофазные структуры биологических жидкостей; клиновидная и краевая дегидратация.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Шатохина С.Н., Зар В.В., Зар М.В., Шабалин В.Н. Особенности структур неклочных тканей организма человека при охронозе // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(4):46-52. doi: <https://doi.org/10.17816/vto46934>

STRUCTURAL FEATURES OF NON-CELLULAR TISSUES OF THE HUMAN BODY DURING OCHRONOSIS

S.N. Shatokhina¹, V.V. Zar¹, M.V. Zar¹, V.N. Shabalin²

¹ M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia;

² Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

With the help of special methods of dehydration, the features of the structural organization of the solid phase of biological fluids of a patient with a rare genetic disease — ochronosis were revealed. Three biological fluids were taken as material for the study: urine, blood serum, and synovial fluid. For the transfer of biological fluids into a solid phase, the methods of cuneiform and marginal dehydration (technology “Litos-System”) were used. The structure of the solid phase of biological fluids was studied using stereomicroscopy in white and polarized light, as well as in a dark field. It was found that the structures of the solid phase of biological fluids reflect the main clinical signs of ochronosis, and also contains information about concomitant pathological processes. Specific structures of the solid phase of patients with ochronosis can be used as diagnostic markers of this disease.

Key words: ochronosis; arthrosis; solid-phase structures of biological fluids; wedge-shaped and marginal dehydration.

Conflict of interest: n/a.

Financing source: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Shatokhina SN, Zar VV, Zar MV, Shabalin VN. Structural features of non-cellular tissues of the human body during ochronosis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):46-52. doi: <https://doi.org/10.17816/vto46934>

Молекулярные структуры неклочных тканей — биологических жидкостей — несут в себе наиболее полную интегральную информацию о состоянии отдельных органов и организма в целом [1]. С помощью диагностической технологии «Литос-Система» (разрешение ФС № 2009/155 от 15 июня 2009 г.) были установлены особенности системной и локальной организации различных видов био-

логических жидкостей человека в норме и при ряде патологических состояний. В том числе была изучена системная организация синовиальной жидкости у здоровых людей и больных гонартрозом на различных стадиях заболевания [2], выявлены маркерные структуры синовиита инфекционного и реактивного генеза [3], описана реакция иммунологического отторжения на сплавы металлов эндопротеза [4].

В данной работе объектом исследования был пациент Х., 59 лет, с диагнозом: двусторонний медиальный гонартроз с преимущественным поражением справа. Во время эндопротезирования правого коленного сустава установлено, что хрящевая ткань бедренной и большеберцовой костей, а также обоих менисков были окрашены в черный цвет. Данный факт заставил провести более детальное обследование пациента, при котором было отмечено серо-голубое прокрашивание ушных раковин и темно-коричневая пигментация склер. Учитывая полученные данные, было высказано предположение о сопутствующем диагнозе — охроноз. Для уточнения диагноза биологические жидкости (моча, кровь и синовиальная жидкость) пациента были направлены в лабораторию для проведения морфологических исследований по технологии «Литос-Система».

Цель исследования: выявить особенности структур твердой фазы биологических жидкостей больного гонартрозом и охронозом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалами для исследования стали моча, сыворотка крови и синовиальная жидкость больного гонартрозом и охронозом. Исследовали утреннюю порцию мочи (через час после отсаивания моча приобретала насыщенный желто-серый цвет). Общий анализ мочи не показал отклонений от референтных значений. Кровь из вены забирали без стабилизатора, натошак. После свертывания кровь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин, сыворотку переносили в отдельную пробирку. Взятие синовиальной жидкости осуществлялось под артроскопическим контролем в газовой среде (CO_2 , 60 мм H_2O) — получено около 110 мкл жидкости.

Исследование структур биологических жидкостей проводили методами клиновидной и краевой дегидратации (технология «Литос-Система»).

Техника постановки метода клиновидной дегидратации. Биологические жидкости наносили в окна тест-карт в объеме 20 мкл в виде капель. Нативную мочу и мочу в смеси с белковым Литос-реагентом (соотношение 4:1 соответственно) наносили на пластиковую поверхность окошек тест-карты ТК1, а сыворотку крови и синовиальную жидкость — в круглые окна тест-карты ТК4 диагностического набора Литос-Система (регистрационное удостоверение № ФСР 2008/02488 от 29 апреля 2008 г.). Дегидратация капель происходила в стандартных условиях (температура 20–25 °С, относительная влажность 55–60 % при неподвижности окружающего воздуха). Через 18–24 ч капли биологических жидкостей трансформировались в твердофазные структуры — фации (от лат. *facies* — лицо, образ). Для оценки общего состояния организма исследовали сыворотку свежеснятой крови (исходная фация) и через сутки ее хранения в пробирке при температуре +8 °С (суточная фация). Исследование структуры фаций биологических жидкостей прово-

дили с помощью стереомикроскопа MZ12 (фирма Leica) в белом и поляризованном свете, а также в частично-темном поле при увеличении в интервале от $\times 10$ до $\times 80$.

Техника постановки метода краевой дегидратации. Сыворотку крови и синовиальную жидкость наносили по 20 мкл в квадратные окна тест-карты ТК4 и накрывали покровными стеклами. Для каждой биологической жидкости готовили по три такие аналитические ячейки. Дегидратация проходила в стандартных условиях (см. выше) в течение 5 сут. Выявление маркерных структур твердой фазы биологических жидкостей (изоморфонов и анизоморфонов) проводили путем микроскопии в белом, частично в темном поле и при поляризованном свете (микроскоп DM2500 Leica) при увеличениях в интервале от $\times 100$ до $\times 800$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Метод клиновидной дегидратации. При микроскопии в белом свете фация нативной мочи пациента Х. имела серый цвет с просветлением по центру. Структура фации была представлена кристаллами солей различной формы, расположенными по всей площади фации (рис. 1, *a*). В поляризованном свете в центральной зоне фации находились компактные изотропные кристаллы, а в краевой зоне — анизотропные кристаллы вытянутой формы (рис. 1, *b*). Для сравнения на рис. 1, *c* представлена фация нативной мочи здорового пациента, которая значительно отличается по цвету и форме кристаллов солей. Центральная зона фации более насыщена кристаллами солей по сравнению с периферией.

В фациях мочи с Литос-реагентом (рис. 1, *d*, *e*) в промежуточной зоне определялись каскады темных штриховых трещин, отходящие от аркадных трещин краевой белковой зоны. Такие каскады характеризуют гипоксически-ишемическое состояние почечной ткани в результате усиленной функциональной нагрузки. Некоторые концы штриховых трещин заканчивались угловым изгибом, что указывает на носительство пациентом уреаплазмы. Все кристаллы солей были изотропными, но делились на крупные светлые (занимали центр фации) и мелкозернистые серые (прилегли к промежуточной зоне фации). В отдельных участках краевой белковой зоны определялись небольшие единичные скопления мелких структур черного цвета, что свидетельствовало о патологической кристаллизации солей в белковой среде (маркер низкой степени активности процесса камнеобразования в почках). Для сравнения представлена фация мочи с Литос-реагентом здорового человека: фация имеет чистую краевую (белковую) зону с единичными короткими аркадными трещинами и равномерно насыщенную кристаллами солей центральную область (рис. 1, *f*).

Фации сыворотки крови представлены на рис. 2. Обе фации (исходная и суточная) пациента Х. (рис. 2, *a*, *b*) отличались от нормы (рис. 2, *c*, *d*) дисгармоничным структуропостроением, трещины не

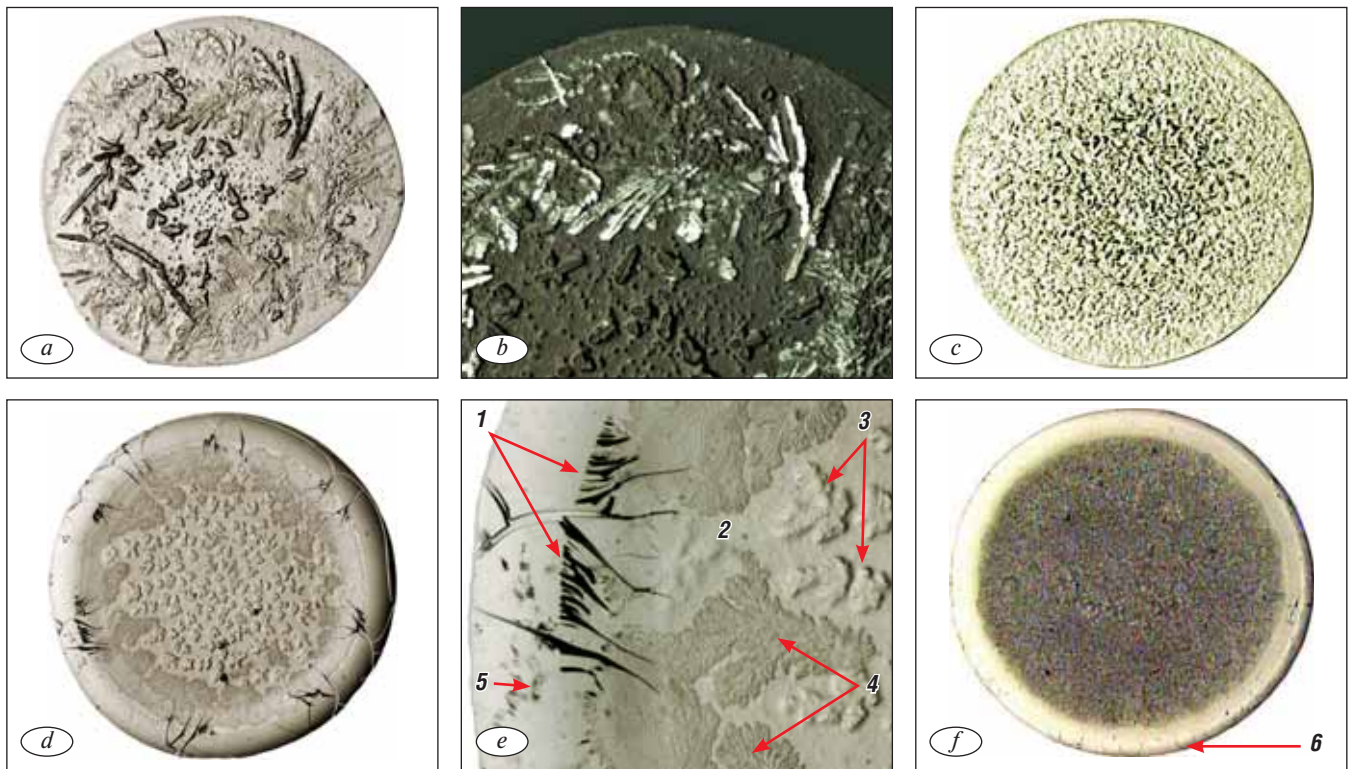


Рис. 1. Фации мочи и их фрагменты пациента X.: *a, b* — нативной мочи; *d, e* — мочи с Литос-реагентом. Стрелки: 1 — каскады штриховых трещин; 2 — угловой изгиб трещины (маркер уреаплазмы); 3 — светлые кристаллы; 4 — серые кристаллы; 5 — скопления мелких структур черного цвета; 6 — короткие аркадные трещины; *a, c, d, e, f* — микроскопия в белом свете. Фации мочи здорового человека: *c* — нативной; *f* — с Литос-реагентом; *a, c, d, f* — увел. $\times 12$; *b* — увел. $\times 40$ (микроскопия в поляризованном свете); *e* — увел. $\times 80$

Fig 1. Facies of urine and their fragments of patient X.: *a, b* — native urine; *d, e* — urine with Lithos reagent. Arrows: 1 — cascades of dashed cracks; 2 — angular bending of a crack (ureaplasma marker); 3 — light crystals; 4 — gray crystals; 5 — clusters of small black structures; 6 — short arcade cracks; *a, c, d, e, f* — microscopy in white light. The facies of a healthy person's urine: *c* — native; *e* — with Lithos reagent; *a, c, d, f* — $\times 12$; *b* — $\times 40$ (microscopy in polarized light); *d* — $\times 80$

имели радиальной направленности. Большую часть центральной зоны исходной фации пациента X. занимают поля мелкозернистых структур светло-серого цвета. Суточная фация представлена в частично темном поле, ее структура имеет признаки хронической эндогенной интоксикации: частичное раздвоение фации и токсические бляшки.

Фации синовиальной жидкости больного X. (рис. 3, *a*) значительно отличались от фаций пациентов с гонартрозом (*b*) и здоровых людей (*c*).

Фация синовиальной жидкости пациента X. имеет интенсивно серый цвет с просветлениями, в то время как фации пациентов без патологии суставов и с гонартрозом имеют желтоватый цвет. В то же

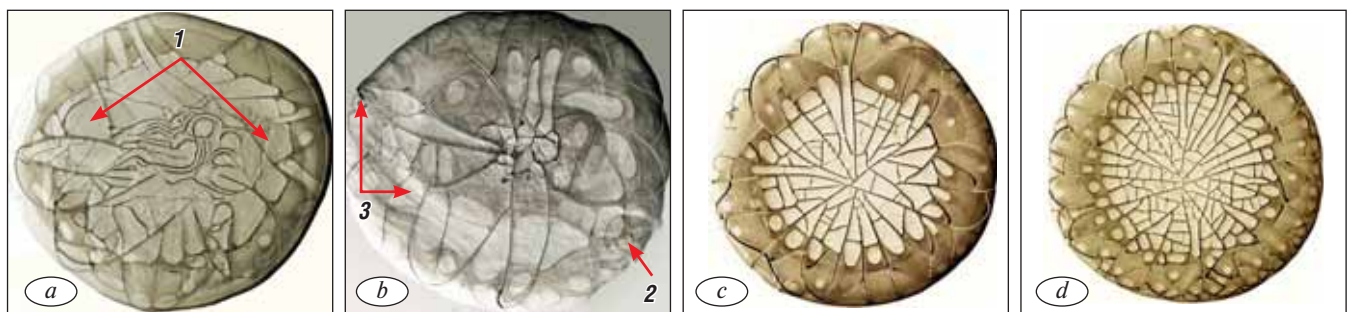


Рис. 2. Фации сыворотки крови пациента X.: *a* — исходная с полями мелкозернистых структур серого цвета; *b* — суточная (микроскопия в частично темном поле). Стрелки: 1 — поля зернистых структур серого цвета; 2 — граница частичного раздвоения фации; 3 — токсические бляшки. Фации сыворотки крови здорового человека — гармоничное структуропостроение (*c* — исходная; *d* — суточная). Микроскопия в белом свете. Увел. $\times 15$

Fig. 2. Blood serum facies of patient X.: *a* — initial with fields of fine-grained gray structures; *b* — in a day (microscopy in a partially dark field). Arrows: 1 — fields of gray granular structures; 2 — boundary of partial facies bifurcation; 3 — toxic plaques. The facies of the blood serum of a healthy person are harmonious structure (*c* — initial; *d* — in a day). White light microscopy. $\times 15$

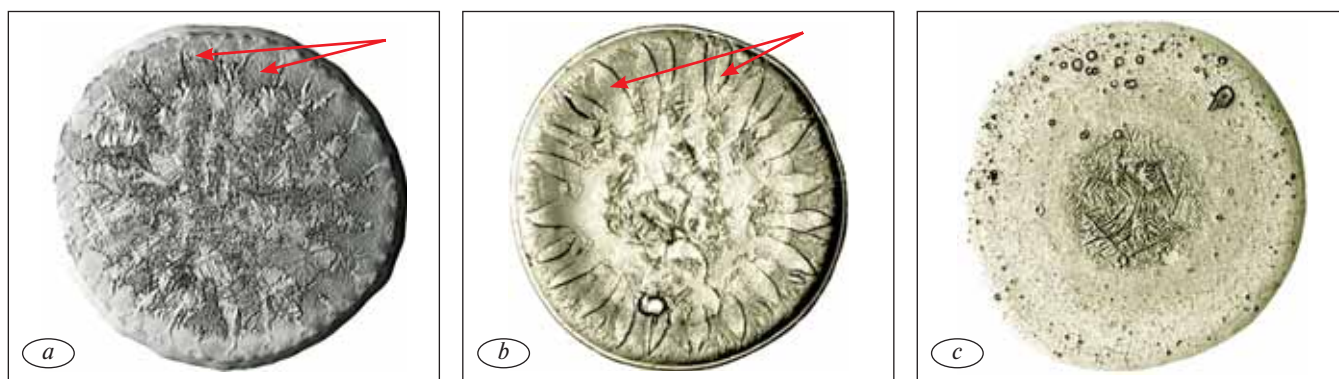


Рис. 3. Фации синовиальной жидкости пациентов: *a* — с охронозом и гонартрозом; *b* — с гонартрозом, *c* — без патологии суставов. Стрелками показаны веретеновидные образования — маркеры гонартроза. Микроскопия в белом свете. Увел. $\times 15$

Fig. 3. The facies of the synovial fluid of patients: *a* — with ochronosis and gonarthrosis; *b* — with gonarthrosis, *c* — without joint pathology. Arrows show spindle-shaped formations — markers of gonarthrosis. White light microscopy. $\times 15$

время, фация синовиальной жидкости пациента с охронозом имеет структурное сходство с фацией пациента с гонартрозом: по всей окружности промежуточной зоны расположены веретеновидные образования (рис. 3, *a* и *b*) — маркеры дегенеративно-дистрофического процесса — артроза [2].

Особенность структуры фации синовиальной жидкости пациента с охронозом состояла и в том, что ее краевая (органическая) зона была значительно шире по сравнению с таковой у пациента без охроноза и фрагментарно простиралась в промежуточную зону, что указывало на значительное накопление органических масс в синовиальной жидкости.

Веретеновидные образования в фации больного охронозом были импрегнированы мелкозернистыми массами светло-серого цвета (рис. 4, *a*). У пациента без охроноза веретеновидные образования не имели такой импрегнации (рис. 4, *b*).

Метод краевой дегидратации. В аналитических ячейках сыворотки крови состав анизотропных

структур (анизоморфонов), был представлен широким спектром. На рис. 5, *a* показан типичный анизоморфон сыворотки крови здорового человека — сферолит. Подобные сферолиты у пациента с охронозом отсутствовали. Анизоморфон, представленный на рис. 5, *b*, описан нами ранее у больных остеохондрозом шейно-грудного отдела позвоночника в сочетании с хронической ишемией головного мозга [5]. Этот сферолит как бы разломан на фрагменты. Мелкие темные точки на его поверхности — признак ишемии головного мозга. Анизоморфоны, которые представлены на рис. 5, *c–f*, мы не наблюдали ранее ни при каких патологических состояниях. Так, в сферолите (рис. 5, *c*) видно крупное включение черного цвета в центре и хаотично разбросанные черные пятна.

На рис. 5, *d* концевой фрагмент дендрита содержит яркие цветные вставки, расчерченные в виде мелкой сеточки. Подобный фрагмент представлен и на рис. 5, *e*, при этом вся масса анизоморфона насыщена множественными точечными вкрапле-

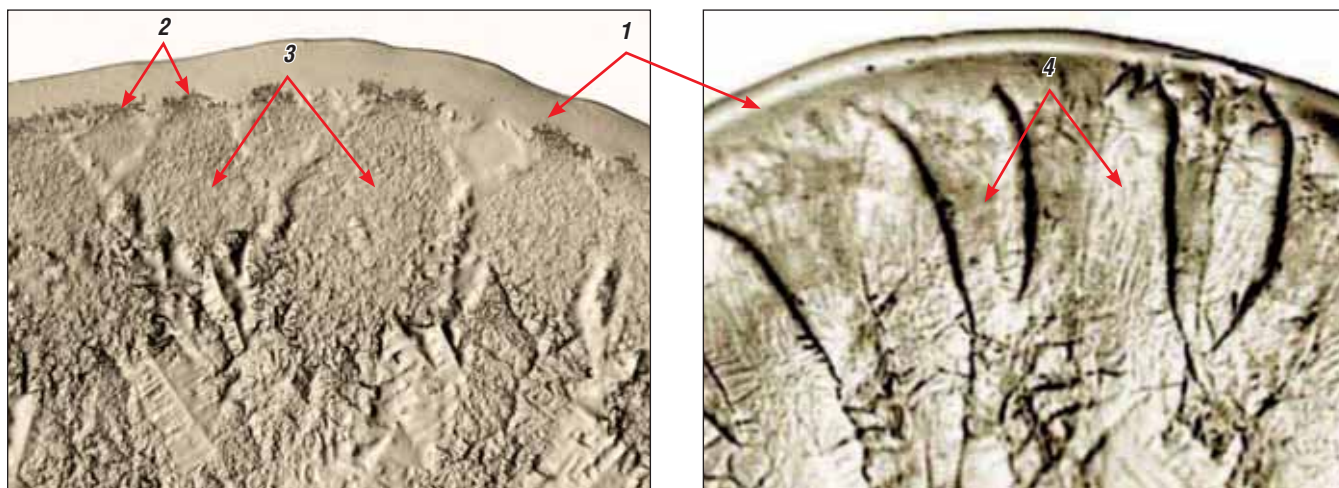


Рис. 4. Фрагменты фаций синовиальной жидкости пациентов с гонартрозом: *a* — в сочетании с охронозом; *b* — без охроноза. Стрелки: 1 — краевые зоны органической субстанции; 2 — отложения темно-серых зернистых масс; 3 — веретеновидные образования с наложением мелкозернистых масс светло-серого цвета; 4 — веретеновидные образования. Увел. $\times 80$

Fig. 4. Fragments of facies of synovial fluid of patients with gonarthrosis: *a* — in combination with ochronosis; *b* — without ochronosis. Arrows: 1 — marginal zones of organic substance; 2 — deposits of dark gray granular masses; 3 — fusiform formations with superimposed fine-grained masses of light gray color; 4 — fusiform formations. $\times 80$

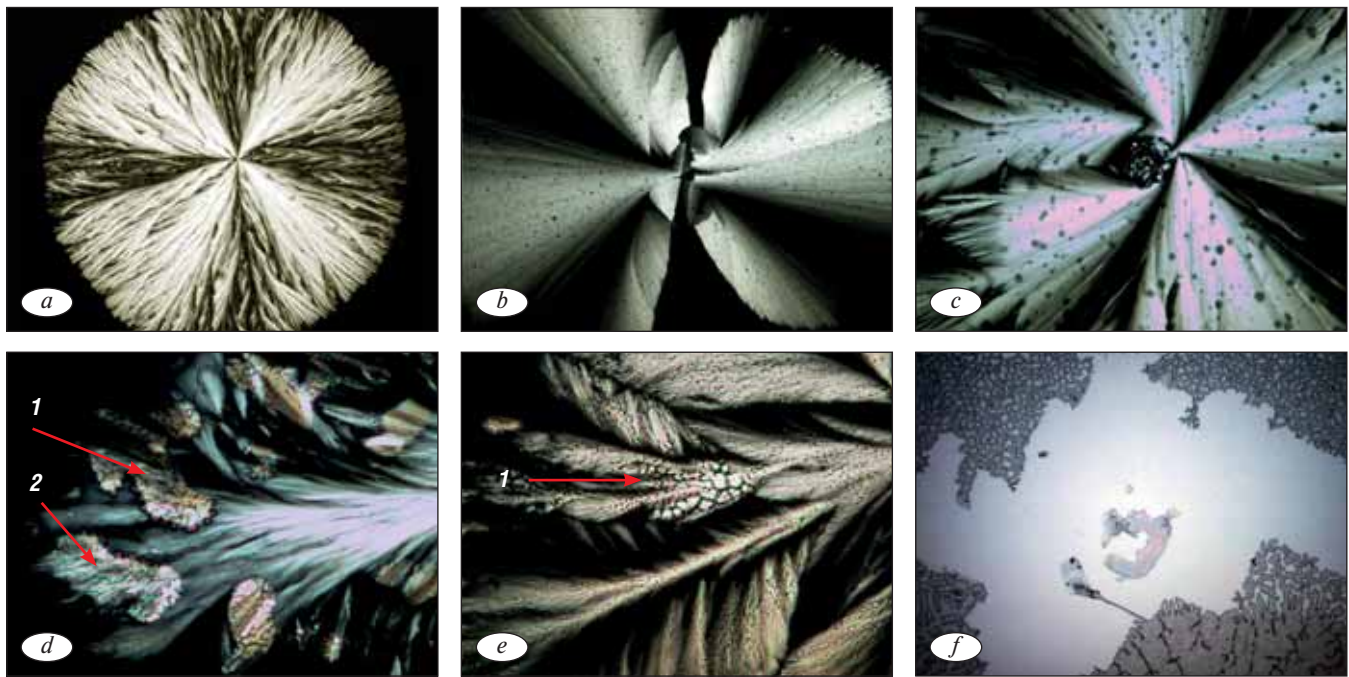


Рис. 5. Анизоморфоны сыворотки крови: *a* — здорового человека, $\times 100$; *b–e* — пациента с охронозом: *b, c* — увел. $\times 400$; *d, e* — увел. $\times 800$. Стрелка 1 — сетчатые структуры. Пластинчатый изоморфон сыворотки крови: *f* — пациента с охронозом, увел. $\times 200$. Стрелка 2 — отложения масс серого цвета; *a–e* — микроскопия в поляризованном свете; *f* — в частично-темном поле

Fig. 5. Anisomorphones of blood serum: *a* — healthy person, $\times 100$; *b–e* — patient with ochronosis: *b, c* — $\times 400$; *d, e* — $\times 800$. Arrow 1 — mesh structures. Serum plate isomorphone: *f* — patient with ochronosis, $\times 200$. Arrow 2 — gray mass deposits; *a–e* microscopy in polarized light; *f* — in a partially dark field

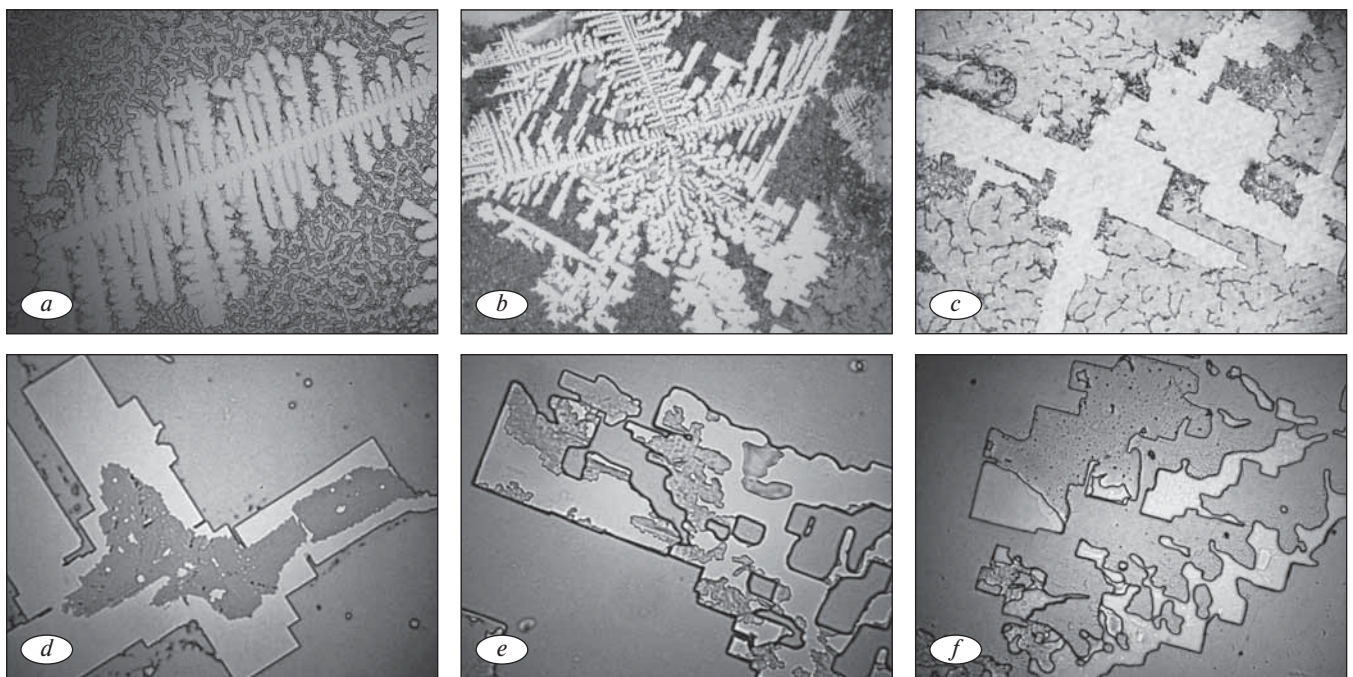


Рис. 6. Изоморфоны синовиальной жидкости: *a* — папоротникообразный; *b* — переходный; *c* — пластинчатый; *d–f* — пластинчатые с включением масс серого цвета и фрагментацией. Увел. $\times 100$

Fig. 6. Isomorphones of synovial fluid: *a* — fern-like; *b* — transitional; *c* — lamellar; *d–f* — lamellar with the inclusion of gray masses and fragmentation. $\times 100$

ниями. В аналитической ячейке сыворотки крови больного охронозом редко встречались пластинчатые изоморфоны, при этом их особенность состояла в том, что они включали серые массы в небольшом количестве (рис. 5, *f*).

В аналитических ячейках синовиальной жидкости обнаружены только изоморфоны (рис. 6). Известно [6], что состав изоморфонов синовиальной жидкости в норме представлен двумя типами: папоротникообразными и переходными (рис. 6, *a*, *b*). При гонартрозе пластинчатые изоморфоны составляют до 75 % общего состава изоморфонов и не имеют каких-либо включений (рис. 6, *c*).

У пациента с охронозом аналитические ячейки содержали только пластинчатые изоморфоны. Все они включали пигментные массы серого цвета. Эти массы могли не выходить за границы пластины (рис. 6, *d*), но чаще всего пластинчатые изоморфоны становились фрагментированными (*e*) и теряли свою основную форму (*f*).

ОБСУЖДЕНИЕ

Охроноз (синоним — алкаптонурия) — редкое заболевание (1 случай на 100 000–1 000 000 человек), обусловленное мутацией гена, ответственного за выработку фермента гомогентизат-1,2-диоксигеназы [7–9]. Мутация гена приводит к снижению активности этого фермента, что вызывает накопление в организме гомогентизиновой кислоты, которая трансформируется в пигмент алкаптон. Алкаптон лишь частично выводится через систему мочеиспускания, а его остаточное количество постепенно накапливается в хрящевой и других видах соединительной ткани, что вызывает их потемнение и повышенную хрупкость. Наиболее значительные изменения происходят в опорно-двигательном аппарате, которые клинически начинают проявляться в возрасте 30 лет и старше. Накопление в организме алкаптона сопровождается различными воспалительными процессами, образованием камней в почках и предстательной железе, а также другими изменениями.

Следует отметить, что у курируемого нами пациента Х. было выявлено наличие серого пигмента в различных структурных элементах твердой фазы всех исследованных биологических жидкостей. Это указывает, что алкаптон имеет высокую тропность к белково-липидным структурам биологических жидкостей. Данный факт объясняет его способность активно внедряться в различные ткани организма.

Анализ мочи методом клиновидной дегидратации показал наличие в ее фациях с Литос-реагентом значительного количества кристаллов, окрашенных в серый цвет, что указывает на присутствие в моче алкаптона. Кроме того, в структурах твердой фазы мочи выявлены маркеры ряда патологических состояний: высокого риска хронической болезни почек, гипоксически-ишемического процесса в почечной ткани с признаками повреждения гранулярного аппарата, высокого риска развития нефролитиаза,

а также носительства уреаплазмы. Безусловно, появление данных видов патологии связано с постоянно высокой функциональной нагрузкой на почки в результате выведения алкаптона — основного метаболита при охронозе.

Вместе с тем, почки не могут обеспечить полный клиренс алкаптона из организма. Остаточный фермент циркулирует в крови, его присутствие проявляется в структуре фаций сыворотки крови пациента Х. наличием признаков хронической эндогенной интоксикации (двойная фация сыворотки крови и токсические бляшки), а также в виде полей, окрашенных в серый цвет. Однако более четкие признаки охроноза были выявлены в анизоморфных сыворотки крови — структурах, образующихся при краевой дегидратации. В анизоморфных определялись полихромные включения с признаками деструкции базисной белково-липидной матрицы анизоморфона, а также точечные вкрапления черного цвета по всей его площади. То есть присутствующий в сыворотке крови алкаптон не только внедряется в структуры растворенных в ней веществ, но и вызывает их деструкцию.

Весь комплекс сложных взаимодействий, происходящих в синовиальной оболочке при остеоартрозе и охронозе, наиболее ярко отражается в морфологической картине фации синовиальной жидкости. Так, в фациях синовиальной жидкости пациента Х. выявлены специфические маркеры в виде веретеновидных образований, выполненных мелкозернистыми массами серого цвета. Данный маркер указывает на артроз, связанный с массивным отложением алкаптона в хрящевой ткани сустава.

Не менее ярким маркером охроноза выступает пластинчатый изоморфон. Ранее нами установлено, что пластинчатый изоморфон в биологических жидкостях является маркером деструкции, который представлен структурами холестерина, высвободившегося из мембран погибших клеток [6]. У пациента с охронозом алкаптон входит в состав всех пластинчатых изоморфонов синовиальной жидкости. Морфологическая картина этого сочетания демонстрирует факт агрессии алкаптона. Его внедрение вызывает фрагментацию пластинчатых структур, что, по-видимому, может быть дополнительным признаком хрупкости тканей суставных поверхностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование твердофазных структур не клеточных тканей больного охронозом позволяет выявить специфические маркеры для данной патологии. Это дает возможность: уточнить диагноз, определить степень активности патологического процесса, выявить осложнения и сопутствующие заболевания, прогнозировать риски дальнейшего развития патологии, контролировать результаты проводимой поддерживающей терапии больного, а также быть основой в поиске средств активного воздействия на это заболевание.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Шабалин В.Н., Шатохина С.Н. *Функциональная морфология неклеточных тканей человека*. М.: РАН; 2019. 356 с. [Shabalin VN, Shatohina SN. *Funktsional'naya morfologiya nekletochnykh tkanei cheloveka*. Moscow: RAN; 2019. 356 p. (In Russ).]
2. Шатохина С.Н., Зар В.В., Волошин В.П., Шабалин В.Н. Маркеры артроза в морфологической картине дегидратированной синовиальной жидкости. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2010;17(2):20–24. [Shatohina SN, Zar VV, Voloshin VP, Shabalin VN. Diagnosis of arthrosis by morphologic picture of synovial fluid. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2010;17(2):20–24. (In Russ).]
3. Зар В.В., Шатохина С.Н. К дифференциальной диагностике синовита крупных суставов. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2016;23(1):67–71. [Zar VV, Shatohina SN. Differential diagnosis of large joints chronic synovitis. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2016;23(1):67–71. (In Russ).]
4. Шатохина С.Н., Зар В.В., Зар М.В., Шабалин В.Н. Оценка иммунологической реакции организма на сплавы металлов эндопротеза по маркерным структурам сыворотки крови. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(2):30–34. [Shatohina SN, Zar VV, Zar MV, Shabalin VN. Serum markers for immunological response to metal alloys of endoprotheses. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(2):30–34. (In Russ).] doi: 10.17816/vto2020272.
5. Шатохина С.Н., Александрин В.В., Шатохина И.С., и др. Маркер ишемии головного мозга в твердофазных структурах сыворотки крови. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2017;164(9):351–355. [Shatohina SN, Aleksandrin VV, Shatohina IS, et al. Marker ishemii golovno-go mozga v tverdogfaznykh strukturakh syvorotki krovi. *Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny*. 2017;164(9):351–355. (In Russ).]
6. Зар В.В., Волошин В.П., Шатохина С.Н., и др. Морфологические структуры синовиальной жидкости в диагностике остеоартроза: состояние и перспективы. *Альманах клинической медицины*. 2012;(27):57–62. [Zar VV, Voloshin VP, Shatohina SN, et al. Morphologic structures of synovial fluid in diagnosis of osteoarthritis: condition and perspectives. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny*. 2012;(27):57–62. (In Russ).]
7. La Du BN. *Alkaptonuria*. In: Scriver CR, Beaudet AL, Sly WS, eds. *The metabolic and molecular bases of inherited disease*. 8th ed. New York: McGraw-Hill; 2001. P. 2109–2123.
8. Троценко В.В., Нуждин В.И., Попова Т.П., и др. Алкаптонурия и охронотическая артропатия. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2002;(1):63–65. [Trocenko VV, Nuzhdin VI, Popova TP, et al. Alkaptonuriya i okhronoticheskaya artropatiya. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2002;(1):63–65. (In Russ).]
9. Башкова И.Б., Кичигин В.А., Шаипов Р.Ш., и др. Охроноз как причина вторичного остеоартроза. *РМЖ*. 2017;(7):474–480. [Bashkova IB, Kichigin VA, Shaipov RSh, et al. Okhronoz kak prichina vtorichnogo osteoartraza. *RMZh*. 2017;(7):474–480. (In Russ).]

Информация об авторах:

Светлана Николаевна Шатохина — д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой клинической лабораторной диагностики факультета усовершенствования врачей. ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва. E-mail: sv_n@list.ru.

Вадим Владимирович Зар — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения травматологии и ортопедии, доцент кафедры травматологии и ортопедии факультета усовершенствования врачей. ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва. E-mail: vzar@list.ru.

Михаил Вадимович Зар — ординатор кафедры травматологии и ортопедии факультета усовершенствования врачей. ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, Москва. E-mail: vzar@list.ru.

Владимир Николаевич Шабалин — д-р мед. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник лаборатории биокристалломики. ФГБНУ «НИИОПП», Москва. E-mail: shabalin.v2011@yandex.ru.

Information about the authors:

Svetlana N. Shatokhina — PhD, professor, Head of the Department of clinical laboratory diagnostics. M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia. E-mail: sv_n@list.ru.

Vadim V. Zar — MD, leading researcher of the Department of traumatology and orthopedics, associate professor of the Department of traumatology and orthopedics. M.F. Vladimirsky Moscow regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia. E-mail: vzar@list.ru.

Mikhail V. Zar — clinical resident of the Department of traumatology and orthopedics. M.F. Vladimirskys Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia. E-mail: vzar@list.ru.

Vladimir N. Shabalin — PhD, professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief scientific officer of the biocrystallography laboratory. Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia. E-mail: shabalin.v2011@yandex.ru.

ДИНАМИКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО ОСТЕОМИЕЛИТА ДЛИННЫХ КОСТЕЙ

А.В. Цискарашвили, С.С. Родионова, С.П. Миронов,
Д.С. Горбатюк, А.Ю. Тараскин

Федеральное государственное бюджетное учреждение

«Национальный медицинский исследовательский Центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Введение. Хронический посттравматический остеомиелит — многогранная проблема современной травматологии и ортопедии, затрагивающая, помимо медицинских, социальные и экономические аспекты. При планировании лечения необходимо принимать во внимание метаболическое состояние костной ткани, так как воздействие инфекционного патогена выходит далеко за рамки «классического» литического процесса, различными путями нарушая баланс костеобразования и резорбции костной ткани. Исследование посвящено изучению динамики параметров, отражающих метаболизм костной ткани у пациентов, получавших комплексную терапию по поводу хронического посттравматического остеомиелита длинных костей конечностей.

Цель исследования. Изучить динамику метаболических нарушений костной ткани у пациентов с ортопедической инфекцией длинных костей и крупных суставов в условиях продолжающейся комплексной этиотропной и компенсаторной терапии на протяжении 6 мес., сроков консолидации костной ткани — на протяжении 2 лет с момента оперативного вмешательства.

Материалы и методы. Исследование — проспективное, наблюдательное, сравнительное, поисковое, с включением 138 пациентов с посттравматическим хроническим остеомиелитом длинных костей. Комплексная терапия включала сочетание хирургического лечения с проведением антибактериальной, противовоспалительной терапии и медикаментозной коррекцией выявленных нарушений метаболизма костной ткани. Изучены сроки консолидации костных дефектов после лечения и динамика показателей метаболизма костной ткани.

Результаты и обсуждение. Показано сходство сроков консолидации различных сегментов в условиях описанной терапии; определен временной период, соответствующий наиболее выраженной динамике изменения (коррекции) нарушений (3 мес. с начала лечения); показана эффективность метаболической терапии для случаев лечения костно-суставной инфекции, локализованной в различных анатомических сегментах конечностей. Результаты согласуются как с итогами предыдущего исследования, так и с описанными в литературе патофизиологическими аспектами метаболизма костной ткани.

Выводы. Сроки консолидации в условиях терапии метаболических нарушений в целом сходны; наибольшие изменения показателей метаболизма костной ткани регистрируются в течение 3 мес. после начала терапии. Схема метаболической терапии может рассматриваться как универсальная для всех сегментов.

Ключевые слова: хронический остеомиелит; замедленная консолидация; костно-суставная инфекция; метаболические нарушения костной ткани.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Цискарашвили А.В., Родионова С.С., Миронов С.П., Горбатюк Д.С., Тараскин А.Ю. Динамика метаболического состояния костной ткани при комплексном лечении хронического посттравматического остеомиелита длинных костей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020;27(4):53-64. doi: <https://doi.org/10.17816/vto52895>

DYNAMICS OF BONE TISSUE METABOLISM IN THE COMPLEX TREATMENT OF CHRONIC POSTTRAUMATIC OSTEOMYELITIS OF LONG BONES

A.V. Tsiskarashvili, S.S. Rodionova, S.P. Mironov, D.S. Gorbatyuk, A.Yu. Taraskin

Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

Introduction: Chronic post-traumatic osteomyelitis is a complex problem of modern traumatology and orthopedics, affecting, in addition to medical, social and economic aspects of healthcare. When planning treatment, it is necessary to take into account the metabolic state of the bone tissue, since the effect of an infectious pathogen goes far beyond the “classical” lytic process, disrupting the balance of bone formation and bone resorption in various ways. The study is devoted to the study of the dynamics of parameters reflecting the metabolism of bone tissue in patients receiving complex therapy for chronic post-traumatic osteomyelitis of long bones.

Aim: To study the dynamics of metabolic disorders of bone tissue in patients with orthopedic infection of long bones and large joints under conditions of ongoing complex etiotropic and compensatory therapy for 6 months, the timing of bone tissue consolidation — within 2 years from the moment of surgery.

Materials and methods: The study was prospective, observational, comparative, exploratory, involving 138 patients with post-traumatic chronic osteomyelitis of the long bones. Complex therapy included a combination of surgical treatment with antibacterial, anti-inflammatory therapy and drug correction of the revealed disorders of bone metabolism. The timing of the consolidation of bone defects after treatment and the dynamics of indicators of bone metabolism were studied.

Results: The similarity of the periods of consolidation of different segments in the conditions of the described therapy was shown; the time period corresponding to the most pronounced dynamics of changes (correction) of violations was determined (3 months from the beginning of treatment); shows the effectiveness of metabolic therapy for the treatment of osteoarticular infections in various anatomical segments of the extremities. The results corresponds both to the results of the previous study and to the pathophysiological aspects of bone metabolism described in the literature.

Conclusion: the timing of consolidation in the treatment of metabolic disorders is generally similar; the greatest changes in the parameters of bone metabolism are recorded within 3 months after the start of therapy. Also, the metabolic therapy regimen can be considered as universal for all segments.

Key words: chronic osteomyelitis; delayed consolidation; osteoarticular infection; metabolic disorders of bone tissue.

Conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

Funding: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Tsiskarashvili AV, Rodionova SS, Mironov SP, Gorbatyuk DS, Taraskin AY. Dynamics of bone tissue metabolism in the complex treatment of chronic posttraumatic osteomyelitis of long bones. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):53-64. doi: <https://doi.org/10.17816/vto52895>

ВВЕДЕНИЕ

Ортопедическая (костно-суставная) инфекция и хронический посттравматический остеомиелит, как ее нозологическая форма, — многогранная проблема современной медицины с точки зрения как патофизиологии, так и особенностей лечения. При планировании достаточно сложного и длительного лечебного процесса нельзя обойти стороной такой важный аспект, как вызванные хроническим остеомиелитом метаболические нарушения костной ткани [1, 2].

Существующие методики лечения и их комбинации (хирургическая санация, этиотропная антибактериальная и противовоспалительная терапия) оказываются недостаточными для успешного лечения пациентов, несмотря на доказанную и общепринятую пользу данных мероприятий, по причине недооценки фактора метаболического состояния костной ткани. Инфекционный патоген может оказывать различные виды воздействия на костную ткань, прежде всего подавление функции остеобластов и активацию остеокластов по различным биохимическим путям [1–3]. Коррекция метаболических нарушений костной ткани в этих случаях является важным дополнением к лечебному процессу [4], учитывая, что проблема лечения ортопедической инфекции в целом далека от своего решения.

О необходимости дальнейших исследований говорят следующие показатели:

- переломы, не осложненные ортопедической инфекцией, консолидируются в среднем на 4–6 мес. быстрее, чем осложненные [5–7]. Рецидивы воспалительного процесса после хирургического

вмешательства наблюдаются у 15–30 % пациентов, несмотря на антибактериальную терапию [8];

- открытые переломы длинных костей осложняются инфекцией приблизительно в 25 % случаев даже при адекватном лечении, для огнестрельных переломов данное значение колеблется от 5,3 до 27 %, для «асептических» операций эндопротезирования и остеосинтеза — 1–17 % [9]. Некоторые авторы приводят значения 21–46,2 % для открытых переломов длинных костей и 7,6–13,2 % — для открытых репозиций закрытых переломов [10];
- частота инвалидизации пациентов после перенесенного хронического посттравматического остеомиелита длинных костей по имеющимся данным составляет 50–90 % [11], что позволяет говорить о недостаточной эффективности проводимого лечения.

Столь высокая частота инвалидизации переводит проблему ортопедической инфекции из преимущественно медицинской также и в социально-экономическую плоскость, фактически необратимо или на долгое время выводя большинство пострадавших из сферы экономически эффективного труда.

Генез метаболических нарушений костной ткани при костно-суставной инфекции многогранен и объясняется следующими основными причинами:

- гибель остеобластов и нарушение их пролиферации в ходе инфекционного процесса [2];
- активизация остеокластов и остеокластогенеза различными путями [12–17], в том числе с задействованием MAPK-сигнального каскада [18] и сигнального пути NF-kB [19], вследствие чего повышается резорбция костной ткани;

- извращение иммунного ответа путем развития гиперергической реакции в зоне инфекционного очага, усиление разрушения матрикса, в том числе по механизмам развития оксидативного стресса [20–22] и гиперпродукции матриксных металлопротеаз [23, 24];
- «прицельное» воздействие антигенов и других биохимических факторов возбудителей ортопедической инфекции [25] во многом определяет развитие указанных выше процессов и является их этиологической причиной. Классическим примером подобного воздействия служит инвазия золотистого стафилококка [1–3], [26] — одного из наиболее изученных бактериальных патогенов.

Заслуживает внимания тот факт, что, согласно литературным данным, после хирургической санации очага сохраняется активированное патогеном разнонаправленное действие на механизмы ремоделирования: угнетение остеобластогенеза и усиление остеокластогенеза. Дополнительное усиление резорбции костной ткани в условиях заведомого снижения бактериальной нагрузки на костную ткань показано ранее [27]. Таким образом, коррекция нарушений метаболизма на различных уровнях (в том числе путем воздействия на клеточное звено — остеокласты и остеобласты) остается актуальной даже в условиях корректной хирургической санации. Одной из «отправных точек» исследования мы считаем определение точного характера существующих нарушений, попытка оценки которых представлена в настоящей работе.

Результаты, полученные в нашем предыдущем исследовании [4], свидетельствуют, что медикаментозная коррекция метаболических нарушений костной ткани, проводимая комплексно с «классическими» методами лечения, сокращает срок консолидации по сравнению с пациентами группы контроля. Статистически значимые различия были обнаружены в сроках сращения всех исследуемых локализаций — плечевой, большеберцовой и бедренной костей. Следовательно, можно говорить о важности данного научного направления и необходимости его дальнейшего изучения. Развивая данную идею, мы приняли решение проследить дальнейшую динамику изменений метаболических показателей у наших пациентов и расширить анатомический охват, изучив сроки формирования анкилоза после артротомии коленного и голеностопного суставов в условиях продолжающейся остеотропной терапии.

Уровень доказательности исследования: III.

Цель: изучить динамику метаболических нарушений костной ткани у пациентов с ортопедической инфекцией длинных костей и крупных суставов в условиях продолжающейся комплексной этиотропной и компенсаторной терапии на протяжении 6 мес., а также сроков консолидации на протяжении 2 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование — ретроспективное, проведено как поисковое на основе данных 138 взрослых

(18 лет и старше) пациентов с посттравматическим хроническим остеомиелитом длинных костей конечностей. Все пациенты находились на лечении в отделении последствий травм и гнойных осложнений ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ в период с 2017 по 2020 г.

Критерии включения пациентов в исследование:

- обращение за медицинской помощью по поводу костно-суставной инфекции длинных костей (плечевой, костей предплечья, бедренной, большеберцовой) либо костей, составляющих крупные суставы нижней конечности (коленный, голеностопный), нозологически определяемой как хронический остеомиелит указанных костей;
- полное нарушение целостности кости в области патологического очага;
- заключение лабораторного обследования на наличие нарушений метаболизма костной ткани;
- хирургическое лечение (санация очага костно-суставной инфекции и чрескостный остеосинтез аппаратом внешней фиксации).

Критерии исключения:

- иная основная нозология (в том числе асептическая) либо хронический остеомиелит иных сегментов (не включающих длинные кости скелета);
- неполное нарушение целостности кости в области патологического очага;
- наличие противопоказаний к описанному оперативному лечению;
- отсутствие результатов лабораторного обследования на наличие нарушений метаболизма костной ткани и/или низкая комплаентность к проводимой терапии данных нарушений.

Распределение пациентов по полу и возрасту было следующим: женщины — 57 (41,3 %), мужчины — 81 (58,7 %). Средний возраст составил $49,667 \pm 14,5468$ года (минимум — 21 год, максимум — 86 лет). Преобладающим диагнозом был ложный сустав, осложненный хроническим остеомиелитом — 73 (52,9 % общего числа) пациентов. Остальные нозологические формы, представленные в данном исследовании, распределились следующим образом: консолидирующийся перелом, осложненный хроническим остеомиелитом, — у 24 (17,4 %); хронический посттравматический остеомиелит костей, образующих голеностопный и коленный суставы, — у 16 (11,6 %) и 19 (13,8 %) соответственно; открытый перелом, осложненный хроническим остеомиелитом, — у 6 (4,3 %) пациентов.

У исследованных пациентов выявлено от 1 до 6 сопутствующих патологий, среди которых только одно заболевание диагностировано у 31 (22,5 %) пациента. При рассмотрении изолированно по группам наиболее встречаемые: патология сердечно-сосудистой системы — 75 наблюдений (54,3 %); следом идут заболевания желудочно-кишечного тракта — 65 (47,1 %); эндокринной системы — 23 (16,7 %); болезни крови — 22 (16,0 %); заболевания мочевыделительной системы — 21 (15,2 %); органов дыхания — 20 (14,5 %); вирусные гепатиты — 14 (10,1%); системные заболевания — 10 (7,2 %);

ЛОР-патология — 9 (6,5 %); онкология — 6 (4,3 %); аллергические — 3 (2,2 %); дерматовенерологические заболевания — 1 (0,73 %). Сопутствующих заболеваний не отмечено у 17 пациентов (12,3 %).

Всем пациентам проводили хирургическую санацию воспалительного очага (в случае поражения костей, образующих коленный и голеностопный суставы, выполнялся артродез) с дальнейшим лечением методом чрескостного остеосинтеза. Были использованы компоновки аппаратов как стержневые (плечевая, бедренная кость), так и спице-стержневые (остальные сегменты), с учетом биомеханической концепции фиксации отломков [28, 29]. Объем резекции составлял: для плечевой кости и костей предплечья — до 4 см, для бедренной и большеберцовой костей — от 2 до 12 см.

В послеоперационном периоде этиотропная, противовоспалительная и антибактериальная терапия назначалась согласно данным микробиологического исследования (видовой состав, чувствительность к антибиотикам. Биологический материал получали как из свищевого отделяемого, так и интраоперационно). Антибиотикотерапию проводили в течение 1–3 нед.

Критериями купирования остеомиелитического процесса были нормализация лейкоцитарной формулы и лейкоцитоза, отсутствие признаков воспаления в зоне оперативного вмешательства, рентгенологические признаки начала консолидации костной ткани, в частности формирования костной мозоли.

Первичную оценку метаболических нарушений костной ткани проводили не ранее 1–2 нед. перед хирургическим вмешательством, она включала исследование общего содержания кальция крови (Ca), ионизированного кальция (Ca^{++}), фосфора крови (P), паратгормона (ПТГ), транспортной формы D гормона $[25(OH)D_3]$, щелочной фосфатазы (ЩФ), остеокальцина, маркеров резорбции: С-концевой телопептид коллагена I типа (B-cross-laps) и соотношение дезоксипиридинолин (ДПИД)/креатинин в моче. По результатам выявленных отклонений в послеоперационном периоде индивидуально проводили коррекцию нарушений метаболизма костной ткани. Терапия метаболических нарушений включала в себя следующие основные группы препаратов, доза которых могла корректироваться в соответствии с динамикой показателей нарушения гомеостаза кальция и ремоделирования костной ткани [30]:

- 1) препараты кальция (карбонат кальция, оссеин-гидроксипатитный комплекс) — от 500 до 1500 мг/сут;
- 2) активный метаболит витамина D (альфакальцидол), назначаемый с целью коррекции как D-недостаточности, так и вторичного гиперпаратиреоза. Дозировка препарата колебалась в зависимости от исходного уровня кальция крови от 0,5 до 1 мкг/сут;
- 3) антирезорбтивная терапия бисфосфонатами [ибандроновая кислота в дозе 3 мг / 3 мл один раз в 3 мес., либо золендроновая кислота 5 мг 1 раз в год (в период, соответствующий времени

исследования, назначалась один раз на сроке в 3 мес. после вмешательства)]. Данный препарат назначался off-label по согласованию с врачебной комиссией; основанием для назначения были высокие уровни beta-cross-laps и соотношения ДПИД/креатинин, свидетельствующие о повышенной резорбции костной ткани и требующие терапии бисфосфонатами.

Динамика исследуемых показателей метаболизма костной ткани оценивалась на протяжении 6 мес. в 6 группах пациентов, которые были сформированы согласно анатомической локализации остеомиелита (плечевая кость, кости предплечья, бедренная кость, большеберцовая кость, коленный сустав, голеностопный сустав). Срок в 6 мес. был выбран по причине резкого снижения комплаэнтности пациентов после данного времени. Снижение комплаэнтности проявлялось как низкая явка на контрольные осмотры на сроках 9, 12 мес. после вмешательства и далее, за исключением обращения для демонтажа аппарата. Данный факт не позволил получить для более поздних обращений достоверные статистические данные о динамике показателей метаболизма костной ткани, хотя регистрация сроков консолидации костной ткани оказалась возможна в сроки до 2 лет.

В качестве хронологических «опорных точек» для контрольных осмотров пациента (и, соответственно, регистрации результатов лабораторных исследований) были установлены следующие сроки:

- 1-й прием — не ранее 1 нед. до оперативного вмешательства; исследование метаболического состояния костной ткани являлось частью предоперационного обследования;
- 2-й прием — на сроке 3 мес. после вмешательства;
- 3-й прием — на сроке 6 мес. после вмешательства.

Исследование изначально планировалось как поисковое, в качестве нулевой гипотезы выступало отсутствие статистически значимых различий между показателями метаболического состояния костной ткани в различные сроки, а также различий между сроками консолидации различных сегментов (в рамках дополнительной задачи исследования). Изучаемыми параметрами являлись:

- сроки консолидации с момента операции;
- значения уровней параметров метаболизма костной ткани в различные сроки (при 1, 2 и 3-м осмотрах). К изучаемым параметрам относились: содержание кальция крови; ионизированного кальция крови; фосфатов крови; щелочной фосфатазы; С-концевых телопептидов коллагена I типа (β -cross-laps), остеокальцина, паратиреоидных гормонов, транспортной формы гормона D $[25(OH)D_3]$, концентрация и абсолютные значения кальция и фосфатов суточной мочи, соотношение ДПИД/креатинин;
- наличие различий между данными 1, 2 и 3-го осмотров.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics 26. Для всех данных представлена описательная статистика; различия в сроках консо-

лидации для различных анатомических сегментов определены при помощи *U*-критерия Манна–Уитни. Различия между значениями лабораторных параметров при последовательных осмотрах определены с помощью *W*-критерия Уилкоксона. Поиск различий в параметрах (с учетом всех локализаций) проведен при помощи *H*-критерия Краскелла–Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одна из целей исследования — сравнение сроков консолидации костей различной локализации. Точные данные о сроках консолидации для различных сегментов, полученные с помощью методов описательной статистики, представлены в табл. 1. Видно, что наибольшим средним сроком консолидации характеризовались артродезировавшийся коленный сустав (322 дня) и бедренная кость (293 дня), а наименьшим — плечевая кость (210,57 дня), что, очевидно, связано с анатомическими размерами костных структур данных сегментов.

Сроки консолидации для различных сегментов. На основании полученных данных (табл. 2) возможно заключить, что в условиях терапии (кор-

рекции) метаболических нарушений костной ткани, проводимой в послеоперационном периоде по одной схеме, статистически значимые различия между сегментами не обнаружены (во всех случаях $p > 0,05$). Тем не менее значимость различий между сроками консолидации для бедренной и большеберцовой костей близка к пороговому значению ($p = 0,06$ при пороговой $p = 0,05$). На данном этапе, таким образом, различия не могут быть доказаны, однако потенциально они могут быть подтверждены при увеличении выборки пациентов. В случае их подтверждения данные различия могут быть объяснены неодинаковым воздействием механических сил (как гравитационных, так и создаваемых окружающими мышечными массивами), воздействующих на данные сегменты, и способствующих оптимальной консолидации а также различными анатомическими размерами указанных костей, что требует большего времени на полноценную консолидацию бедренной кости. Согласно исследованиям [31–34] известно, что условия механической нагрузки значительно влияют на процесс консолидации переломов и минеральную плотность костной ткани (в условиях частичной гравитационной разгрузки наблюдается

Таблица 1 / Table 1

Длительность консолидации при лечении методом чрескостного остеосинтеза при различных локализациях патологического процесса

Duration of bone tissue consolidation for different anatomical segments

Сегмент	Количество пациентов	Длительность консолидации костных отломков, сут			
		минимум	максимум	среднее значение	стандартная ошибка отклонения
Плечевая кость	10	60	434	210,5714	116,66456
Кости предплечья	5	168	281	224,5000	79,90307
Бедренная кость	36	112	621	293,0000	120,75708
Большеберцовая кость	52	58	413	233,5484	88,17439
Коленный сустав	16	252	518	322,0000	89,86935
Голеностопный сустав	19	54	377	256,7273	99,83195

Таблица 2 / Table 2

Сравнение сроков консолидации (с момента операции до консолидации) для различных сегментов: результаты статистического сравнения с использованием *U*-критерия Манна–Уитни

Duration of bone tissue consolidation in different anatomical segments: results of statistical comparison using Mann-Whitney U-test

Локализация	Плечевая кость	Кости предплечья	Бедренная кость	Большеберцовая кость	Коленный сустав	Голеностопный сустав
Плечевая кость	—	0,667	0,131	0,460		
Кости предплечья	0,667	—	0,480	0,909		
Бедренная кость	0,131	0,480	—	0,060		
Большеберцовая кость	0,460	0,909	0,060	—		
Коленный сустав					—	0,503
Голеностопный сустав					0,503	—

Примечание. Сроки для костей и артродезировавшихся суставов сравнивались отдельно. Коррекция метаболических нарушений проводилась во всех случаях по одной схеме.

снижение скорости дифференциации остеобластов и повышение активности остеокластов).

Различия в измеряемых параметрах между всеми локализациями. Согласно полученным данным (табл. 3), статистически значимых различий между всеми 6 рассматриваемыми локализациями по перечисленным параметрам не обнаружено, за исключением возраста пациентов ($p = 0,049$), что предположительно является статистическим артефактом. Соответственно, возможно заключить, что процессы восстановления (нормализации) метаболического состояния костной ткани при различных локализациях имеют в целом сходную динамику. Следовательно, не предполагается потребность в специфических схемах терапии для какого-либо сегмента.

Тем не менее стоит обратить внимание на параметры, статистическая значимость различий которых сравнительно близка к 0,05: сроки консолидации ($p = 0,078$), показатели кальция крови на 2-м приеме ($p = 0,059$), соотношение ДПИД/креатинин до вмешательства (на 1-м приеме) ($p = 0,09$). Несмотря на то что на данном этапе статистическая значимость различий не доказана, она может быть потенциально подтверждена при увеличении вы-

борки пациентов. В случае такого доказательства возможно будет говорить:

- в отношении сроков консолидации — о существовании различий между сегментами даже в условиях терапии метаболических нарушений, что предположительно объясняется различными размерами рассматриваемых костей и различиями в механических силах, воздействующих на них в процессе консолидации, а также особенностями локального кровоснабжения;
- в отношении содержания кальция крови (Ca), измеряемого на 2-м приеме — о различиях в метаболических потребностях в кальции в ходе восстановления костей различных сегментов на сроках в 3 мес., что потребует увеличения дозировки кальция и $25(\text{OH})\text{D}_3$ в ранние сроки терапии;
- в отношении соотношения ДПИД/креатинин на 1-м приеме — о значительной вариабельности данного параметра в зависимости от локализации (без терапии метаболических нарушений или до ее начала), что может объясняться различным объемом поражения для различных рассматриваемых костей.

Различия в значениях лабораторных показателей в определенные сроки наблюдения. На основании по-

Таблица 3 / Table 3

Различия параметров в зависимости от сегмента, в котором локализован патологический процесс (критерий Краскелла–Уоллиса)

Differences in parameters' values between all anatomical segments (results of statistical analysis using Kruskal-Wallis H-test)

Параметр	Асимптотическая значимость (p)		
Возраст	0,049		
Сроки консолидации	<u>0,078</u>		
№ осмотра	1	2	3
Кальций крови	0,304	<u>0,059</u>	0,692
Кальций ионизированный	0,467	0,917	0,129
Фосфаты крови	0,560	0,643	0,317
Щелочная фосфатаза	0,278	0,245	0,655
Beta cross laps	0,168	0,245	0,180
Остеокальцин	0,868	0,165	0,317
Паратгормон	0,555	0,480	0,317
$25(\text{OH})\text{D}_3$	0,374	0,643	>0,999
Ca сут. мочи, концентрация	0,785	0,814	—*
Ca сут. мочи, абсолютные значения	0,166	0,148	0,390
Фосфаты мочи, концентрация	0,751	0,480	—*
Фосфаты мочи, абсолютные значения	0,370	0,439	>0,999
Соотношение ДПИД–креатинин	<u>0,090</u>	0,393	0,721

* Критерий Краскелла–Уоллиса не может быть вычислен с достаточной точностью из-за малого количества наблюдений.

Примечание. Отсутствие значимых ($p < 0,05$) различий в большинстве параметров дает основания не планировать специфические схемы терапии для различных сегментов. Таким образом, единая схема терапии достаточна для всех сегментов. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) выделены полужирным шрифтом, перспективные для изучения ($0,05 < p < 0,1$) — подчеркнутым.

лученных данных (табл. 4) возможно сделать заключение, что статистической значимостью ($p < 0,05$) обладают различия между следующими параметрами:

- уровень паратиреоидного гормона на 1-м и 2-м осмотрах ($p = 0,018$); тенденция к снижению;
- уровень фосфатов суточной мочи на 1-м и 2-м осмотрах ($p = 0,046$); тенденция к снижению;
- соотношение ДПИД/креатинин на 1-м и 2-м ($p = 0,013$), а также на 1-м и 3-м осмотрах ($p = 0,012$); тенденция к снижению.

Паратиреоидный гормон играет значительную роль в регулировании гомеостаза костной ткани.

Один из наиболее важных механизмов — стимулирование остеобластогенеза [35]. Выраженное снижение уровня паратиреоидного гормона в сроки 6 мес. после вмешательства можно объяснить нормализацией (приближением к физиологичной норме) интенсивности процессов ремоделирования костной ткани («уравновешиванием» костеобразования и резорбции), что можно расценивать как благоприятный признак. Возможно предположить, что после снижения (регистрируемого на 2-м осмотре в сравнении с 1-м) уровень паратиреоидного гормона остается в целом стабильным и бли-

Таблица 4 / Table 4

Значения лабораторных параметров, отражающих метаболизм костной ткани, и статистическая значимость между данными при последовательных осмотрах

Values of biochemical parameters representing bone tissue metabolism and statistical difference between data acquired at consequential (1st, 2nd, 3rd) examinations (statistical difference is measured using Wilcoxon W-test)

№ осмотра	Мин.	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение	p (критерий Уилкоксона)	Единица измерения
Общий кальций крови						
1	1,00	2,98	2,4246	0,18725	0,799	ммоль/л
2	2,15	2,57	2,4397	0,11055	0,889	
3	2,26	2,66	2,4207	0,12670	<u>0,069</u>	
Кальций ионизированный						
1	0,96	2,20	1,2192	0,13357	0,638	ммоль/л
2	1,11	1,38	1,2014	0,6040	0,420	
3	1,08	1,33	1,1850	,07198	0,172	
Фосфаты крови						
1	0,72	1,62	1,2102	0,18700	0,462	ммоль/л
2	1,03	1,39	1,2217	,13393	0,563	
3	0,94	1,06	1,02354	,08741	0,180	
Щелочная фосфатаза						
1	50,00	373,00	122,8150	62,12315	0,237	Ед/л
2	90,00	1111,00	256,1429	377,60978	0,655	
3	0,00	181,00	116,5000	79,78513	<u>0,066</u>	
С-концевые телопептиды коллагена I типа (β-Cross-Laps)						
1	0,14	13,10	0,7675	1,14826	0,461	нг/мл
2	0,18	0,99	0,6400	0,30056	0,317	
3	0,23	0,66	0,4595	0,22136	<u>0,068</u>	
Остеокальцин						
1	1,99	149,10	22,4734	15,94632	0,500	нг/мл
2	12,00	39,00	26,50	9,77241	0,417	
3	14,00	38,00	26,28	17,01128	0,180	
Паратиреоидный гормон						
1	0,92	271,90	18,8309	31,33648	0,018	пмоль/л
2	1,01	4,15	2,6771	0,99011	0,343	
3	0,64	5,98	3,3095	3,77666	0,655	

№ осмотра	Мин.	Макс.	Среднее значение	Стандартное отклонение	p (критерий Уилкоксона)	Единица измерения
25(OH)D ₃						
1	5,50	89,23	17,3638	11,48586	0,138	нг/мл
2	5,00	33,00	17,1333	10,62952	0,486	
3	10,00	15,00	11,34	1,318	0,655	
Кальций суточной мочи (концентрация)						
1	0,90	6,34	3,7000	1,58384	>0,999	ммоль/л
2	1,40	3,60	2,4833	0,81588	0,655	
3	1,60	2,90	2,2500	0,91924	—*	
Кальций суточной мочи (абсолютные значения)						
1	0,17	21,53	4,7155	2,93058	0,841	ммоль/сут
2	1,86	9,80	5,3388	2,43437	0,656	
3	0,61	10,30	4,9817	2,61583	0,347	
Фосфаты суточной мочи (концентрация)						
1	7,50	42,45	23,2405	9,84939	0,285	ммоль/л
2	7,00	17,10	12,7800	4,40477	0,655	
3	8,90	14,60	11,7500	4,03051	—*	
Фосфаты суточной мочи (абсолютные значения)						
1	0,52	81,00	28,2589	12,73951	0,046	ммоль/сут
2	12,70	30,20	23,1714	6,53751	0,655	
3	21,50	36,40	30,9333	8,20386	0,285	
Соотношение ДПИД/креатинин						
1	2,20	101,00	12,2123	10,27345	0,013	нМ ДПИД / мМ креатинина
2	3,50	17,50	8,9367	3,73415	0,345	
3	3,90	11,45	8,3550	2,42035	0,012	

* Вычисление значимости по критерию Уилкоксона с достаточной точностью невозможно.

Примечание. Интерпретация статистически значимых ($p < 0,05$) различий — см. объяснение в тексте. Сравнение проводится между последовательными осмотрами (1-й и 2-й — верхнее поле, 2-й и 3-й — среднее поле, 1-й и 3-й — нижнее поле). Имеющие статистическую значимость различия выделены полужирным шрифтом, перспективные для изучения ($0,05 < p < 0,1$) — подчеркнутым.

же к физиологической норме. Также свой «вклад» в нормализацию его уровня вносит компенсация D-дефицита за счет терапии альфакальциолом, что снижает выраженность вторичного гиперпаратиреоза [36–39].

Снижение выделения фосфатов с мочой может быть объяснено снижением интенсивности разрушения костной ткани (в том числе при «уравновешивании» костеобразования и костной резорбции). Объяснить такое снижение «повышением расхода» фосфатов при усилении образования костной ткани затруднительно, так как уровни остеокальцина — маркера костеобразования — в рассматриваемые периоды сходные (табл. 4). При этом статистически значимые различия присутствуют между данными 1-го и 2-го осмотра, что может указывать на благоприятную динамику именно в этот период,

в дальнейшем уровень выделения фосфатов с мочой становится сравнительно стабильным.

Как известно, ДПИД утренней мочи и производный от него параметр — соотношение ДПИД/креатинин — индикатор интенсивности резорбции как за счет активности остеокластов, так и действия матриксных металлопротеиназ [23, 24, 40]. Наличие статистически значимых различий [между 1-м и 2-м осмотром ($p = 0,013$) и 1-м и 3-м ($p = 0,012$)], но отсутствие статистически значимых различий между 2-м и 3-м ($p = 0,345$) позволяют сделать вывод, что наиболее выраженная динамика (снижение) данного показателя происходит в период между 1-м и 2-м осмотрами, затем данный показатель удерживается на сравнительно стабильном уровне. Так, согласно данным (табл. 4), в указанный период происходит снижение среднего соотношения ДПИД/креати-

нин с 12,212 до 8,937 нмоль ДПИД/ммоль креатинина, что соответствует приблизительно снижению на 26,8% в сравнении с исходным уровнем. Указанные данные свидетельствуют об успешном ингибировании резорбтивного звена костеобразования, которому свойственна гиперфункция в условиях костно-суставной инфекции.

Отдельно можно выделить параметры, различия между которыми не носят статистической значимости, но данная значимость может быть потенциально доказана при увеличении выборки пациентов, так как значимость различий близка к 0,05:

- 1) уровень щелочной фосфатазы по данным 1-го и 3-го осмотров ($p = 0,066$); тенденция к снижению;
- 2) содержание С-концевых телопептидов коллагена I типа (β -Cross-Laps) по данным 1-го и 3-го осмотров ($p = 0,068$); тенденция к снижению;

В случае подтверждения статистической значимости указанных тезисов в дальнейшем возможно будет говорить о:

- 1) снижении резорбции костной ткани, наиболее заметным лабораторным проявлением которой является снижение концентрации С-концевых телопептидов коллагена I типа (β -Cross-Laps);
- 2) снижении компенсаторно повышенного костеобразования, на что будет указывать снижение уровня костной щелочной фосфатазы.

Преимущество исследований. Как указывалось выше, данное исследование — это продолжение и развитие нашей первой работы [4]. С учетом накопления и добавления новых данных, новых наблюдений, а также расширения охвата анатомических сегментов, вошедших в исследование, крайне целесообразно сопоставить полученные результаты.

В предыдущей работе [4] нами были получены следующие основные выводы и результаты:

1. Сроки консолидации в основной и контрольной группах после операции (в условиях чрескостного остеосинтеза) имеют статистическую достоверность различий для всех рассматриваемых сегментов: плечевой кости ($p = 0,041$), бедренной кости ($p = 0,009$), большеберцовой кости ($p = 0,041$).

В основной группе, получавшей медикаментозную терапию метаболических нарушений и прошедшей соответствующее обследование, выявлены статистически значимые изменения на сроке 0 мес. (до начала лечения) и сроке 3 мес. лечения для следующих показателей: остеокальцин ($p = 0,043$), паратиреоидный гормон ($p = 0,043$), соотношение ДПИД/креатинин ($p = 0,041$).

Необходимо отметить, что в основной группе, прошедшей соответствующее обследование, присутствовали определенные исходные изменения ряда биохимических маркеров и показателей, отличавшихся от физиологической нормы по различным причинам:

- повышение уровня щелочной фосфатазы ($123,45 \pm 65,67$ при $N = 53-128$ Ед/л);
- повышение уровня β -Cross-Laps ($0,63271 \pm 0,267$ при $N < 0,704$ нг/мл);

- повышение соотношения ДПИД/креатинин ($11,6367 \pm 6,445$ при $N = 2,3-5,4$ у мужчин и $3,0-7,4$ у женщин).

Подобные изменения свидетельствуют об усилении ремоделирования костной ткани, сходном с изменениями при высокооборотном типе остеопороза. Также в когорте пациентов был обнаружен низкий уровень витамина $25(\text{ОН})\text{D}_3$ ($17,79 \pm 10,223$ нг/мл, при $N = 30-100$), однако он может быть объяснен климатическими факторами (проживанием пациентов в средней полосе России [41]) и отсутствием официальной программы обогащения продуктов питания витамином D, за исключением продуктов детского питания [42]. Предположить связь данного показателя с течением ортопедической инфекции достаточно сложно. Тем не менее столь низкий уровень данного витамина целесообразно расценивать как весомый негативный фоновый фактор, который может усугублять течение патологического процесса.

В рамках настоящей работы данные были уточнены путем добавления новых пациентов как с прежними, так и с новыми локализациями патологического процесса, а также добавления результатов пролонгирования исследования (результаты 3-го обследования). Обнаружены следующие заслуживающие внимания особенности (данные из табл. № 4):

- содержание общего кальция крови, ионизированного кальция крови, фосфатов крови в целом соответствовало норме на всех этапах наблюдения (N соответственно 2,10–2,55, 1,03–1,23, 0,78–1,42 ммоль/л);
- по данным всех осмотров, за исключением 3-го (на сроке 6 мес.), зарегистрировано выраженное повышение средних значений уровня щелочной фосфатазы (1-й прием, 0 мес. — 122,3 Ед/л; 2-й прием, 3 мес. — 256,13 Ед/л, при норме 53–128 Ед/л). Таким образом, повышение уровня щелочной фосфатазы сохраняется, как и по результатам предыдущей работы. Такие «экстремальные» значения можно объяснить компенсаторным усилением костеобразования после своеобразного «снятия ограничения» со стороны ингибируемых терапией остеокластов, при этом к 6 мес. (3-й осмотр) данный показатель входит в диапазон физиологических значений;
- уровень С-концевых телопептидов (β -Cross-Laps) снижается ко 2-му осмотру (с 0,768 до 0,64 нг/мл) и к 3-му достигает среднего значения 0,46 нг/мл, при норме 0,704 нг/л и менее;
- в отличие от данных предыдущей работы не подтверждено повышение уровня остеокальцина (1-й осмотр — 22,5 нг/мл, 2-й — 26,5, 3-й — 26,0 нг/мл, при норме 46 нг/мл и менее);
- наблюдается 7-кратное снижение уровня паратиреоидного гормона (с 18,83 пмоль/л на 1-м осмотре до 2,67 пмоль/л на 2-м), что согласуется с результатами первого исследования;
- уровень $25(\text{ОН})\text{D}_3$ в целом соответствует результатам предыдущего исследования, оставаясь ниже нормы ($N = 30-100$ Нг/мл) на всех

сроках исследования. Однако с учетом получения пациентами активного метаболита гормона D в будущем, возможно, потребуются пересмотр схемы лечения в сторону увеличения его дозировки;

- выделение кальция и фосфатов суточной мочи на всех сроках остается, аналогично предыдущим результатам, в границах нормы (2,5–7,0 и 12,9–42,0 ммоль/сут соответственно);
- выявлено падение соотношения ДПД/креатинин со временем (1-й осмотр — 12,21 нМ ДПД / мм креатинина, 2-й — 8,94, 3-й — 8,36 при норме 2,3–5,4), что говорит об ослаблении резорбции и в целом согласуется с результатами предыдущего исследования.

Несмотря на превышение нормы на всех сроках, данный показатель имеет благоприятную динамику.

Дальнейшими направлениями научного развития, по нашему мнению, являются:

1. Повышение приверженности пациентов лечению, в особенности в отдаленные сроки, что позволит вовлекать в исследование больше пациентов и, таким образом, повышать точность статистического анализа.
2. Максимальное увеличение периода наблюдения (follow-up).

Соотнесение полученных данных с литературными в настоящий момент затруднительно, так как информация по характеру метаболических нарушений костной ткани при хроническом посттравматическом остеомиелите в литературе крайне недостаточна. Акцент в наиболее передовых публикациях [19, 43–46] делается, прежде всего, на особенности ауто- и паракринной регуляции клеток костной ткани, биохимию внутриклеточных сигнальных каскадов и экспрессию тех или иных генов и их продуктов, включая цитокины. Однако проблема коррекции метаболических нарушений костной ткани во взаимосвязи с рутинными клиническими лабораторными данными, как и важность данной проблемы, в данных публикациях раскрыта недостаточно, что не позволяет сформулировать на основании литературных данных те или иные гипотезы и предложения.

ВЫВОДЫ

1. Сроки консолидации в условиях проведения терапии метаболических нарушений костной ткани для различных сегментов сходны.
2. Возможно говорить о наибольших изменениях параметров метаболизма костной ткани в течение первых 3 мес. после вмешательства и начала назначения терапии; картина соответствует торможению избыточной резорбции костной ткани и купированию вторичного гиперпаратиреоза, потенциально вызванного D-дефицитом.
3. Схема метаболической терапии не требует модификации для каких-либо отдельных сегментов и может считаться в данном отношении универсальной.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Thwaites G, Gant V. Are bloodstream leukocytes Trojan Horses for the metastasis of *Staphylococcus aureus*? *Nat Rev Microbiol.* 2011;9(3):215–222. doi: 10.1038/nrmicro2508.
2. Josse J, Velard F, Gangloff SC. *Staphylococcus aureus* vs osteoblast: relationship and consequences in osteomyelitis. *Front Cell Infect Microbiol.* 2015;5:85. doi: 10.3389/fcimb.2015.00085.
3. Claro T, Widaa A, O'Seaghda M. *Staphylococcus aureus* protein A binds to osteoblasts and triggers signals that weaken bone in osteomyelitis. *PLoS One.* 2011;6(4):e18748. doi: 10.1371/journal.pone.0018748.
4. Цискарашвили А.В., Родионова С.С., Миронов С.П., и др. Метаболические нарушения костной ткани у пациентов с переломами длинных костей, осложненных хроническим остеомиелитом. *Гений ортопедии.* 2019;25(2):149–155. [Tsiskarashvili AV, Rodionova SS, Mironov SP, et al. Metabolic bone tissue disorders in patients with long bone fractures complicated by chronic osteomyelitis. *Genii ortopedii.* 2019;25(2):149–155. (In Russ.)] doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-2-149-155.
5. *Травматология: национальное руководство* / Под ред. Г.П. Котельникова, С.П. Миронова. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2008. [Travmatologiya: natsional'noe rukovodstvo. Ed by G.P. Kotelnikov, S.P. Mironov. Moscow: GEOTAR-MED; 2008. (In Russ.)]
6. Леонова С.Н., Рехов А.В., Камяка А.Л. Традиционное хирургическое лечение пациентов с переломами костей голени, осложненными хроническим травматическим остеомиелитом. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.* 2013;(2–1):45–48. [Leonova SN, Rekhov AV, Kameka AL. Traditional surgical treatment of patients with leg fractures complicated by chronic traumatic osteomyelitis. *Byulleten' VSNTs SO RAMN.* 2013;(2–1):45–48. (In Russ.)]
7. Леонова С.Н., Рехов А.В., Камяка А.Л. Лечение переломов, осложненных гнойной инфекцией. *Сибирский медицинский журнал.* 2013;120(5):141–143. [Leonova SN, Rekhov AV, Kameka AL. Treatment of fractures complicated by purulent infection. *Sibirskii meditsinskii zhurnal.* 2013;120(5):141–143. (In Russ.)]
8. Леончук Д.С., Сазонова Н.В., Ширяева Е.В., Ключин Н.М. Хронический посттравматический остеомиелит плеча: экономические аспекты лечения методом чрескостного остеосинтеза аппаратом Илизарова. *Гений ортопедии.* 2017;23(1):74–79. [Leonchuk DS, Sazonova NV, Shiryayeva EV, Klyushin NM. Chronic post-traumatic osteomyelitis of the shoulder: economic aspects of treatment by the method of transosseous osteosynthesis with the Ilizarov apparatus. *Genii ortopedii.* 2017;23(1):74–79. (In Russ.)]
9. Brause B. *Infections with prostheses in bones and joints.* In: Mandell G, Bennett J, Dolin R, eds. *Principles and Practice of Infectious Diseases.* 7th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2010.
10. Khatod M, Botte MJ, Hoyt DB, et al. Outcomes in open tibia fractures: relationship between delay in treatment and infection. *J Trauma.* 2003;55(5):949–954. doi: 10.1097/01.TA.0000092685.80435.63.
11. Микулич Е.В. Современные принципы лечения хронического остеомиелита. *Вестник новых медицинских технологий.* 2012;19(2):180. [Mikulich EV. Modern principles of treatment of chronic osteomyelitis. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii.* 2012;19(2):180. (In Russ.)]
12. Takayanagi H, Ogasawara K, Hida S, et al. Tcell-mediated regulation of osteoclastogenesis by signaling cross-talk between RANKL and IFN-gamma. *Nature.* 2002;408(6812):600–605. doi: 10.1038/35046102.

13. Theill LE, Boyle WJ, Penninger JM. KANK-L and RANK: T cells, bone loss, and mammalian evolution. *Annu Rev Immunol.* 2002;20:795–823.
14. Stashenko P, Dewhirst FE, Peros WJ, et al. Synergistic interactions between interleukin-1, tumor necrosis factor and lymphotoxin in bone resorption. *J Immunol.* 1987;138(5):1464–1468.
15. Thomson BM, Mundy GR, Chambers TJ. Tumor necrosis factors alpha and beta induce osteoblastic cells to stimulate osteoclastic bone resorption. *J Immunol.* 1987;138(3):775–779.
16. Ishimi Y, Miyaura C, Jin CH, et al. IL-6 is produced by osteoblasts and induces bone resorption. *J Immunol.* 1990;145(10):3297–3303.
17. Kavanagh N, Ryan EJ, Widaa A, et al. Staphylococcal osteomyelitis: disease progression, treatment challenges and future directions. *Clin Microbiol Rev.* 2018;31(2):e00084–17. doi: 10.1128/CMR.00084-17.
18. Wang Y, Liu X, Dou C, et al. Staphylococcal protein A promotes osteoclastogenesis through MAPK signaling during bone infection. *J Cell Physiol.* 2017;232(9):2396–2406. doi: 10.1002/jcp.25774.
19. Ren LR, Wang ZH, Wang H, et al. Staphylococcus aureus induces osteoclastogenesis via the NF- κ B signaling pathway. *Med Sci Monit.* 2017;23(4):4579–4590. doi: 10.12659/MSM.903371.
20. Grbic R, Miric DJ, Kisic B, et al. Sequential analysis of oxidative stress markers and vitamin C status in acute bacterial osteomyelitis. *Mediators Inflamm.* 2014;2014:975061. doi: 10.1155/2014/975061.
21. Borsiczky B, Szabó Z, Jaberansari MT, et al. Activated PMNs lead to oxidative stress on chondrocytes: a study of swine knees. *Acta Orthop Scand.* 2003;74(2):190–195. doi: 10.1080/00016470310013941.
22. Wauquier F, Leotoing L, Coxam V, et al. Oxidative stress in bone remodelling and disease. *Trends Mol Med.* 2009;15(10):468–477. doi: 10.1016/j.molmed.2009.08.004.
23. Рогова Л.Н., Шестерина Н.В., Замечник Т.В., Фастова И.А. Матричные металлопротеиназы, их роль в физиологических и патологических процессах (Обзор). *Вестник новых медицинских технологий.* 2011;18(2):86–89. [Rogova LN, Shesterina NV, Zamechnik TV, Fastova IA. Matrix metalloproteinases, their role in physiological and pathological processes (Review). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii.* 2011;18(2):86–89. (In Russ.)]
24. Протасов М.В., Смагина Л.В., Галибин О.В. Зависимость активности ММП в раневом экссудате крыс от состояния тканей раны на начальных этапах раневого процесса. *Цитология.* 2008;50(10):882–886. [Protasov MV, Smagina LV, Galibin OV. Dependence of MMP activity in rat wound exudate on the state of wound tissues at the initial stages of the wound process. *Tsitologiya.* 2008;50(10):882–886. (In Russ.)]
25. Lukens JR, Gross JM, Calabrese C, et al. Critical role for inflammasome-independent IL-1 β production in osteomyelitis. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2014;111(3):1066–1071. doi: 10.1073/pnas.1318688111.
26. Миронов С.П., Цискарашвили А.В., Горбатюк Д.С. Хронический посттравматический остеомиелит как проблема современной травматологии и ортопедии (обзор литературы). *Гений ортопедии.* 2019;25(4):610–621. [Mironov SP, Tsiskarashvili AV, Gorbatiuk DS. Chronic post-traumatic osteomyelitis as a problem of contemporary traumatology and orthopedics (literature review). *Genii ortopedii.* 2019;25(4):610–621. (In Russ.)] doi: 10.18019/1028-4427-2019-25-4-610-621.
27. Wagner JM, Jaurich H, Wallner C, et al. Diminished bone regeneration after debridement of posttraumatic osteomyelitis is accompanied by altered cytokine levels, elevated B cell activity, and increased osteoclast activity. *J Orthop Res.* 2017;35(11):2425–2434. doi: 10.1002/jor.23555.
28. Цискарашвили А.В. *Лечение больных с переломами длинных костей, осложненных гнойной инфекцией, с учетом биомеханической концепции фиксации отломков: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.* М., 2009. [Tsiskarashvili AV. *Lechenie bol'nykh s perelomami dlinnykh kostei, oslozhnennykh gnoinoi infektsiei, s uchetom biomekhanicheskoi kontseptsii fiksatsii otlomkov.* [dissertation abstract] Moscow; 2009. (In Russ.)]
29. Пичхадзе И.М. *Атлас переломов конечностей и таза.* М., 2002. [Pichkhadze IM. *Atlas perelomov konechnostei i taza.* Moscow; 2002. (In Russ.)]
30. Патент РФ на изобретение № 2176519/ 10.12.01. Бюл. № 34. Родионова С.С., Попова Т.П., Балберкин А.В., Колондаев А.Ф., Ключниченко И.В. Способ профилактики потери костной ткани вокруг имплантатов при эндопротезировании. [Patent RUS №2176519/10.12.01. Byul. № 34. Rodionova SS, Popova TP, Balberkin AV, Kolondaev AF, Kljushnichenko IV. Method for preventing from bone tissue losses around implants when using endoprosthesis. (In Russ.)] Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37871093>. Дата обращения: 12.12.2020.
31. Gadowski BC, McGilvray KC, Easley JT, et al. Partial gravity unloading inhibits bone healing responses in a large animal model. *J Biomech.* 2014;47(12):2836–2842. doi: 10.1016/j.jbiomech.2014.07.031.
32. Gadowski BC, Lerner ZF, Browning RC, et al. Computational characterization of fracture healing under reduced gravity loading conditions. *J Orthop Res.* 2016;34(7):1206–1215. doi: 10.1002/jor.23143.
33. Swaffield TP, Neviasser AS, Lehnhardt K. Fracture risk in space-flight and potential treatment options. *Aerosp Med Hum Perform.* 2018;89(12):1060–1067. doi: 10.3357/AMHP.5007.2018.
34. Vico L, Collet P, Guignandon A, et al. Effects of long-term microgravity exposure on cancellous and cortical weight-bearing bones of cosmonauts. *Lancet.* 2000;355(9215):1607–1611. doi: 10.1016/S0140-6736(00)02217-0.
35. Bellido T, Saini V, Pajevic PD. Effects of PTH on osteocyte function. *Bone.* 2013;54(2):250–257. doi: 10.1016/j.bone.2012.09.016.
36. Elmaataoui A, Elmachtani Idrissi S, Dami A, et al. [Association between sex hormones, bone remodeling markers and bone mineral density in postmenopausal women of Moroccan origin (cross-sectional study)] *Pathol Biol (Paris).* 2016;62(1):49–54. (In French.) doi: 10.1016/j.patbio.2013.11.001.
37. Nakamura K, Saito T, Oyama M, et al. Vitamin D sufficiency is associated with low incidence of limb and vertebral fractures in community-dwelling elderly Japanese women: the Muramatsu study. *Osteoporos Int.* 2011;22(1):97–103. doi: 10.1007/s00198-010-1213-6.
38. Ardawi MS, Qari MH, Rouzi AA, et al. Vitamin D status in relation to obesity, bone mineral density, bone turnover markers and vitamin D receptor genotypes in healthy Saudi pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 2011;22(2):463–475. doi: 10.1007/s00198-010-1249-7.
39. Cosman F, de Beur SJ, LeBoff MS, et al. Clinician's Guide to prevention and treatment of osteoporosis. *Osteoporos Int.* 2014;25(10):2359–2381. doi: 10.1007/s00198-014-2794-2.
40. Tsiskarashvili A, Zagorodny N, Rodionova S, Gorbatiuk D. *Metabolic disorders in patients with chronic osteomyelitis: etiology and pathogenesis.* In: *Clinical Implementation of Bone Regeneration and Maintenance.* IntechOpen; 2020. doi: 10.5772/intechopen.92052.
41. Плещева А.В., Пигарова Е.А., Дзеранова Л.К. Витамин D и метаболизм: факты, мифы и предубеждения. *Ожирение и метаболизм.* 2012;9(2):33–42. [Pleshcheva AV, Pigarova EA, Dzeranova LK. Vitamin D and metabolism:

- facts, myths and preconceptions. *Ozhirenie i metabolismm*. 2012;9(2):33–42. (In Russ.)]
42. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я., Белая Ж.Е., и др. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых. *Проблемы эндокринологии*. 2016;62(4):60–84. [Pigarova EA, Rozhinskaya LY, Belaya JE, et al. Russian Association of Endocrinologists recommendations for diagnosis, treatment and prevention of vitamin D deficiency in adults. *Problems of Endocrinology*. 2016;62(4):60–84. (In Russ.)] doi: 10.14341/probl201662460–84.
 43. Tsukasaki M, Takayanagi H. Osteoimmunology: evolving concepts in bone–immune interactions in health and disease. *Nat Rev Immunol*. 2019;19(10):626–642. doi: 10.1038/s41577-019-0178-8.
 44. Tomizawa T, Ishikawa M, Bello-Irizarry SN, et al. Bio-film producing staphylococcus epidermidis (RP62A Strain) inhibits osseous integration without osteolysis and histopathology in a murine septic implant model. *J Orthop Res*. 2020;38(4):852–860. doi: 10.1002/jor.24512.
 45. Lorenzo J. The many ways of osteoclast activation. *J Clin Invest*. 2017;127(7):2530–2532. doi: 10.1172/JCI94606.
 46. Kitazawa R, Haraguchi R, Fukushima M, Kitazawa S. Pathologic conditions of hard tissue : role of osteoclasts in osteolytic lesion. *Histochem Cell Biol*. 2018;149(4):405–415. doi: 10.1007/s00418-018-1639-z.

Информация об авторах:

Арчил Важаевич Цискарашвили — канд. мед. наук, врач — травматолог-ортопед высшей квалификационной категории, заведующий отделением последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: archil.tsiskarashvili@gmail.com.

Светлана Семеновна Родионова — д-р мед. наук, профессор, руководитель Центра остеопороза. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: centrostoporoz@gmail.com.

Сергей Павлович Миронов — д-р мед. наук, профессор, академик РАН, почетный президент. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: armed05@mail.ru

Дмитрий Сергеевич Горбатюк — научный сотрудник отделения последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: gorbatyukds@cito-priorov.ru

Александр Юрьевич Тараскин — аспирант отделения последствий травм опорно-двигательной системы и гнойных осложнений. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: aletr2009@yandex.ru

Information about the authors:

Archil V. Tsiskarashvili — MD, Cand. Sci. (Med.), traumatologist-orthopedist of the highest qualification category, Head of the department of the consequences of injuries of the musculoskeletal system and purulent complications. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: archil.tsiskarashvili@gmail.com.

Svetlana S. Rodionova — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Osteoporosis Center. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: centrostoporoz@gmail.com.

Sergey P. Mironov — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honorary President. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: armed05@mail.ru.

Dmitry S. Gorbatyuk — researcher of the department of the consequences of injuries of the musculoskeletal system and purulent complications. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: gorbatyukds@cito-priorov.ru

Alexander Yu. Taraskin — postgraduate student of the department of the consequences of injuries of the musculoskeletal system and purulent complications. N.N. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: aletr2009@yandex.ru

**ДИСТАЛЬНАЯ МЕЖКОСТНАЯ МЕМБРАНА ПРЕДПЛЕЧЬЯ:
АНАТОМИЯ, БИОМЕХАНИКА, ДИАГНОСТИКА***И.О. Голубев, Н.Ю. Матвеева, М.Л. Максаров*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский
исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Актуальность. Последние исследования показывают, что даже при повреждении структур треугольного фиброзно-хрящевого комплекса (первичного стабилизатора) в ряде случаев не развивается нестабильность дистального лучелоктевого сустава. Исследования, проведенные рядом авторов, доказывают, что на стабильность сустава может влиять дистальная межкостная мембрана предплечья и быть для него вторичным стабилизатором.

Цель исследования. На анатомическом материале изучить вариабельность в строении дистальной межкостной мембраны предплечья и определить влияние дистальной межкостной мембраны на стабильность дистального лучелоктевого сустава. С помощью ультразвукового исследования определить вариабельность строения дистальной межкостной мембраны предплечья.

Материалы и методы. Материалом для исследования стали 10 пар анатомических препаратов верхних конечностей. Функциональную состоятельность оценивали путем пассивного вращения анатомического материала предплечья. Наблюдали изменения натяжения дистальной межкостной мембраны, ее дополнительных образований и капсулы дистального лучелоктевого сустава. В качестве инструментального метода визуализации дистальной межкостной мембраны предплечья и ее структур было выбрано ультразвуковое исследование. В ходе проведенной работы были обследованы 30 добровольцев обоих полов и разных возрастов. Исследование проводили с максимальной пронацией (положение датчика тыльное) и максимальной супинацией (положение датчика ладонное).

Результаты. В ходе проведенного анатомического исследования определено, что в 6 парах анатомического материала дистальная межкостная мембрана представляет собой тонкую прозрачную соединительнотканную структуру. Дополнительных образований в виде утолщений не выявлено. В 4 парах препаратов, что составило 40 % общего количества в дистальной межкостной мембране, имелись дополнительные образования в виде утолщений мембраны — это дистальный косой пучок и дистальный лучелоктевой тракт. При проведении функционального исследования было выявлено: при пронации предплечья происходит натяжение дистальной мембраны и дорзальной капсулы, что в свою очередь удерживает головку локтевой кости в сигмовидной вырезке лучевой кости. Проведя ультразвуковое исследование определена вариабельность в строении дистальной межкостной мембраны предплечья. Дистальный косой пучок визуализируется как линейное гиперэхогенное образование. Из 30 обследуемых данное образование было выявлено у 13 женщин (92,8 %) и 1 мужчины (7,1 %), что в процентном соотношении составило 43 %.

Заключение. Проведя анатомическое исследование, определили вариабельность в строении дистальной межкостной мембраны предплечья в виде наличия утолщений — дистального косого пучка и дистального лучелоктевого тракта, и определили влияние данных структур на стабильность дистального лучелоктевого сустава. Проведя ультразвуковое исследование, также выявили особенности в строении дистальной межкостной мембраны в виде гиперэхогенного образования.

Ключевые слова: дистальная межкостная мембрана предплечья; дистальный косой пучок; дистальный лучелоктевой сустав.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: государственное бюджетное финансирование.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Голубев И.О., Матвеева Н.Ю., Максаров М.Л. Дистальная межкостная мембрана предплечья: анатомия, биомеханика, диагностика // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2020;27(4):65-72. doi: <https://doi.org/10.17816/vto50766>

**DISTAL INTEROSSEOUS MEMBRANE OF THE FOREARM:
ANATOMY, BIOMECHANICS, DIAGNOSTICS***I.O. Golubev, N.Yu. Matveeva, M.L. Maksarov*

Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

Relevance. Recent studies show that even with damage to the structures of the triangular fibrocartilaginous complex (primary stabilizer), instability of the distal ray-elbow joint does not develop in some cases. Studies

carried out by a number of authors prove that the distal interosseous membrane of the forearm can influence the stability of the joint and be a secondary stabilizer for it.

Aim of the study. To study the variability in the structure of the distal interosseous membrane of the forearm using anatomical material and determine the effect of the distal interosseous membrane on the stability of the distal ray-elbow joint. Using ultrasound to determine the variability of the structure of the distal interosseous membrane of the forearm.

Materials and methods. Material for our study was 10 pairs of anatomical specimens of the upper extremities. The functional viability was assessed by passive rotation of the anatomical material of the forearm. Changes in the tension of the distal interosseous membrane, its additional formations and the capsule of the distal ray-elbow joint were observed. Ultrasound was chosen as an instrumental method for visualizing the distal interosseous membrane of the forearm and its structures. In the course of this work, 30 volunteers of both sexes and different ages were examined. The study was carried out: maximum pronation (position of the sensor back) and maximum supination (position of the sensor palmar).

Results. In the course of the anatomical study, we determined that in 6 pairs of anatomical material, the distal interosseous membrane is a thin transparent connective tissue structure. No additional formations in the form of thickening were found. In 4 pairs of preparations, which amounted to 40% of the total amount in the distal interosseous membrane, there were additional formations in the form of thickening of the membrane — this is the distal oblique bundle and the distal ray-ulnar tract. During the functional study, it was revealed that during pronation of the forearm, the distal membrane and dorsal capsule are stretched, which in turn holds the head of the ulna in the sigmoid notch of the radius. After conducting ultrasound, we determined the variability in the structure of the distal interosseous membrane of the forearm. The distal oblique bundle is visualized as a linear hyperechoic formation. Of the 30 surveyed, this formation was identified in 13 women (92.8%) and 1 man (7.1%), which in percentage terms was 43%.

Conclusion. After conducting anatomical examination, we determined the variability in the structure of the distal interosseous membrane of the forearm in the form of the presence of thickenings — the distal oblique bundle and the distal ray-ulnar tract, and determined the effect of these structures on the stability of the distal ray-elbow joint. An ultrasound scan also identified the features in the structure of the distal interosseous membrane in the form of — hyperechoic formation.

Keywords: distal interosseous membrane of the forearm; distal oblique bundle; distal ray-elbow joint.

Conflict of interest: n/a.

Funding: state budget financing.

TO CITE THIS ARTICLE: Golubev IO, Matveeva NYu, Maksarov ML. Distal interosseous membrane of the forearm: anatomy, biomechanics, diagnostics. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):65-72. doi: <https://doi.org/10.17816/vto50766>

ВВЕДЕНИЕ

Принято считать, что первичные мягкотканые стабилизаторы дистального лучелоктевого сустава (ДЛЛС) — это структуры треугольного фиброзно-хрящевого комплекса, к которым относятся: тыльная и ладонная радиоульнарные связки, треугольный фиброзный хрящ, локтевая коллатеральная связка и влагалище локтевого разгибателя запястья [1–9]. В последнее время в литературе можно встретить статьи, посвященные особенностям строения дистальной межкостной мембраны предплечья (ДММП) и влияние ее на стабильность ДЛЛС. К. Noda и соавт. [10] сообщили об анатомических вариациях в строении ДММП. Это в основном относится к изменениям толщины последней, и более плотный участок ДММП получил название дистального косо́го пучка (ДКП). Авторы исследовали 30 экземпляров, но ДКП был обнаружен лишь у 12 (40 %). Дистальный косо́й пучок — это более плотный волокнистый пучок в ДММП, который идет от межкостного края нижней трети локтевой кости к сигмовидной вырезке лучевой кости (рис. 1). Затем волокна вплетаются в тыльную и ладонную радиоульнарные связки треугольного фиброзно-хрящевого комплекса и частично в квадратный пронатор. Средняя ширина ДКП составляет

4,4 мм (диапазон от 2–6 мм), а средняя толщина 1,5 мм (диапазон от 0,5 до 2,6 мм) [10]. К. Okada и соавт. также, проводя анатомическое исследование, нашли ДКП лишь в 40 % анатомических препаратов [11]. Т. Kitamura и соавт. [12] исследовали 10 экземпляров предплечий и выделили 4 типа строения ДММП (рис. 2). М. Gabl и соавт. [13] описали еще один вариант строения ДММП — дистальный лучелоктевой тракт (ДЛЛТ). Он идет от лучевой кости в дорзальной капсуле ДЛЛС, следовательно, эти два пучка идут параллельно друг другу (рис. 3).

Помимо анатомических исследований особенностей строения ДММП существует ряд работ, посвященных биомеханическим исследованиям по поводу стабилизирующего влияния ДММП на ДЛЛС. Например, Н. Moritomo и соавт. [14] провели исследования по биомеханике межкостной мембраны предплечья. Производя измерения длины межкостной мембраны при разных положениях предплечья и на разных уровнях, получили следующие результаты: при вращении предплечья не происходит изменения длины, ни центрального, ни дистального отделов межкостной мембраны предплечья. Авторы предположили, что ДММП и ДКП могут быть лишь изометрическими стабилизаторами.

Т. Kitamura и соавт. [12] исследовали влияние особенностей в строении ДММП на стабильность

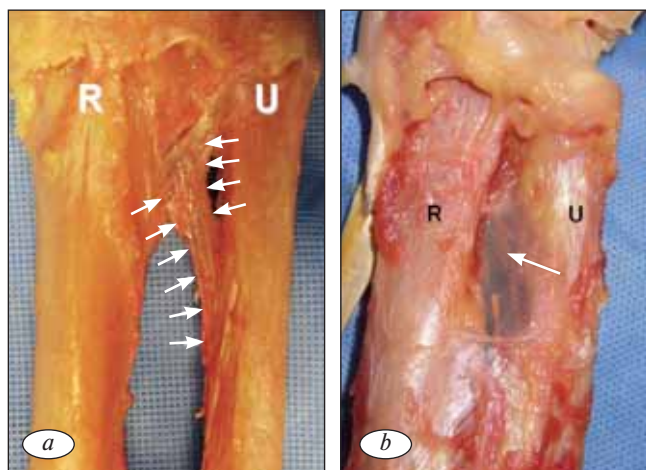


Рис 1. Дистальный косой пучок (указан стрелками): *a* — в дистальной межкостной мембране; *b* — отсутствует в дистальной межкостной мембране [14]. R — лучевая кость, U — локтевая кость

Fig. 1. Distal oblique bundle (indicated by arrows): *a* — in the distal interosseous membrane; *b* — absent in the distal interosseous membrane [14]. R — radius, U — ulna

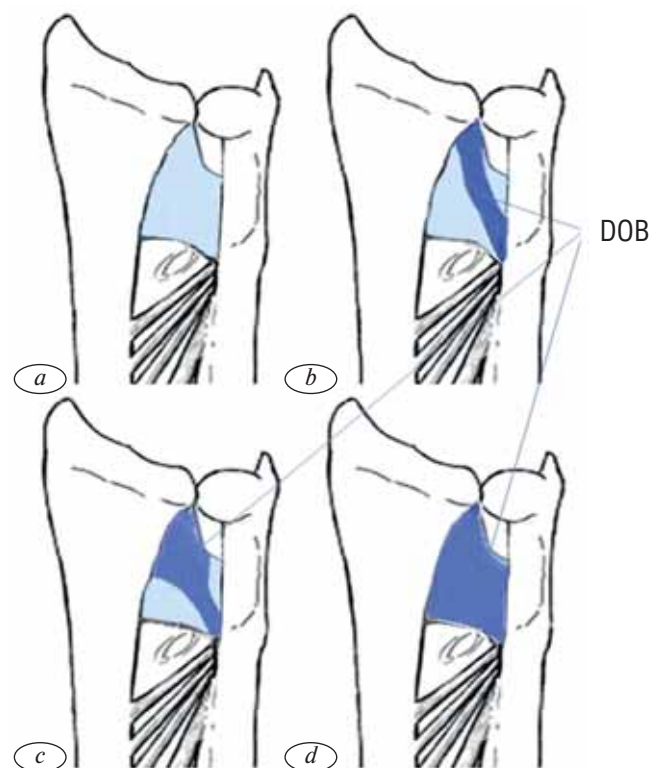


Рис 2. Типы строения дистальной межкостной мембраны предплечья: *a* — обычный мембранозный тип строения; *b* — имеется утолщение в мембране в виде пучка; *c* — имеется утолщение в мембране — проксимально имеет вид пучка, а дистально — веерообразно расширяется; *d* — диффузный тип строения (мембрана утолщена на всем протяжении) [12]

Fig. 2. Types of structure of the distal interosseous membrane of the forearm: *a* — the usual membranous type of structure; *b* — there is a thickening in the membrane in the form of a bundle; *c* — there is a thickening in the membrane — proximally it looks like a bundle, and distally — fan-shaped; *d* — diffuse type of structure (the membrane is thickened throughout) [12]

ДЛЛС в нейтральном положении, супинации и пронации предплечья (60°). Они определили, что смещение лучевой кости относительно локтевой кости больше в экземплярах, у которых в ДММП нет ДКП, и в соответствии с полученными результатами они пришли к выводу, что особенности в строении ДММП повышают стабильность ДЛЛС.

В последнее время можно встретить статьи, где описана роль фронтального смещения при переломах дистального метаэпифиза лучевой кости (ДМЭЛК) на стабильность ДЛЛС. При переломе ДМЭЛК при фронтальном смещении происходит уменьшение лучелоктевого расстояния выше зоны перелома и приводит к снижению натяжения ДММП. Проведя трупные исследования С.Д. Ду и соавт. продемонстрировали повышение нестабильности ДЛЛС при переломах ДМЭЛК с фронтальным смещением от 2 мм с наличием ДКП. Анатомическое восстановление данной деформации приводит к восстановлению натяжения ДММП и ДКП, тем самым увеличивая взаимоотношение головки локтевой кости и сигмовидной вырезки лучевой кости [15–19].

Одной из паллиативных операций для повышения стабильности ДЛЛС и уменьшения компартмент-синдрома является укорачивающая остеотомия локтевой кости [20–26]. S. Arimitsu и соавт. [27] проводили укорачивающую остеотомию локтевой кости для повышения стабильности ДЛЛС с учетом проксимального и дистального локтевого прикрепления ДММП. Они обнаружили, что продольное сопротивление и соответственно стабиль-

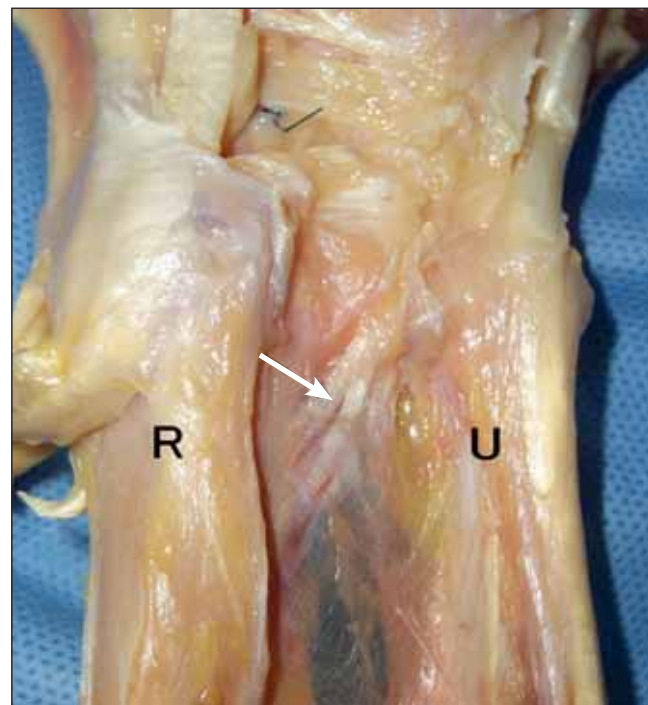


Рис 3. Дистальный лучелоктевой тракт, идущий параллельно дистальному косому пучку (указан стрелкой) [13]. R — лучевая кость, U — локтевая кость

Fig. 3. Distal radioulnar tract running parallel to the distal oblique bundle (indicated by the arrow) [13]. R — radius, U — ulna

ность ДЛЛС выше при проксимальной остеотомии локтевой кости, чем при дистальной остеотомии.

Опираясь на вышеизложенный материал статей, мы решили провести свое анатомобиомеханическое исследование дистальной межкостной мембраны предплечья. А также дополнительно идентифицировать и описать морфологию дистального косого пучка в дистальной межкостной мембране предплечья с помощью ультразвукового метода.

Цель исследования: на анатомическом материале доказать особенность в строении дистальной межкостной мембраны предплечья в виде дополнительного образования — дистального косого пучка; с помощью биомеханических тестов определить влияние дистальной межкостной мембраны на стабильность ДЛЛС; определить с помощью ультразвукового исследования наличие дистального косого пучка в дистальной межкостной мембране предплечья и описать его ультразвуковую морфологию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для нашего научного исследования стали 10 пар анатомических препаратов верхних конечностей. 6 пар препаратов были взяты от трупов мужского пола и 4 пары — от трупов женского пола. Одним из условий на данном этапе исследования было отсутствие патологии структур кистевого сустава. Для этого анатомические препараты осматривали на отсутствие деформации, после операционных рубцов в области кистевого сустава, а также отсутствия контрактур и анкилозов кистевого сустава (поэтому анатомический материал брали через 24 ч после смерти по мере разрешения трупного окоченения). Возраст на момент смерти составлял от 64 до 82 лет. Работа с анатомическим материалом проводилась в соответствии с Федеральным закон «О погребении и похоронном деле» от 12.01.1996 № 8-ФЗ (последняя редакция).

Выделение и визуализация ДММП проводили из тыльного Г-образного доступа, так как он представляется наиболее технически простым. Поперечная часть доступа соединяет шиловидные отростки локтевой и лучевой костей, продольная часть доступа идет параллельно по латеральному или медиальному краю предплечья до средней трети. Образовавшийся кожный лоскут отбрасывается в сторону и визуализируются сухожилия разгибатели предплечья, которые пересекаются на уровне верхнего края удерживателя разгибателей. После удаления сухожилий разгибателей видна дистальная межкостная мембрана предплечья.

Функциональное исследование мы проводили путем пассивного вращения анатомического материала предплечья и наблюдали изменения натяжения ДММП, ее дополнительных образований и капсулы ДЛЛС.

Новые открытия в области анатомии требуют развития методов инструментальной диагностики. В качестве инструментального метода визуализации

ДММП и ее структур мы выбрали ультразвуковой (УЗ) метод. УЗ-метод — это наиболее технически и экономически доступный метод диагностики.

В ходе проведенной работы были исследованы 30 добровольцев обоих полов и разных возрастов — 15 женщин и 15 мужчин (в соотношении 1:1) в возрасте от 20 до 60 лет (средний возраст $36 \pm 13,1$ года). Основным критерием для включения в исследовательскую группу было отсутствие травм и заболеваний кистевого сустава. С этой целью у исследуемых был собран анамнез, исключая травмы и заболевания КС, использован вопросник DASH неспособностей верхней конечности, проведены клинические исследования — осмотр области КС, измерение объема движений с использованием угломера, определение силы кулачного хвата с использованием динамометра, проведен ряд клинических тестов (тест Watson, Reagan, «пресс-тест» и тест «клавиши пианино»). Методом УЗ исследовали центральный отдел межкостной мембраны для доказательства отсутствия его особенностей строения и непосредственно дистальный отдел межкостной мембраны. Положение предплечья при исследовании: максимальная пронация (положение датчика тыльное) и максимальная супинация (положение датчика ладонное). Одновременно исследовали оба предплечья. Исследование проводили на аппаратах Philips L17-5/MSK, частота датчика 12 Гц, и Hitachi Aloka ProSound F75 с частотой датчика 13 Гц.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО И БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЙ

ДММП занимает область квадратного пронатора и крепится к межкостным краям локтевой и лучевой костей. ДММП прочно срастается с квадратным пронатором и при диссекции отделяется от него с трудом. При выделении ДММП также отметили, что она переходит в дорзальную капсулу ДЛЛС. Сама ДММП представляет собой тонкую прозрачную соединительнотканную структуру. Толщина дистальной межкостной мембраны не превышает 0,2–0,4 мм. На границе между ДММП и центральным отделом межкостной мембраны предплечья имеется отверстие, через которое проходит межкостная артерия и нерв. Описанный вариант строения ДММП присутствовал в 6 парах анатомических препаратов (рис. 4).

В 4 парах препаратов (1 препарат взят от трупа мужского пола, и 3 — от женского) в ДММП имелись дополнительные образования в виде утолщений мембраны — дистальный косой пучок и дистальный лучелоктевой тракт. Во всех 4 парах препаратов ДКП и ДЛЛТ располагаются в ДММП между локтевой и лучевой костями, имеют косое направление, идут параллельно друг другу и переходят в дорзальную капсулу ДЛЛС и частично в квадратный пронатор.

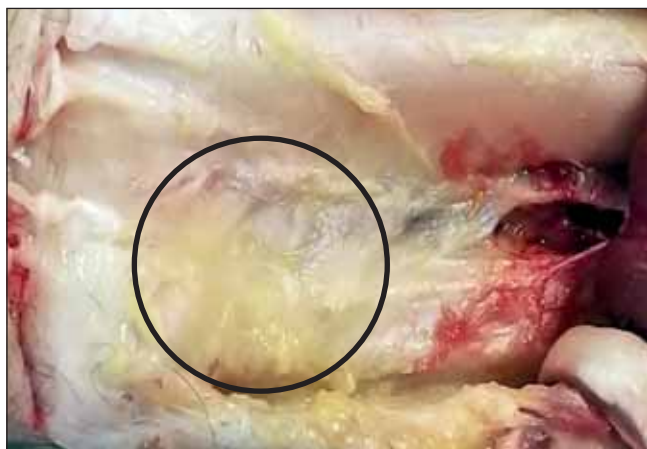


Рис 4. Обычный тип строения дистальной межкостной мембраны предплечья без утолщений

Fig. 4. The usual type of structure of the distal interosseous membrane of the forearm without thickening

В первой паре анатомического препарата (взят от трупа женского пола) ДКП имеет вид четко обособленного пучка длиной 25 мм, шириной 4 мм, толщиной 1 мм (рис. 5).

Во второй паре препарата (взят от трупа женского пола) ДКП в начале имеет вид пучка, который веерообразно расширяется по направлению в ДЛЛС, длина 25 мм, ширина 8 мм, толщина 1,7 мм (рис. 6).

В третьей паре препаратов (взятого от мужского трупа) ДКП имеет вид четко обособленного пучка длиной 31 мм, шириной 4 мм, толщиной 1,1 мм. Параллельно ДКП идет ДЛЛТ длиной 25 мм, шириной 3 мм, толщиной 1 мм (рис. 7).

В четвертой паре препарата (взятого от женского трупа) ДКП также имел вид четко обособленного пучка длиной 27 мм, шириной 6 мм, толщиной 1,2 мм.

При проведении функционального исследования было выявлено: при нейтральном положении предплечья и супинации предплечья ДММП и дополнительные ее структуры находятся в расслабленном состоянии, а при пронации предплечья происходит натяжение данных структур и дорзальной капсулы ДЛЛС. Мы проводили исследование на анатомических препаратах путем пассивного вращения, а у живого человека вращение предплечья осуществляется за счет сокращения мышц ротаторов, в частности за счет квадратного пронатора в дистальной части предплечья. Учитывая, что ДММП с ним плотно сращена, то можно предположить, что при сокращении квадратный пронатор может быть ее натяжителем. Соответственно можно предположить, что ДММП, изменяя свое натяжение в зависимости от положения предплечья и работы активного стабилизатора (квадратного пронатора), изменяет натяжение тыльной капсулы ДЛЛС и может быть вторичным изометрическим стабилизатором ДЛЛС, препятствуя тыльному смещению головки локтевой кости при пронации предплечья.

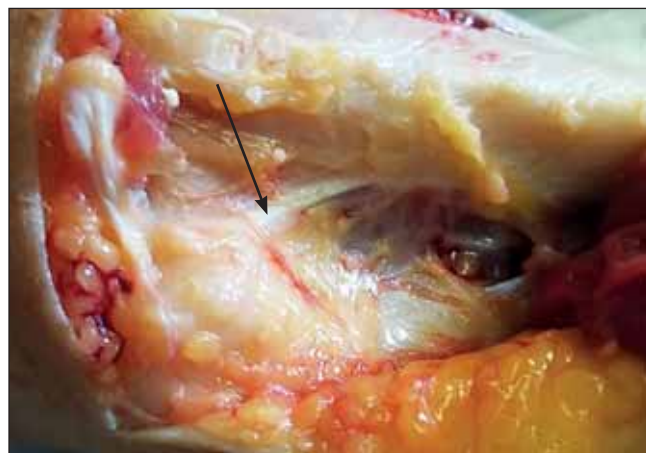


Рис. 5. Дистальный косой пучок с дистальной межкостной мембраной предплечья (показан стрелкой)

Fig. 5. Distal oblique bundle with distal interosseous membrane of the forearm (arrow)

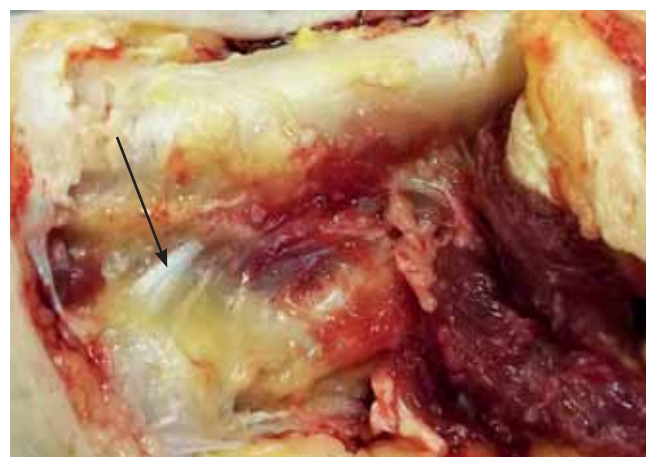


Рис. 6. Дистальный косой пучок в дистальной межкостной мембране предплечья — веерообразный тип строения (показан стрелкой)

Fig. 6. Distal oblique bundle in the distal interosseous membrane of the forearm — fan-shaped type of structure (shown by an arrow)

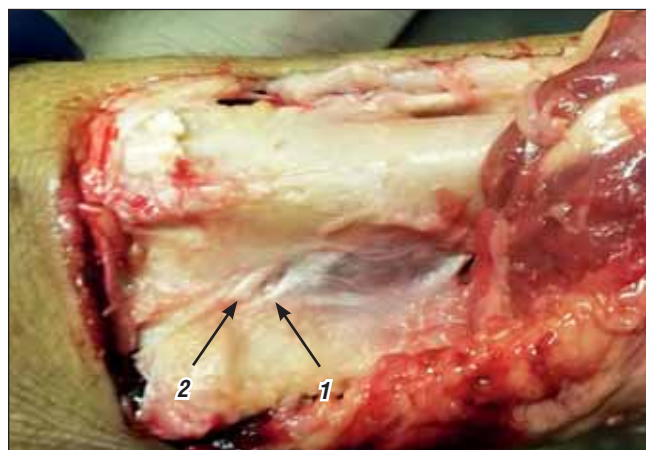


Рис. 7. Наличие в дистальной межкостной мембране предплечья дистального косого пучка (1) и дистального лучелоктевого тракта (2)

Fig. 7. Presence in the distal interosseous membrane of the forearm of the distal oblique bundle (1) and the distal radioulnar tract (2)

РЕЗУЛЬТАТЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении УЗ-исследования центральный отдел межкостной мембраны визуализируется как гиперэхогенное образование, толщина которого по нашим измерениям составляет от 0,3 до 0,7 мм в независимости от положения предплечья. Среднее значение $0,5 \pm 0,2$ мм. Данные результаты были получены у всех 30 исследуемых. Это может говорить о постоянстве анатомического строения центрального отдела межкостной мембраны при УЗ-исследовании.

Дистальный отдел межкостной мембраны так же визуализируется, как гиперэхогенное образование. У людей, у которых отсутствует ДКП, толщина ДММП составляет от 0,3–0,7 мм в независимости от положения предплечья (рис. 8). Толщина же ДКП при УЗ-исследовании составляет от 0,9 до 2 мм также в независимости от положения предплечья (рис. 9). Среднее значение составляет $1,4 \pm 0,5$ мм. Из 30 обследуемых дистальный косой пучок был

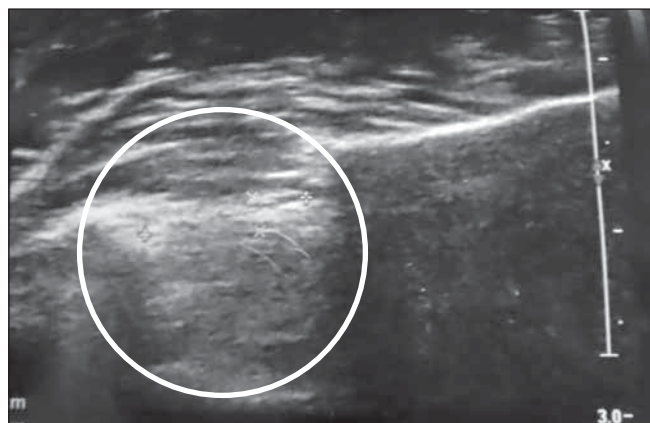


Рис. 8. Ультразвуковое изображение дистального отдела межкостной мембраны предплечья — дистальный косой пучок не определяется

Fig. 8. Ultrasound image of the distal part of the interosseous membrane of the forearm — the distal oblique bundle is absent.



Рис. 9. Ультразвуковое изображение дистального отдела межкостной мембраны предплечья — дистальный косой пучок присутствует (показано стрелкой)

Fig. 9. Ultrasound image of the distal interosseous membrane of the forearm — the distal oblique bundle is present.

выявлен у 13 женщин (92,8 %) и 1 мужчины (7,1 %), что в процентном соотношении составило 43 %. Помимо ширины измеряли и длину ДКП, интервал длины у обследуемых составляет от 13 до 19 мм. Среднее значение $15,5 \pm 1,9$ мм. Изменение длины также не происходит независимо от положения предплечья.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведя морфологическое исследование на анатомическом материале, мы определили особенности в строении дистальной межкостной мембраны предплечья. Опираясь на классификацию, предложенную Т. Kitamura, который в своей работе выделил 4 типа строения дистальной межкостной мембраны предплечья, в ходе проведенного исследования мы идентифицировали 3 типа: обычный перепончатый тип строения, толщина составляет от 0,2 до 0,4 мм, и наличия утолщений в виде дистального косого пучка (пучковый и веерообразный), толщиной от 1 до 1,7 мм. Помимо этого определили наличие еще одного утолщения в виде дистального лучелоктевого тракта, который в своей работе также описал М. Gabl. Интересен еще тот факт, что частота встречаемости дополнительного образования в дистальной межкостной мембране составляет 40 %, по данным К. Noda и К. Okada. Мы также, проведя собственное анатомическое исследование, обнаружили особенности в строении дистальной межкостной мембраны в 4 препаратах из 10, что составило 40 %.

Помимо анатомического исследования нами было проведено и функциональное исследование, в ходе которого определили, что при вращении предплечья происходит изменение натяжения дистальной межкостной мембраны предплечья, а не изменение ее длины. Исходя из вышеизложенного и учитывая близкое анатомическое расположение к ДЛЛС можно предположить, что ДММП может быть вторичным изометрическим стабилизатором.

Ультразвуковое исследование мы начали проводить, опираясь на материалы из статьи: К. Okada et al. «Morphological evaluation of the distal interosseous membrane using ultrasound» [28]. Авторы проводили исследования на 14 пациентах (1 пациент мужского пола и 13 женского) с различной патологией в области кистевого сустава. Исследование выполнялось с использованием аппаратов экстра-класса. Датчик размещали дорзально под углом от сигмовидной вырезки лучевой кости до нижней трети локтевой кости. ДКП в ДММП был идентифицирован как линейная гиперэхогенная образование в нижней трети предплечья. Толщина ДКП при УЗ-исследовании составляла от 0,8 мм и более. Полученные результаты были доказаны на всех пациентах в ходе проведенных оперативных вмешательств с выделением ДММП. В данном исследовании ДКП был выявлен у 10 пациентов. Мы, проведя УЗ-исследование, также идентифицировали ДКП как гиперэхогенное линейное образование и, обследовав 30 человек без патологии в области кистевого сустава, обнаружили ДКП у 14 обследуемых. Толщина ДКП при

УЗ-исследовании составила от 0,9 до 2 мм. Соответственно из исследований, проведенных К. Okada, и наших исследований можно сделать вывод, что УЗ-метод для диагностики особенностей в строении ДММП более информативный, а учитывая распространенность и экономическую доступность метода, делает его наиболее подходящим методом в диагностике повреждений ДКП при переломах дистального отдела костей предплечья.

Помимо УЗ-диагностики в настоящее время можно встретить научную литературу по результатам магнитно-резонансной томографии (МРТ), в которой также описаны особенности в строении дистальной межкостной мембраны предплечья [29, 30] и сравнительный анализ УЗИ и МРТ в эффективности диагностики дистальной межкостной мембраны предплечья с анатомическим подтверждением [31].

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать заключение, что нет еще полного и единого взгляда на патофизиологию нестабильности ДЛС, а выявленные нами особенности в строении дистальной межкостной мембраны предплечья и действие ее как вторичного стабилизатора необходимо подтверждать на клинических случаях.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Голубев И.О. Повреждения и заболевания дистального лучелоктевого сустава. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 1998;(3):63. [Golubev IO. Injuries and diseases of the distal radioulnar joint. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 1998;(3):63. (In Russ.)]
2. Garcia-Elias M. Soft-tissue anatomy and relationships about the distal ulna. *Hand Clin*. 1998;14(2):165–176.
3. Haugstvedt JR, Berger RA, Nakamura T, et al. Relative contributions of the ulnar attachments of the triangular fibrocartilage complex to the dynamic stability of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am*. 2006;31(3):445–451. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.11.008.
4. Petersen MS, Adams BD. Biomechanical evaluation of distal radioulnar reconstructions. *J Hand Surg Am*. 1993;18(2):328–334. doi: 10.1016/0363-5023(93)90370-I.
5. Adams BD, Berger RA. An anatomic reconstruction of the distal radioulnar ligaments for posttraumatic distal radioulnar joint instability. *J Hand Surg Am*. 2002;27(2):243–251. doi: 10.1053/jhsu.2002.31731.
6. Kleinman WB, Graham TJ. The distal radioulnar joint capsule: clinical anatomy and role in posttraumatic limitation of forearm rotation. *J Hand Surg Am*. 1998;23(4):588–599. doi: 10.1016/S0363-5023(98)80043-9.
7. Weigl K, Spira E. The triangular fibrocartilage of the wrist joint. *Reconstr Surg Traumatol*. 1969;11:139–153.
8. Mohanti RC, Kar N. Study of triangular fibrocartilage of the wrist joint in Colles' fracture. *Injury*. 1980;11(4):321–324. doi: 10.1016/0020-1383(80)90105-9.
9. Haugstvedt JR, Berger RA, Nakamura T, et al. Relative contribution of the ulnar attachment of the triangular fibrocartilage complex to the dynamic stability of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am*. 2006;31(3):445–451. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.11.008.
10. Noda K, Goto A, Murase T, et al. Interosseous membrane of the forearm: an anatomical study of ligament attachment locations. *J Hand Surg Am*. 2009;34(3):415–422. doi: 10.1016/j.jhsa.2008.10.025.
11. Okada K, Moritomo H, Miyake J, et al. Morphological evaluation of the distal interosseous membrane using ultrasound. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014;24(7):1095–1100. doi: 10.1007/s00590-013-1388-6.
12. Kitamura T, Moritomo H, Arimitsu S, et al. The biomechanical effect of the distal interosseous membrane on distal radioulnar joint stability. *J Hand Surg Am*. 2011;36(10):1626–1630. doi: 10.1016/j.jhsa.2011.07.016.
13. Gabl M, Zimmermann R, Angermann P, et al. The interosseous membrane and its influence on the distal radioulnar joint. An anatomical investigation of the distal tract. *J Hand Surg Br*. 1998;23(2):179–182. doi: 10.1016/s0266-7681(98)80170-8.
14. Moritomo H, Noda K, Goto A, et al. Interosseous membrane of the forearm: length change of ligaments during forearm rotation. *J Hand Surg Am*. 2009;34(4):685–691. doi: 10.1016/j.jhsa.2009.01.015.
15. Moritomo H, Omori S. Influence of ulnar translation of the radial shaft in distal radius fracture on distal radioulnar joint instability. *J Wrist Surg*. 2014;3(1):18–21. doi: 10.1007/978-1-4471-6554-5_13.
16. Dy CJ, Jang E, Taylor SA, et al. The impact of coronal alignment on distal radioulnar joint stability following distal radius fracture. *J Hand Surg Am*. 2014;39(7):1264–1272. doi: 10.1007/978-1-4613-0033-5_12.
17. Ross M, Di Mascio L, Peters S, et al. Defining residual radial translation of distal radius fractures: a potential cause of distal radioulnar joint instability. *J Wrist Surg*. 2014;3(1):22–29. doi: 10.1007/978-3-319-14815-1_32.
18. Hagert CG. Distal radius fracture and the distal radioulnar joint- anatomical considerations. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 1994;26(1):22–26. doi: 10.1007/978-3-642-54604-4_3.
19. Orbay J. *Ulnar head and styloid fractures*. In: Slutsky D, ed. *Principles and Practice of Wrist Surgery*. Philadelphia, PA: Saunders; 2010. 198 p. doi: 10.1007/978-3-642-30544-3_14.
20. Slade JF 3rd, Gillon TJ. Osteochondral shortening osteotomy for the treatment of ulnar impaction syndrome: a new technique. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2007;11(1):74–82. doi: 10.1097/bth.0b013e3180337df9.
21. Yoshida T, MH, Tada K. Closed wedge osteotomy of distal ulnar metaphysis for ulnocarpal abutment syndrome. *J Jpn Soc Surg Hand*. 1998;15(3):198–201.
22. Milch H. Cuff-resection of the ulna for malunited Colles fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 1941;23(3):311–313.
23. Chen NC, Wolfe SW. Ulna shortening osteotomy using a compression device. *J Hand Surg Am*. 2003;28(1):88–93. doi: 10.1053/jhsu.2003.50003.
24. Chun S, Palmer AK. The ulnar impaction syndrome: follow-up of ulnar shortening osteotomy. *J Hand Surg Am*. 1993;18(1):46–53. doi: 10.1016/0363-5023(93)90243-V.
25. Darlis NA, Ferraz IC, Kaufmann RW, Sotereanos DG. Step-cut distal ulnar shortening osteotomy. *J Hand Surg Am*. 2005;30(5):943–948. doi: 10.1016/j.jhsa.2005.05.010.
26. Darrow JC Jr, Linscheid RL, Dobyns JH, et al. Distal ulnar recession for disorder of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg Am*. 1985;10(4):482–491. doi: 10.1016/s0363-5023(85)80069-1.
27. Arimitsu S, Moritomo H, Kitamura K, et al. The stabilizing effect of the distal interosseous membrane on the distal radioulnar joint in ulnar shortening procedure: a biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(21):2022–2030. doi: 10.2106/JBJS.J.00411.
28. Okada K, Moritomo H, Miyake J, et al. Morphological evaluation of the distal interosseous membrane using ultrasound. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014;24(7):1095–1100. doi: 10.1007/s00590-013-1388-6.
29. Kim YH, Gong HS, Park JW, et al. Magnetic resonance imaging evaluation of the distal oblique bundle in the distal interos-

- seous membrane of the forearm. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):47. doi: 10.1186/s12891-017-1419-2.
30. McGinley JC, Roach N, Hopgood BC, et al. Forearm interosseous membrane trauma: MRI diagnostic criteria and injury patterns. *Skeletal Radiol.* 2006;35(5):275–281. doi: 10.1007/s00256-005-0069-x.
31. Fester EW, Murray PM, Sanders TG, et al. The efficacy of magnetic resonance imaging and ultrasound in detecting disruptions of the forearm interosseous membrane: a cadaver study. *J Hand Surg Am.* 2002;27(3):418–424. doi: 10.1053/jhsu.2002.32961.

Информация об авторах:

Игорь Олегович Голубев — д-р мед. наук, заведующий отделением микрохирургии и травмы кисти. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: iog305@mail.ru.

Наталья Юрьевна Матвеева — канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: nymatveeva@mail.com.

Михаил Лаврентьевич Максаров — аспирант. ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва. E-mail: potapich85@mail.ru.

Information about the authors:

Igor O. Golubev — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Head of the department of microsurgery and hand injury. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: iog305@mail.ru.

Natalia Yu. Matveeva — MD, Cand. Sci. (Med.), ultrasound diagnostics doctor. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: nymatveeva@mail.com.

Mikhail L. Maksarov — graduate student. Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia. E-mail: potapich85@mail.ru.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

<https://doi.org/10.17816/vto35163>

© С.Н. Черняев, В.А. Неверов, 2020



СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЛЕЧЕНИИ ОСЛОЖНЕННЫХ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

С.Н. Черняев^{1, 2}, В.А. Неверов^{1, 2}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская Мариинская больница»,
Санкт-Петербург

В статье представлен анализ современной отечественной и зарубежной литературы по вопросам хирургического лечения пациентов с осложненными переломами костей предплечья, отмечены основные проблемы при этих повреждениях. Анализ производился на основе баз данных медицинских публикаций сайтов CyberLeninka, eLibrary, PubMed и библиотечных баз данных. Лечение осложненных диафизарных переломов костей предплечья в виде несращений, ложных суставов и дефектов представляется серьезной проблемой травматологии и ортопедии, поскольку согласно литературным данным неудовлетворительные результаты при лечении данной патологии достигают 20–47 %. Данная проблема требует разработки и внедрения функциональных способов лечения, которые позволяли бы совместить период восстановления целостности сегмента с периодом реабилитации без риска развития нестабильности остеосинтеза и несращения. Проблема выбора оптимальной тактики и способов оперативной фиксации этих повреждений остается предметом дискуссий и, соответственно, основанием для оптимизации тактики и поисков перспективных методов хирургического лечения пациентов с последствиями диафизарных переломов костей предплечья.

Ключевые слова: кости предплечья; переломы предплечья; остеосинтез; перелом; лучевая кость; локтевая кость; ложный сустав; несращение; дефект кости.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Черняев С.Н., Неверов В.А. Современные представления о лечении осложненных переломов костей предплечья (обзор литературы) // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(4):73–79. doi: <https://doi.org/10.17816/vto35163>

MODERN CONCEPTS OF TREATMENT OF COMPLICATED DIAPHYSEAL FOREARM FRACTURES (LITERATURE REVIEW)

S.N. Chernyaev^{1, 2}, V.A. Neverov^{1, 2}

¹ Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia;

² Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia

The analysis of modern domestic and foreign literature on the issues of surgical treatment of patients with diaphyseal forearm fractures is presented in the article, the main problems at these injuries are noted. The analysis has been carried out on the basis of databases of medical publications of CyberLeninka, eLibrary, PubMed and biliary databases. The treatment of complicated diaphyseal forearm fractures in the form of nonunions, pseudoarthrosis, defects and malunion is serious problem in traumatology and orthopaedics, because according to the literature data, unsatisfactory results in the treatment of this pathology reach 20–47%. This problem requires the development and implementation of modern functional methods of treatment, which would allow to combine the period of restoration of segment integrity with the period of rehabilitation without risk of osteosynthesis instability and nonunion. The problem of choosing the optimal tactics and methods of surgical fixation of these lesions remains a subject for discussion, which is the basis for scientific research on optimization of tactics and methods of surgical treatment of patients with consequences of diaphyseal forearm fractures.

Key words: forearm bones; forearm fractures; osteosynthesis; fracture; radius; ulna; false joint (pseudoarthrosis); nonunion; defect of bone.

Conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

Funding: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Chernyaev SN, Neverov VA. Modern concepts of treatment of complicated diaphyseal forearm fractures (literature review). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2020;27(4):73–79. doi: <https://doi.org/10.17816/vto35163>

ВВЕДЕНИЕ

Лечение пациентов с осложненными (несращения, ложные суставы, дефекты, деформации) и открытыми переломами костей предплечья характеризуется высокой частотой неудовлетворительных анатомических и функциональных результатов.

Цель исследования — произвести анализ современной отечественной и зарубежной литературы по вопросам хирургического лечения пациентов с осложненными диафизарными переломами костей предплечья в виде несращений, ложных суставов, дефектов и посттравматических деформаций, выявить основные проблемы при этих повреждениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ был проведен на основе баз данных медицинских публикаций сайтов CyberLeninka, eLibrary, PubMed и библиотечных баз данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несращения

Несращения костей предплечья сейчас, благодаря современным методам лечения, относительно редки и чаще наблюдаются при открытых высокоэнергетических повреждениях, но могут быть и следствием неадекватного лечения. Частота несращений переломов предплечья, согласно данным большинства исследований, колеблется от 2 до 10 % [1–4]. При правильном применении пластин DCP и соблюдении технологии остеосинтеза, рекомендованной группой Ассоциации остеосинтеза, ожидаемая частота несращений меньше 5 % [5, 6]. Многие авторы рекомендуют применение наkostной фиксации при несращениях костей предплечья [7–9]. Цель хирургического вмешательства при несращениях переломов костей предплечья — это достижение полной консолидации и восстановление биомеханических взаимоотношений между лучевой и локтевой костями для обеспечения восстановления нормальной функции в дальнейшем [10]. Выбор способа лечения при несращениях костей предплечья до сих пор вызывает споры. Рекомендованы различные хирургические техники: внутренняя фиксация мостовидными пластинами [11], интрамедуллярная фиксация, чрескостный остеосинтез [12–14]. Успех хирургического лечения зависит от таких факторов, как время от момента травмы, количество предшествующих операций, наличие инфекции, размер дефекта костей, окончательный метод фиксации, возраст, наличие множественных повреждений скелета других локализаций, а также от сопутствующих заболеваний, в том числе эндокринных. В частности, М. Kinoshita и соавт. [15] описали клинический случай последствий травмы верхней конечности в виде ложного сустава обеих костей предплечья в верхней трети у пациентки возрастом 71 год, страдающей гиперпаратиреозом.

Больной была выполнена операция наkostной фиксации только локтевой кости. В послеоперационном периоде проводилось лечение гиперпаратиреоза. При этом удалось добиться сращения локтевой кости с улучшением функции конечности. Авторы пришли к выводу, что диагностика остеопороза, причин эндокринных нарушений, влияющих на метаболизм костей, и их коррекция важны при лечении несращений переломов. Несращения костей предплечья отличаются от других локализаций необходимостью точного восстановления анатомии сегмента, без чего невозможно восстановление его функции [16]. Очень важный фактор — наличие комплаентности пациента, способности точно выполнять рекомендации врача [17].

В 1956 г. E.A. Nicoll [11] впервые описал использование губчатого костного трансплантата в сочетании с наkostным остеосинтезом при несращении костей предплечья. Он применял губчатые трансплантаты при небольших дефектах и кортикально-губчатые — при обширных, и получил сращение у всех наблюдавшихся 28 пациентов, оперированных этим методом. D. Ring и соавт. [9] использовали губчатый аутоотрансплантат и 3,5 мм пластины с винтами для лечения 35 пациентов (57 переломов) с атрофическими несращениями диафизов костей предплечья. У каждого больного имелся сегментарный дефект от 1 до 6 см (в среднем 2,2 см). Все переломы срослись без дополнительного вмешательства в течение 6 мес. В последующие 43 мес. у этих пациентов ротация предплечья составила в среднем 121°, амплитуда движений в локтевом суставе — 131°, в лучезапястном — 137°. В 23 случаях (66 %) достигнут удовлетворительный результат, в 12 (34 %) — неудовлетворительный, в том числе из-за деформации костей.

C. Faldini и соавт. [3] применили костные гомотрансплантаты в комбинации с наkostным остеосинтезом у 14 пациентов с асептическими несращениями, отметив хорошие результаты. В дальнейшем они сравнили применение аутоотрансплантатов и аллотрансплантатов [18]. Ими были пролечены 34 пациента с несращениями костей предплечья, у 20 из них в качестве костной пластики использовали аутоотрансплантат, у 14 — аллотрансплантат. Все переломы консолидировались в среднем в течение 4 мес. Были получены удовлетворительные функциональные результаты в обеих группах. Авторы пришли к выводу об эффективности обоих материалов. H. Boussakri и соавт. [6] в серии из 21 наблюдения отметили отличные и хорошие результаты в 95 % случаев при применении пластин LCP и DCP в комбинации с аутоотрансплантатом.

А.И. Афаунов и соавт. [19] предложили принцип двухэтапного оперативного лечения дефектов костей предплечья, где на первом этапе устраняли укорочение кости и смещения по ширине в аппарате наружной фиксации. Вторым этапом осуществляли свободную костную пластику для замещения дефекта. Предпочтение отдавали аутоотрансплантатам из гребня подвздошной кости или из диафиза малоберцовой кости. Для создания достаточной

прочности самофиксации трансплантата из гребня подвздошной кости использовали разработанные новые формы, учитывающие наиболее типичные формы концов фрагментов отломков. При этом концы трансплантата обрабатывали в виде цилиндрических шипов для интрамедуллярного внедрения длиной до 2,5–3 см, диаметр которых точно соответствует внутреннему диаметру высверленного костномозгового канала в каждом отломке. При использовании трансплантата из гребня подвздошной кости производили фиксацию 1–2 спицами Киршнера. Рекомендованные способы использовали при лечении 55 пациентов. В качестве фиксации использовали гипсовую иммобилизацию на период сращения кости, который, учитывая сроки перестройки аутооттрансплантата, может продолжаться 4–6 мес. и более. Осложнения отмечены в 14 (25 %) случаях (лизис аутооттрансплантата, обострение латентной инфекции, перелом аутооттрансплантата), что в 12 из них потребовало коррекции лечения. Положительный эффект достигнут в 53 (96,4 %) случаях, из них в 41 (74,5 %) после первой костной аутопластики. Учитывая необходимость длительной гипсовой иммобилизации и наличие контрактур у этих больных вследствие предшествовавшего лечения, сроки лечения имеют очень длительный период и есть риск недостаточного восстановления функции конечности.

Другие авторы также отмечают, что при применении компрессирующих пластин с костной пластикой или без нее при лечении несращений костей предплечья удается достичь консолидации, но количество неудовлетворительных результатов по-прежнему остается значительным [9, 20–24].

Лучшие результаты были достигнуты G. Hong и соавт. [25], которые использовали блокирующие интрамедуллярные стержни и аутооттрансплантаты из гребня подвздошной кости. Они пролечили 15 пациентов с 26 несращениями диафизарных переломов костей предплечья. У 14 человек (96 %) переломы срослись. В сравнении с неповрежденной конечностью средняя потеря движений в лучезапястном суставе составила 27°, в локтевом — 18°, ротация предплечья — 39°. Восемь пациентов (53 %) оценили свои результаты как удовлетворительные и 6 (40 %) — как неудовлетворительные, в одном (7 %) случае перелом несросся. Авторы отмечают, что преимуществом аутооттрансплантата из гребня подвздошной кости является отсутствие риска возникновения иммунной реакции или передачи инфекционного заболевания и наличие максимальных остеокондуктивных и остеоиндуктивных свойств. Интрамедуллярная фиксация ложных суставов предплечья с небольшими костными дефектами может привести к предсказуемому сращению до 96 % случаев. Применение метода в зонах расширения костно-мозгового канала не следует рассматривать в качестве адекватной альтернативы накостной фиксации.

P. Visna и соавт. [26] использовали для лечения 36 больных (25 псевдоартрозы, 11 рефрактуры) как интрамедуллярный блокирующий остеосинтез

стержнями ForeSight (в 28 случаях), так и 3,5 мм пластины DCP (в 8 случаях). Хорошие и отличные результаты получены у 26 пациентов, у 10 человек результат был удовлетворительным. Авторы отметили эффективность обеих техник в ревизионной хирургии, но отдали предпочтение блокирующему остеосинтезу. Этому виду фиксации отдает предпочтение и A. Hofmann [27] при лечении несращений локтевой кости.

А.Ф. Лазарев и соавт. [28] предложили и внедрились оригинальный метод опорной каркасной металлопластики для замещения дефектов длинных трубчатых костей, который заключается в установке в дефект кости опорного перфорированного титанового цилиндра, выполняется блокирующий интрамедуллярный остеосинтез, а пространство между стержнем и цилиндром заполняется остеозамещающим материалом. Авторы отмечают успешное применение предложенной методики на плечевой, бедренной и большеберцовой костях. К применению на костях предплечья этот метод ограничен ввиду биомеханических особенностей сегмента и субтильности костей [28].

G. Saka и соавт. [29] отметили высокую частоту сращения и хороший функциональный результат при использовании интрамедуллярной фиксации в сочетании с костной аутопластикой, используя модифицированную технику Nicoll. В исследовании были включены 8 пациентов (средний возраст 39 лет; диапазон от 19 до 55 лет) с несращениями, которым был проведен накостный остеосинтез в качестве первичной фиксации (6 — локтевой кости, 2 — лучевой). Во всех случаях длина применяемого трикортикального трансплантата была меньше 3 см. Пациентов оценивали с использованием визуальной аналоговой шкалы, шкалы Грейса и Эверсмана и шкалы DASH. Оценивалось сгибание и разгибание запястья, а также сила кисти и предплечья после операции. Перестройка и ассимиляция трансплантата происходила от 18 до 28 нед. (в среднем 22). Ни у одного пациента не наблюдалось глубокой инфекции или синостозирования костей. Период наблюдения составил от 18 до 52 мес. Рентгенографически сращение было достигнуто у всех пациентов. Средний балл по визуальной аналоговой шкале составил 1 (от 0 до 3). По шкале Грейса и Эверсмана результаты были отличными у 5 и хорошими у 3 пациентов. Средний балл по шкале DASH составил 10,7 балла (диапазон от 1,7 до 21,7). Авторы пришли к выводу, что применение интрамедуллярной фиксации и замещение дефекта трикортикально-губчатым аутооттрансплантатом из гребня подвздошной кости представляется технически простой и надежной техникой, которая позволяет проводить раннюю послеоперационную реабилитацию, не дожидаясь наступления консолидации отломков.

Костная пластика свободными васкуляризованными или не васкуляризованными аутооттрансплантатами из малоберцовой кости также позволяет успешно восстановить функцию при несращениях и сегментарных дефектах [30, 31]. При несращениях одной из костей R.S. Kamrani и соавт. [32] успеш-

но применили метод васкуляризированного ауто-трансплантата из дистального отдела лучевой кости в сочетании с наkostным остеосинтезом. Подобную технику они применили у 7 пациентов, все переломы консолидировались и пациенты были удовлетворены функцией конечности.

А.П. Середа [33] изучил результаты лечения 27 пациентов с дефектами костей предплечья, которым для замещения костного дефекта использовали свободный васкуляризированный ауто-трансплантат из малоберцовой кости, а в качестве фиксатора — пластины с угловой стабильностью винтов с применением оригинального разработанного метода, который позволяет предотвратить ошибки и осложнения наkostной фиксации. Было доказано положительное влияние использования в клинической практике пластин с угловой стабильностью винтов над аппаратами внешней фиксации при фиксации свободного васкуляризированного костного трансплантата [33].

Однако следует отметить, что применение васкуляризированных ауто-трансплантатов ограничено анатомическими особенностями сегмента, их применение затруднено при несращениях обеих костей, метод требует наличия микрохирургической техники, что недоступно в большинстве стационаров.

Есть сообщения о лечении несращений костей предплечья методом Илизарова [34, 35], однако при этом проведение активной реабилитации после операции невозможно. Поскольку у многих больных уже имеются выраженные контрактуры вследствие предшествовавшего лечения, это негативно сказывается на функциональном результате в дальнейшем. М.Н. Соколова и Д.Ю. Борзунов [36] опубликовали результаты изучения процессов замещения дефектов и ложных суставов костей предплечья у 93 больных, пролеченных методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову. Возраст пациентов был от 7 до 64 лет (средний возраст 31,7 года). У 62 человек был диагностирован дефект-псевдоартроз и у 31 — дефект-диастаз костей предплечья. В анамнезе 88 (94,6%) больных были оперированы ранее, из них однократно 51 человек, дважды — 27, трижды — 7, четыре раза — 3 и только 5 больных лечились консервативно. 53 (57 %) пациента имели дефект костей предплечья от 1 до 6 см. Применяли дифференцированный подход к лечению: монолокальный комбинированный компрессионно-дистракционный остеосинтез у 35 пациентов с дефект-псевдоартрозом одной кости при отсутствии анатомического укорочения; технологию билокального остеосинтеза — у 36 пациентов с наличием значимых дефектов костей (до 5 см), и полилокальную технологию — у 19 человек с дефектами более 5–6 см. Срок фиксации сегмента в аппарате при монолокальном остеосинтезе составил $145,6 \pm 64,6$ дня, при билокальном — $136,9 \pm 89,9$ дня и при полилокальном $132,1 \pm 51,2$ дня. В отдаленные сроки наблюдений хорошие анатомо-функциональные результаты лечения получены в 63,6 % случаев. В целом, при дифференцированном применении разработанных

методик положительные исходы лечения составили 97 %, что свидетельствует о высокой эффективности применения чрескостного остеосинтеза при реабилитации пациентов с дефектами и ложными суставами костей предплечья. Важными недостатками метода являются невозможность активной реабилитации с полноценным восстановлением ротационных движений в раннем послеоперационном периоде, необходимость врачебного мониторинга и регулярных перевязок, риск инфекционных осложнений [36].

В случаях наличия инфекции или обширных дефектов рекомендуется использование техники Masquelet, при которой лечение проходит в 2 этапа: на первом производится наkostная фиксация и замещается дефект цементным спейсером с антибиотиками; на втором через 8–10 нед. производится удаление спейсера и образовавшийся дефект заполняется костными ауто-трансплантатами (bone grafting) [37]. М. Walker и соавт. [37] пролечили с использованием этой техники 9 больных (у 5 костные дефекты были следствием тяжелых открытых переломов, у одного имелся атрофический ложный сустав, и в 3 случаях несращения были ассоциированы с инфекцией). Размеры дефектов были от 1,7 до 5,4 см, в среднем 4,7 см. Сращение достигнуто у всех пациентов. В одном наблюдении потребовалось ревизионное вмешательство в связи с переломом пластины.

В случаях массивных дефектов кости при невозможности восстановления спасательным решением для предплечья может быть его реконструкция на одной кости или конверсия костей предплечья. При этом исключаются ротационные движения предплечья, но конечность становится функциональной и безболезненной. А. Devendra и соавт. [38] изучили результаты лечения 38 пациентов с тяжелыми последствиями травм с сегментарной потерей костной ткани. Из них после реплантаций были 16 человек, еще у 16 потеря костной массы была обусловлена развитием инфекции, опухолью лучевой кости — у 2, ложным суставом — у 4 пациентов. Хирургическая техника в большинстве случаев включала реконструкцию путем соединения дистальной части лучевой кости и проксимальной части локтевой, артродезированием дистального лучезапястного сустава в 4 случаях и локтевой кости с костями запястья в 5. У 22 больных отмечен хороший функциональный результат, у 11 — хороший, и у 5 — неудовлетворительный. Авторы заключили, что реконструкция предплечья на одной кости (конверсия) может быть жизнеспособной альтернативой хирургического лечения. Это сложная реконструкция, но она обеспечивает функциональность руки и косметически более привлекательна, чем ампутация предплечья.

М.Э. Пусева и соавт. [39] описали клиническое наблюдение этапного комбинированного оперативного лечения ложного сустава диафиза лучевой кости в сочетании с застарелыми вывихами головок лучевой и локтевой костей методом чрескостного остеосинтеза с хорошим функциональным результатом. Срок нахождения в аппарате составил 10 мес.

Посттравматические деформации

При лечении свежих, а тем более осложненных переломов костей предплечья окончательная оценка должна проходить по критерию анатомического и функционального результата. В качестве оцениваемого признака при неправильном сращении для определения значимых и приемлемых деформаций использован функциональный результат. Следует придерживаться понимания взаимодействия между лучевой и локтевой костями как о «едином функциональном суставе», а не как о двух независимых костях, и тогда влияние деформации на ограничение функции конечности становится очевидным. Показаниями к корригирующим остеотомиям служат ограничение ротационных движений, нестабильность и боли в дистальном радиоульнарном сочленении, косметический дефект [40–42].

Несмотря на развитие технологий и новые разработки фиксирующих устройств для остеосинтеза, неправильное сращение отломков до сих пор остается самым частым осложнением при переломах костей предплечья. Чаще всего посттравматические деформации встречаются после консервативного лечения — до 37 % всех случаев [43]. Они приводят к ограничению движений и нестабильности, сопровождаются болевым синдромом и косметическими дефектами, что снижает качество жизни пациентов и их работоспособность. Проведенные исследования показали, что чем точнее выполнена анатомическая репозиция отломков, тем больше вероятность правильного сращения и полного восстановления ротационных движений, а также движений в запястье [12, 44]. Репозиция состоит в восстановлении длины, соосности, выравнивании ротации и смещении по ширине. Кроме того, для хорошего функционального результата требуется восстановление физиологической кривизны [10].

Как правило, для исправления посттравматической деформации требуется хирургическое вмешательство. Для его успешного выполнения необходимо точное предоперационное планирование. При простых деформациях бывает достаточно выполнения стандартных рентгенограмм в прямой и боковой проекциях; однако многие деформации многоплоскостные и требуют выполнения компьютерной томографии [45].

Показания к операции основываются на наличии функциональных ограничений в виде потери ротационной функции предплечья. Следует учитывать последствия травм мягких тканей в виде рубцов и контрактуры, которые будут препятствовать восстановлению амплитуды движений после операции. При выполнении корригирующих остеотомий следует обязательно планировать релиз межкостной мембраны. Лучшие результаты можно ожидать, если хирургическую коррекцию выполнять как можно раньше, чтобы минимизировать последствия десмогенных контрактур.

С.А. Goldfarb и соавт. [46] сравнивали у 23 пациентов субъективные результаты с объективными показателями: силу схвата кисти, амплитуду дви-

жений и данные рентгенографии. Они не смогли установить взаимосвязь между амплитудой движений в предплечье и восстановлением лучевой кривизны, что противоречит взглядам большинства ортопедов. Авторы утверждают, что снижение функции воспринимается пациентом тогда, когда амплитуда движений меньше, чем на неповрежденной стороне. Что касается снижения силы схвата кисти, то даже если оно статистически значимо, оно не коррелировало с результатами субъективной оценки. Они пришли к выводу, что для восстановления функции более важным является ранняя реабилитация, что по нашему мнению, не принесет положительного функционального результата без восстановления анатомии. Зависимость функциональных результатов от восстановления анатомии после остеотомии отмечена и другими авторами [47]. Кроме того, А.С. Yöürüköğlu и соавт. [48] отметили, что игнорирование физиологической кривизны лучевой кости может негативно сказаться на сращении перелома.

Отмечено, что относительное укорочение одной из костей с локализацией дефекта в средней и дистальной трети приводит к худшему функциональному результату, нежели локализации дефекта в проксимальной трети [49].

В целом посттравматические деформации предплечья могут привести к функциональному дефициту движений и нестабильности в дистальном радиоульнарном сочленении. Корригирующие остеотомии технически сложны и требуют тщательного предоперационного планирования для восстановления анатомии. Осложнения встречаются достаточно часто, поэтому с пациентами необходимо проводить тщательное обсуждение планируемого лечения и возможных исходов операции. Функциональный результат лучше, если исправление деформации осуществляется в течение года после первичной травмы. Возможные осложнения менее тяжелы и наблюдаются в этот период реже [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном обзоре рассматриваются разнообразные методы лечения пациентов с несращениями, ложными суставами, дефектами и посттравматическими деформациями костей предплечья, однако процент неудовлетворительных результатов остается достаточно высоким. Большинство методов лечения акцентированы на восстановление анатомии, однако способы фиксации должны предполагать возможность раннего функционального лечения. Проведенный анализ литературных источников указывает на необходимость продолжения поиска новых подходов к лечению пациентов с указанной патологией.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Anderson LD, Sisk TD, Tooms RE, Park WI 3rd. Compression-plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(3):287–297.

2. Faldini C, Pagkrati S, Nanni M, et al. Aseptic forearm nonunions treated by plate and opposite fiular autograft strut. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(8):2125–2134. doi: 10.1007/s11999-009-0827-5.
3. Faldini C, Miscione MT, Acri F, et al. Use of homologous bone graft in the treatment of aseptic forearm nonunion. *Musculoskelet Surg*. 2011;95(1):31–35. doi: 10.1007/s12306-011-0117-8.
4. Wei SY, Born CT, Abene A, et al. Diaphyseal forearm fractures treated with and without bone graft. *J Trauma*. 1999;81(1):1045–1048. doi: 10.1097/00005373-199906000-00011.
5. Jayakumar P, Jupiter JB. Non-union in forearm fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2014;81(1):22–32.
6. Boussakri H, Elibrahimi A, Bachiri M, et al. Nonunion of fractures of the ulna and radius diaphyses: clinical and radiological results of surgical treatment. *Malays Orthop J*. 2016;10(2):27–34 doi: 105704/MOJ1607006.
7. Kloen P, Wiggers JK, Buijze GA. Treatment of diaphyseal nonunions of the ulna and radius. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130(12):1439–1445. doi: 10.1007/s00402-010-1071-x.
8. Osman L, Yavuz A, Umut Y, et al. Evaluation of outcomes in aseptic non-unions of the forearm bones in adults treated with LCP and autograft. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2016;22(3):283–289. doi: 10.5505/tjtes.2015.73780.
9. Ring D. Monteggia fractures. *Orthop Clin N Am*. 2013;44(2):59–66. doi: 10.1016/j.ocl.2012.08.007.
10. Richard MJ, Ruch DS, Aldridge JM 3rd. Malunions and non-unions of the forearm. *Hand Clin*. 2007;23(2):235–243. doi: 10.1016/j.hcl.2007.02.005.
11. Nicoll EA. The treatment of gaps in long bones by cancellous insert grafts. *J Bone Joint Surg*. 1956;38-B(1):70–82. doi: 10.1302/0301-620X.38B1.
12. Илизаров Г.А., Каплунов А.Г., Дегтярев В.Е. Лечение ложных суставов и несросшихся переломов, осложненных инфекцией, методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза. *Ортопедия, травматология и протезирование*. 1972;(11):10–14. [Ilizarov GA, Kaplunov AG, Degtyarev VE. Treatment of pseudoarthrosis and non-union fractures complicated by infection using compression-distraction osteosynthesis. *Ortopediya, travmatologiya i protезirovanie*. 1972;(11):10–14. (In Russ.)]
13. Соколова М.Н. Лечение больных с дефектами и ложными суставами костей предплечья методом чрескостного остеосинтеза: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Курган, 2011. 28 с. [Sokolova MN. *Lechenie bol'nykh s defektami i lozhnymi sustavami kostei predplech'ya metodom chreskostnogo osteosinteza*. [dissertation abstract]. Kurgan; 2011. 28 p. (In Russ.)]
14. Kamrani RS, Mehrpour SR, Sorbi R. Treatment of nonunion of the forearm bones with posterior interosseous bone flap. *J Orthop Sci*. 2013;18:563–568. doi: 101007/s00776-013-0395-0.
15. Kinoshita M, Naito K, Aritomi K, et al. Forearm nonunion caused by hyperparathyroidism with 7 years follow up: a case report. *Int J Surg Case Rep*. 2017;38:158–162. doi: 101016/j.ijscr.201707032.
16. McKee MD, Miranda MA, Riemer BL. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails. *J Orthop Trauma*. 1996;10(7):492–499. doi: 10.1097/00005131-199610000-00008.
17. Kuyucu E, Koçyiğit F, Ciftçi L. The importance of patient compliance in nonunion of forearm fracture. *Int J Surg Case Rep*. 2014;5(9):598–600. doi: 101016/j.ijscr.201404033.
18. Faldini C, Traina F, Perna F, et al. Surgical treatment of aseptic forearm nonunion with plate and opposite bone graft strut. Autograft or allograft? *Int Orthop*. 2015;39(7):1343–1349. doi: 101007/s00264-015-2718-6.
19. Афаунов А.И., Афаунов А.А., Плясов С.А., Васильченко П.П. Хирургическая тактика устранения сегментарных дефектов костей предплечья. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2008;(1):44–52. [Afaunov AI, Afaunov AA, Plyasov SA, Vasil'chenko PP. Surgical tactics for eliminating segmental defects of the forearm bones. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova*. 2008;(1):44–52. (In Russ.)]
20. Kloen P, Buijze GA, Ring D. Management of forearm non-unions: current concepts. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2012;7(1):1–11. doi: 10.1007/s11751-011-0125-0.
21. Prasarn ML, Ouellette EA, Miller DR. Infected nonunions of diaphyseal fractures of the forearm. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130(7):867–873. doi: 10.1007/s00402-009-1016-4.
22. Regan DK, Crespo AM, Konda SR, Egol KA. Functional outcomes of compression plating and bone grafting for operative treatment of nonunions about the forearm. *J Hand Surg Am*. 2018;43(6):564e1–564e9. doi: 101016/j.jhsa.201710039.
23. Zhang Q, Yin P, Hao M, et al. Bone transport for the treatment of infected forearm nonunion. *Injury*. 2014;45(12):1880–1884. doi: 101016/j.injury.201407029.
24. Schulte LM, Meals CG, Neviasser RJ. Management of adult diaphyseal both-bone forearm fractures. *J Am Acad Orthop Surg*. 2014;22(7):437–446. doi: 105435/JAAOS-22-07-437.
25. Hong G, Cong-Feng L, Hui-Peng S, et al. Treatment of diaphyseal forearm nonunions with interlocking intramedullary nails. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;450:186–192. doi: 101097/01blo00002144448764575.
26. Visna P, Beitzl E, Pilny J, et al. Interlocking nailing of forearm fractures. *Acta Chir Belg*. 2008;108(3):333–338. doi: 10.1080/00015458.2008.11680232.
27. Hofmann A, Hessmann MH, Rudig L, et al. Intramedullary osteosynthesis of the ulna in revision surgery. *Unfallchirurg*. 2004;107(7):583–592. (In German.) doi: 10.1007/s00113-004-0790-2.
28. Лазарев А.Ф., Ильин А.А., Солод Э.И., Какабадзе М.Г. Оперативное лечение дефектов длинных трубчатых костей методом опорной каркасной металлопластики. *Травматология и ортопедия России*. 2006;(2):183–184. [Lazarev AF, Il'in AA, Solod EI, Kakabadze MG. Surgical treatment of defects of long tubular bones using the method of supporting frame metalplasty. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2006;(2):183–184. (In Russ.)]
29. Saka G, Saglam N, Kurtulmus T, et al. Treatment of diaphyseal forearm atrophic nonunions with intramedullary nails and modified Nicoll's technique in adults. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2014;48(3):262–270. doi: 10.3944/AOTT.2014.3259.
30. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Лушников С.П. Новый способ одномоментной несвободной пластики двумя кровоснабжаемыми костными аутотрансплантатами при ложных суставах обеих костей предплечья. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(1):89–93. [Tikhilov RM, Kochish AY, Lushnikov SP. A new method of one-stage non-free plasty with two blood-supplied bone autografts for false joints of both forearm bones. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2010;(1):89–93. (In Russ.)]
31. Idrissi KK, Galiua F. Non-vascularized fibular graft as salvage technique for forearm reconstruction. *Chir Main*. 2010;29(2):118–120. doi: 10.1016/j.main.2010.01.004.
32. Kamrani RS, Farhoud AR, Nabian MH, Farhadi L. Treatment of nonunion of forearm bones using radial forearm bone flap. *Trauma Mon*. 2015;20(4):e22622. doi: 105812/traumamon22622.
33. Середа А.П. Применение блокируемых компрессирующих пластин при замещении дефектов костей предплечья: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М., 2008. 178 с. [Sereda AP. *Primenenie blokiruemykh kompressiruyushchikh plastin pri zameshchenii defektov kostei predplech'ya*. [dissertation abstract]. Moscow; 2008. 178 p. (In Russ.)]
34. Елдаров П.Е. Лечение псевдоартрозозов костей предплечья методом Илизарова. *Хирургия*. 2012;(8):60–64. [Eldarov PE. Treatment of pseudoarthrosis of the forearm

- bones by the Ilizarov method. *Khirurgiya*. 2012;(8):60–64. (In Russ.)]
35. Orzechowski W, Morasiewicz L, Dragan S, et al. Treatment of non-union of the forearm using distraction-compression osteogenesis. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2007;9(4):357–365.
 36. Борзунов Д.Ю., Соколова М.Н. Методические принципы замещения дефектов костей предплечья с использованием технологий чрескостного остеосинтеза. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):103–110. [Borzunov DYU, Sokolova MN. Methodical principles for replacing forearm bone defects using transosseous osteosynthesis technologies. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2010;(3):103–110. (In Russ.)]
 37. Walker M, Sharareh B, Mitchell SA. Masquelet reconstruction for posttraumatic segmental bone defects in the forearm. *J Hand Surg Am*. 2019;44(4):342e1–342e8. doi: 10.1016/j.jhsa.201807003.
 38. Devendra A, Velmurugesan PS, Dheenadhayalan J, et al. One-bone forearm reconstruction: a salvage solution for the forearm with massive bone loss. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(15):e74. doi: 10.1016/j.jbs.201801235.
 39. Пусева М.Э., Кинаш И.Н., Верхозина Т.К. Преимущества стержневой фиксации при диафизарных переломах костей предплечья по данным реовазографии. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2014;(6):34–38. [Puseva ME, Kinash IN, Verkhosina TK. Advantages of rod fixation in diaphyseal fractures of the forearm bones according to rheovasography data. *Byulleten' VSNTs SO RAMN*. 2014;(6):34–38. (In Russ.)]
 40. Bouso A, Ndiaye A, Diémé C, et al. Malunion of fractures of the midshafts of the radius and ulna in adults. A series of 10 cases. *Chir Main*. 2007;26(3):288–292. (In French.) doi: 10.1016/j.main.2007.09.003.
 41. Capo JT, Hashem J, Orillaza NS, et al. Treatment of extra-articular distal radial malunions with an intramedullary implant. *J Hand Surg Am*. 2010;35(6):892–899. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.02.032.
 42. Chia DS, Lim YJ, Chew WY. Corrective osteotomy in forearm fracture malunion improves functional outcome in adults. *J Hand Surg Eur*. 2011;36(2):102–106. doi: 10.1177/1753193410380585.
 43. Sharma H, Khare GN, Singh S, et al. Outcomes and complications of fractures of distal radius (AO type B and C): volar plating versus nonoperative treatment. *J Orthop Sci*. 2014;19(4):537–544. doi: 10.1007/s00776-014-0560-0.
 44. Bushnell BD, Bynum DK. Malunion of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg*. 2007;15(1):27–40. doi: 10.5435/00124635-200701000-00004.
 45. Leong NL, Buijze GA, Fu EC, et al. Computer-assisted versus non-computer-assisted preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radius malunions: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:282. doi: 10.1186/1471-2474-11-282.
 46. Goldfarb CA, Ricci WM, Tull F, et al. Functional outcome after fracture of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(3):374–379. doi: 10.1302/0301-620x.87b3.15509.
 47. Nagy L, Jankauskas L, Dumont CE. Correction of forearm malunion guided by the preoperative complaint. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(6):1419–1428. doi: 10.1007/s11999-008-0234-3.
 48. Yörükoğlu AC, Demirkan AF, Akman A, et al. The effects of radial bowing and complications in intramedullary nail fixation of adult forearm fractures. *Eklem Hastalik Cerrahisi*. 2017;28(1):30–34. doi: 10.5606/ehc.201705.
 49. Schnapp L, Colakoglu S, Couceiro J, et al. Forearm shortening impact on pronation and supination. *J Hand Surg Asian Pac*. 2019;24(3):289–296. doi: 10.1142/S242483551950036X.
 50. Trousdale RT, Linscheid RL. Operative treatment of malunited fractures of the forearm. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(6):894–902. doi: 10.2106/00004623-199506000-00010.

Информация об авторах:

Сергей Николаевич Черняев — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург; заведующий отделением травматологии и ортопедии, ГБУЗ «Городская Мариинская больница», Санкт-Петербург. E-mail: nepalopen@mail.ru.

Валентин Александрович Неверов — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург; руководитель отделения травматологии и ортопедии, ГБУЗ «Городская Мариинская больница», Санкт-Петербург. E-mail: 5507974@mail.ru.

Information about the authors:

Sergey N. Chernyaev — MD, Cand. Sci. (Med.), assistant lecturer, Department of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia; Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia. E-mail: traumamariin@gmail.com

Valentin A. Neverov — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia; Chief of the Department of Traumatology and Orthopedics, Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia. E-mail: 5507974@mail.ru.

НЕКРОЛОГ

ПАМЯТИ КАРИНЫ СУРЕНОВНЫ СОЛОВЬЕВОЙ

25 ноября 2020 г. ушла из жизни Карина Суменовна Соловьева, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник научно-организационного отдела, Почетный доктор Национального медицинского исследовательского центра детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера.

Карина Суменовна известна всем детским травматологам-ортопедам Российской Федерации как организатор специализированной медицинской службы, пропагандист новых научных знаний, вдохновитель и организатор ежегодных научных конференций по детской травматологии и ортопедии и как энергичный дружелюбный человек, энтузиаст и большой профессионал своего дела.

Карина Суменовна родилась в г. Баку, затем с родителями переехала в Винницу, где поступила на лечебный факультет Винницкого государственного медицинского института им. Н.И. Пирогова. В 1957 г. продолжила занятия в Ленинградском медицинском институте им. акад. И.П. Павлова, окончила его с отличием в 1960 г. Обучалась в клинической ординатуре Ленинградского научно-исследовательского ортопедического института им. Р.Р. Вредена (ЛНИИТО) с 1962 по 1964 г. С 1965 г. Карина Суменовна работала ординатором хирургического отделения больницы им. В.В. Куйбышева, врачом станции скорой медицинской помощи, а затем — заведующей травматологическим пунктом объединенной городской больницы Ждановского района Ленинграда. В 1970 г. она поступила в аспирантуру ЛНИИТО им. Р.Р. Вредена, после окончания которой была оставлена в должности младшего научного сотрудника. В 1975 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Кровеносное и лимфатическое русло конечности при закрытом переломе костей голени (экспериментальное, морфологическое исследование)». В дальнейшем в течение 12 лет работала ученым секретарем института им. Р.Р. Вредена.

Более 30 лет, с сентября 1989 г. и до последнего времени, Карина Суменовна проработала в Детском ортопедическом институте им. Г.И. Турнера, который стал ее вторым домом. Много лет была руководителем научно-организационного отдела, готовила достойные профессиональные кадры, прививая интерес и любовь к многогранной организационной работе, и не прекращала свою трудовую деятельность до последних дней.

За многолетний добросовестный труд Карина Суменовна награждена почетными грамотами Минздрава России, Комитета по здравоохранению Санкт-Петербурга, НМИЦ детской травматологии и ортопедии им. Г.И. Турнера, нагрудным знаком «Отличник здравоохранения», медалью «За труд и верность» (РЖД). По решению ученого совета в 2017 г. Карине Суменовне Соловьевой было присуждено звание «Почетный доктор Института им. Г.И. Турнера».

Карина Суменовна всегда была полна энергии, ее отличали огромная трудоспособность, большая ответственность, принципиальность и объективность в суждениях, доброжелательность к молодежи и огромная жажда делиться своими знаниями, будучи педагогом и наставником.

Несмотря на огромную занятость на работе, Карина Суменовна была стержнем своей большой семьи, где все стали врачами и научными работниками. Она вырастила троих детей, пятерых внуков. Карина Суменовна была добрым, чутким человеком, заботливой хозяйкой, прекрасной женой, мамой и бабушкой, согревающей всех своим теплом.

*Коллектив ФГБУ «НМИЦ детской
травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера»
Минздрава России выражает соболезнования семье
и коллегам Карины Суменовны.
Светлая память о ней сохранится в наших сердцах,
а ее работа будет продолжена.*