

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90>

ВЛИЯНИЕ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА СОСТАВ ТЕЛА У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Научная статья

Зайнагутдинова А.М.¹, Пышкина Ю.С.² *

¹ORCID : 0009-0005-8568-6738;

²ORCID : 0000-0002-7241-6828;

^{1,2} Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

² Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (yu.pyshkina[at]yandex.ru)

Аннотация

Цель исследования – изучение влияния реабилитационных мероприятий на состав тела у пациентов с эндопротезом тазобедренного сустава по данным рентгеновской денситометрии.

Обследовано 37 пациентов (средний возраст 64,19±8,4 лет) с эндопротезом тазобедренного сустава. Проведены: оценка роста и массы тела; остеоденситометрия всего тела, лабораторное исследование анализов крови (содержание кальция и фосфора в крови (ммоль/л)); назначен курс лечения в отделении реабилитации. Денситометрия и лабораторные исследования были проведены четыре раза: при поступлении в отделение реабилитации, через 2 недели после госпитализации, через один и шесть месяцев после выписки. Полученные данные статистически обработаны. При оценке данных остеоденситометрии оценивали: Т-критерий, процент жировой массы, процент костной массы, процент мышечной массы и мышечной массы нижних конечностей.

Анализ данных полученных при помощи денситометрии показал уменьшение средних значений минеральной плотности костной массы пациентов через две недели и увеличение через один и шесть месяцев после выписки из отделения реабилитации. Частота встречаемости остеопении у обследуемых по данным денситометрии всего тела увеличилась через две недели после госпитализации с 46% до 50%; через месяц снизилась до 44%; через шесть месяцев – до 37%. Мышечная масса тела и мышечная масса пораженной конечности пациентов имели отрицательную динамику через две недели после госпитализации, и положительную – через один и шесть месяцев после выписки. Минеральная плотность уменьшалась на второй неделе после госпитализации и через месяц после выписки из отделения реабилитации, через шесть месяцев – увеличивалась. Среднее значение жировой массы пациентов увеличивалась после двух недель пребывания в отделении реабилитации и через месяц после выписки, уменьшалось через шесть месяцев. Выявлено наличие корреляционных взаимосвязей данных остеоденситометрии с лабораторными параметрами.

Таким образом, физическая нагрузка в рамках реабилитационных мероприятий влияет на состав тела пациентов. Увеличивается мышечная масса тела пациентов и протезированной конечности через один и шесть месяцев после выписки, однако возрастает и жировая масса, что, возможно, связано с особенностями питания пациентов после возвращения к привычному образу жизни, по сравнению с отделением реабилитации.

Ключевые слова: денситометрия, эндопротезирование, реабилитация, Т-критерий, остеопороз.

INFLUENCE OF REHABILITATION MEASURES ON BODY COMPOSITION IN PATIENTS AFTER HIP JOINT PROSTHETICS

Research article

Zainagutdinova A.M.¹, Pyshkina Y.S.² *

¹ORCID : 0009-0005-8568-6738;

²ORCID : 0000-0002-7241-6828;

^{1,2} Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

² Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (yu.pyshkina[at]yandex.ru)

Abstract

The aim of the study was to examine the effect of rehabilitation measures on body composition in patients with hip joint implant according to X-ray densitometry data.

37 patients (average age 64.19±8.4 years) with hip implant were examined. Growth and body weight assessment, whole-body osteodensitometry, laboratory examination of blood tests (blood calcium and phosphorus content (mmol/l)) were performed; a course of treatment in the rehabilitation department was prescribed. Densitometry and laboratory tests were carried out four times: on admission to the rehabilitation department, 2 weeks after hospitalization, one and six months after discharge. The obtained data were statistically processed. When assessing the osteodensitometry data, the following were evaluated: T-criterion, percentage of fat mass, percentage of bone mass, percentage of muscle mass and lower limb muscle mass.

The analysis of data obtained by densitometry showed a decrease in the average values of bone mineral density of patients after two weeks and an increase one and six months after discharge from the rehabilitation department. The incidence of osteopenia in the subjects according to whole-body densitometry increased two weeks after hospitalization from 46% to 50%;

one month later, it decreased to 44%; and six months later, to 37%. The muscle mass of the body and muscle mass of the affected limb of the patients had negative dynamics two weeks after hospitalization, and positive dynamics one and six months after discharge. Mineral density decreased in the second week after hospitalization and one month after discharge from the rehabilitation department, and increased after six months. The mean value of fat mass of patients increased after two weeks of stay in the rehabilitation department and one month after discharge, decreased after six months. The presence of correlations between osteodensitometry data and laboratory parameters was found.

Thus, physical activity as part of rehabilitation measures affects the body composition of patients. Muscle mass of the body of patients and prosthetic limb one and six months after discharge increases, but fat mass also increases, which may be due to the specifics of the patients' nutrition after returning to their usual way of life, compared to the rehabilitation department.

Keywords: densitometry, endoprosthetics, rehabilitation, T-criterion, osteoporosis.

Введение

Тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТС) давно и основательно вошло в практику ортопедической хирургии как метод лечения посттравматических, воспалительных и дегенеративных повреждений суставов [1]. По данным публикаций и мировых регистров, рост числа ТЭТС в мире неуклонно растет [2], [3]. Хорошие результаты оперативного лечения достигаются в том числе благодаря проведению адекватной реабилитации [4], в которой нуждаются все пациенты в послеоперационном периоде [5]. Реабилитационные мероприятия, включающие в себя лечебную физкультуру, медикаментозную терапию и комплекс физиотерапевтических процедур имеют особую актуальность после ТЭТС [6], [7]. Оценить реакцию организма пациента на физическую нагрузку позволяет неинвазивный метод диагностики с минимальной дозой облучения – двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия всего тела.

Цель нашего исследования – изучение динамики показателей состава тела у пациентов с эндопротезом тазобедренного сустава на фоне реабилитационных мероприятий по данным рентгеновской денситометрии.

Методы и принципы исследования

Ретроспективно обследовано 37 пациентов с эндопротезом тазобедренного сустава отделения реабилитации Клиник СамГМУ не в раннем послеоперационном периоде с длительной иммобилизацией в анамнезе. Общее время наблюдения за каждым пациентом составило шесть месяцев.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие эндопротеза тазобедренного сустава (вид протеза не учитывался); после ТЭТС прошло от одного до двух лет; низкоэнергетический перелом шейки бедра при падении с высоты собственного тела в анамнезе; отсутствие осложнений после ТЭТС, в том числе по данным рентгенологической картины; отсутствие ограничения мобильности; готовность к физической нагрузке.

Критерии исключения пациентов из исследования: сахарный диабет; документированный хронический вирусный гепатит; ВИЧ-инфекция; прием глюкокортикостероидов; признаки острого или обострения хронического воспалительного заболевания в течение 6 месяцев до начала исследования; ожирение; кахексия; табакокурение; онкопатология.

Всем обследуемым проведена оценка роста и массы тела, двухэнергетическая рентгеновская абсорбциометрия всего тела (рис. 1) на рентгеновском денситометре фирмы «Norland», лабораторное исследование анализов крови: содержание кальция и фосфора в крови (ммоль/л); курс реабилитационных мероприятий и исследование биомеханики тазобедренного сустава. Ежедневно в процессе исследования проводилась калибровка рентгеновского денситометра при помощи фантома, предоставляемого производителем оборудования.



NORLAND

NORLAND

Рисунок 1 - Протокол денситометрии всего тела пациентов с ТЭТС
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.1>

Использовались при оценке рентгеновской денситометрии: Т-критерий; минеральная плотность костной ткани; жировая, костная и мышечная массы всего тела пациента; мышечная масса нижних конечностей [8]. Согласно рекомендациям ВОЗ, состояние минеральной плотности костной ткани пациентов оценивалось по значению Т-критерия [9] – количеству стандартных отклонений от среднего значения минеральной плотности костной ткани здоровых лиц в возрасте 20-40 лет. Выделяли три категории: норма, остеопения, остеопороз. В пределах нормы находятся значения, не превышающие $+2,5$ SD (SD – стандартных отклонений) и не ниже -1 SD; значения меньше -1 SD, но больше $-2,5$ SD – остеопения, значения больше $-2,5$ SD – остеопороз [10]. Лучевая нагрузка при остеоденситометрии всего тела составила 0,1 мЗв.

Денситометрия и лабораторные исследования были проведены четыре раза: при поступлении в отделение реабилитации, через две недели после госпитализации, через один и шесть месяцев после завершения программы реабилитации. После выписки из стационара пациент должен был продолжать выполнение физических упражнений в домашних условиях в течение всего периода наблюдения. Все пациенты всё время наблюдения принимали препараты кальция и витамина D в соответствии с Федеральными клиническими рекомендациями «Остеопороз» [11].

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США) и описательной статистики в программе STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., США). Вычисляли среднее арифметическое, стандартные отклонения, проводили корреляционный анализ. Различия считали значимыми при $p < 0,05$. Результаты представляли в виде абсолютных чисел и процентов.

Основные результаты

Обследовано 30 женщин (81%) и 7 мужчин (19%). Возраст пациентов колебался в диапазоне от 50 до 77 лет. Средний возраст наблюдаемых составил $64,19 \pm 8,4$ лет (средний возраст женщин – $62,6 \pm 11,4$ лет, средний возраст мужчин – $63,1 \pm 11,9$ лет). В исследовании преобладали пациенты 70-75 лет (42% случаев). Из них женщины составили 89,5%, мужчины – 10,5% обследуемых (соотношение 9:1). Характеристика обследованных представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика обследованных пациентов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.2>

Признаки	Пациенты
N, пациентов	37
Возраст, лет	$64,19 \pm 8,4$
Рост, см	$164,43 \pm 10,42$
Вес, кг	$68,62 \pm 12,39$
Индекс массы тела, $\text{кг}/\text{м}^2$	$25,54 \pm 4,39$

Лист назначений пациентов включал: лечебную физкультуру групповым методом ежедневно №10, воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением в проекции вен в области максимально приближенной протезированному суставу, тренировку мышц бедра с тренажером биологической обратной связи (БОС) ежедневно №10, тренировка на интерактивной беговой дорожке с БОС ежедневно, стабилometriю, исследование походки и исследование биомеханики тазобедренного сустава на аппарате «Biodex». Данная программа упражнений необходима для поддержания костной массы, мышечной функции и баланса у пациентов.

Протезирование левой конечности преобладало в 65% случаев.

Частота встречаемости остеопении у обследуемых по данным денситометрии всего тела изменилась через две недели после госпитализации с 46% до 50%; через месяц – 44%; через шесть месяцев – 37% (рис. 2). Частота встречаемости остеопороза у пациентов при поступлении, через две недели после госпитализации и через один месяц после выписки из отделения реабилитации не изменялась и составила 3%, но уменьшилась до 1% через шесть месяцев.

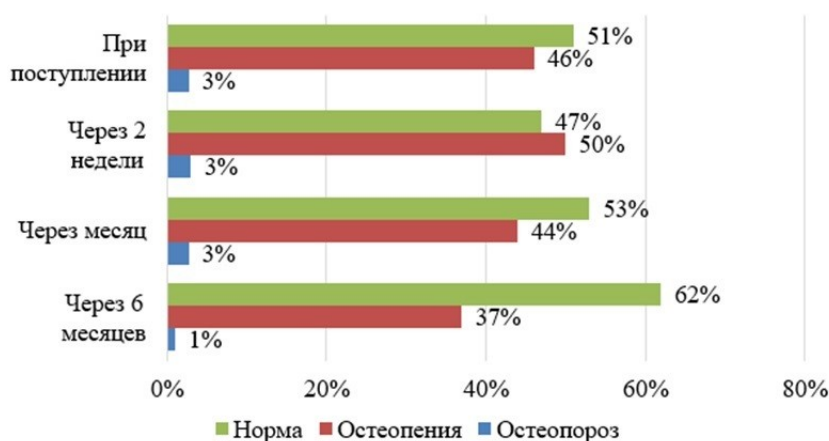


Рисунок 2 - Состояние минеральной плотности костной ткани пациентов
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.3>

Наблюдается отрицательная динамика по Т-критерию (SD) на второй неделе после госпитализации, но через один и шесть месяцев показатели увеличиваются (рис. 3).

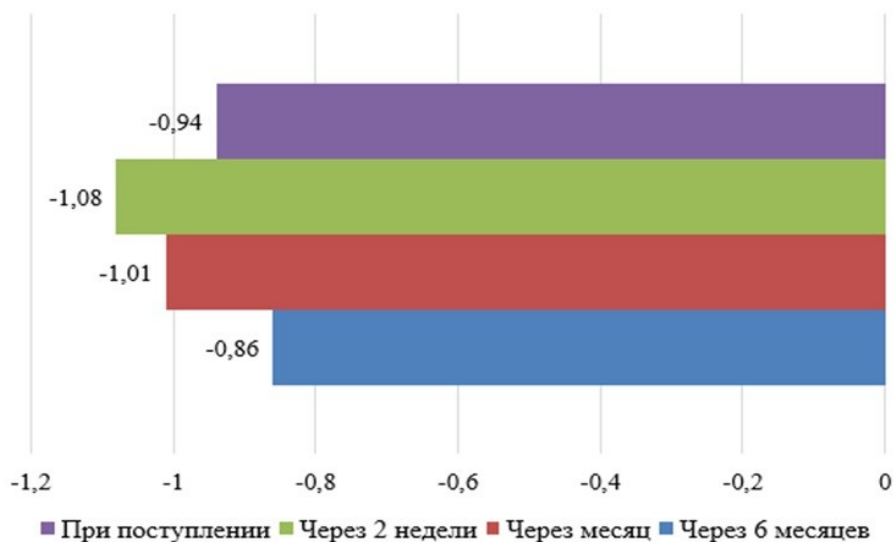


Рисунок 3 - Изменение Т-критерия (SD) у пациентов
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.4>

Определяется отрицательная динамика содержания минеральных солей в костной ткани у пациентов через две недели после поступления в стационар через месяц после выписки, через шесть месяцев динамика положительная; отрицательная динамика среднего значения мышечной массы тела у пациентов через две недели после пребывания в отделении реабилитации, положительная – через один и шесть месяцев после выписки; увеличение жировой массы у пациентов после двух недель пребывания в отделении реабилитации и через месяц после выписки, уменьшение через шесть месяцев; отрицательная динамика изменения мышечной массы протезированной конечности на второй неделе после госпитализации и положительная – через один и шесть месяцев после выписки (таблица 2).

Таблица 2 - Динамика изменений средних значений параметров остеоденситометрии у пациентов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.5>

	Содержание минеральных солей в костной ткани пациентов (g/cmI)	Мышечная масса тела пациентов (g)	Жировая масса тела пациентов (g)	Мышечная масса протезированной конечности (g)
При поступлении	0,9±0,24	42548±2247,46	25671±2901,25	7049±3888,38
Через 2 недели	0,88±0,29	42387±2038,95	25905±2957,05	6916±4689,53

Через 1 месяц	0,87±0,28	42665±2114,46	26044±2597,62	7132±5194,4
Через 6 месяцев	0,96±0,23	42953±2107,49	25170±2495,34	7205±4970,84

Содержание кальция в крови пациентов снизилось через две недели после поступления и увеличилось через один и шесть месяцев после выписки из отделения реабилитации, а повышение содержания кальция в крови ингибирует его высвобождение из костей в кровь и уменьшает потерю костной массы [12]. Также определяется положительная динамика изменения содержания фосфора в крови после двух недель пребывания в отделении реабилитации и через один и шесть месяцев после выписки (таблица 3).

Таблица 3 - Изменение средних значений содержания кальция и фосфора в крови пациентов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.6>

	Содержание кальция в крови пациентов (ммоль/л)	Содержание фосфора в крови пациентов (ммоль/л)
При поступлении	2,47±0,35	1,15±0,46
Через 2 недели	2,41±0,57	1,13±0,47
Через месяц	2,43±0,49	1,25±0,35
Через 6 месяцев	2,48±0,41	1,28±0,37

Выполнен корреляционный анализ показателей крови и денситометрии (таблица 4).

Таблица 4 - Корреляция параметров крови и показателей денситометрии пациентов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.7>

Показатель денситометрии \ Коэффициент корреляции	T-критерий	Содержание минеральных солей в костной ткани	Мышечная масса тела	Жировая масса тела
Корреляция содержания кальция в крови и показателей денситометрии				
Коэффициент корреляции Спирмена r_s	-0,983	-0,989	0,999	0,991
p	0,01	0,04	0,03	0,01
Корреляция содержания фосфора в крови и показателей денситометрии				
Коэффициент корреляции Спирмена r_s	-0,308	-0,577	0,745	0,833
p	0,01	0,01	0,02	0,02

Обсуждение

В научном сообществе существует значительный интерес к определению влияния физических упражнений для улучшения структуры костей у пациентов, в том числе при остеопорозе [13], [14], [15]. В результате проведенного нами статистического анализа получены данные об изменении состава тела и крови пациентов после эндопротезирования тазобедренного сустава при прохождении курса реабилитационных мероприятий, но отмечалась как положительная, так и отрицательная динамика показателей. Необходимо оптимизировать частоту занятий спортивной реабилитацией для усиления эффекта от физической нагрузки [14], [15], так как это считается эффективным средством стимуляции остеогенеза костей у пациентов [13]. Su Y. с соавторами [12] утверждают, что в экспериментах *in vitro* остеобласты стимулируют секрецию остеокальцина и увеличение количества остеопонтинина при физкультуре, тем самым способствуя минерализации матрикса. Однако значение этих упражнений требует дальнейшего изучения.

В ходе нашей работы определена взаимосвязь между показателями содержания кальция и фосфора в крови пациентов и показателями минеральной плотности костной ткани, мышечной массой, жировой массой пациентов и мышечной массой протезированной конечности. Наличие корреляции между данными остеоденситометрии и лабораторных исследований свидетельствует о способности параметрических параметров лучевого исследования неинвазивно определять состояние костной ткани пациента, что, в свою очередь, позволяет оптимизировать тактику ведения пациента.

Заключение

Рентгеновская денситометрия может применяться для оценки эффективности реабилитационных мероприятий у пациентов с эндопротезом тазобедренного сустава с получением количественных параметрических показателей

состава тела обследуемых. Выявлено увеличение мышечной массы тела пациентов и протезированной конечности через один и шесть месяцев после выписки, однако возросла и жировая масса, что, возможно, связано с особенностями питания пациентов после возвращения к привычному образу жизни, по сравнению с режимом в отделении реабилитации. Необходимо дальнейшее изучение влияния физической нагрузки на костную, жировую и мышечную массы тела у пациентов с эндопротезом тазобедренного сустава.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.8>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.90.8>

Список литературы / References

1. Вороков А.А. Эндопротезирование тазобедренного сустава: определение показаний к операции (научный обзор) / А.А. Вороков, А.Н. Ткаченко, А.А. Хромов и др. // Медико-фармацевтический журнал Пульс. — 2020. — 22 (6). — с. 40-50. — DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-6-40-50.
2. Пронских А.А. Эндопротезирование тазобедренного сустава у пациентов с обширными посттравматическими дефектами вертлужной впадины / А.А. Пронских, К.Н. Харитонов, В.Ю. Кузин и др. // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — 5. — с. 112.
3. Lychagin A.V. Pre-surgery planning of lower limbs major joints arthroplasty / A.V. Lychagin, V.G. Cherepanov, P.I. Petrov et al. // Open Access Maced J Med Sci. — 2019. — 7 (17). — p. 2838-2843. — DOI: 10.3889/oamjms.2019.690.
4. Ziranu A. Survivorship of proximal femoral replacement in neoplastic and non-neoplastic elderly patients / A. Ziranu, M.B. Bocchi, M.S. Oliva et al. // Eur Rev Med Pharmacol Sci. — 2022. — 26(1 Suppl). — p. 106-112. — DOI: 10.26355/eurrev_202211_30289.
5. Лесняк О.М. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы / О.М. Лесняк, И.А. Баранова, К.Ю. Белова и др. // Травматология и ортопедия России. — 2018. — 24 (1). — с. 155-168. — DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168.
6. Gutenbrunner C. Strengthening health-related rehabilitation services at national levels / C. Gutenbrunner, J. Bickenbach, J. Melvin et al. // Journal of Rehabilitation Medicine. — 2018. — 50 (4). — p. 317-325. — DOI: 110.2340/16501977-2217.
7. Scheidi A. Robot-assisted gait self-training: assessing the level achieved / A. Scheidi, B. Schütz, T.Q. Trinh et al. // Sensors (Basel). — 2021. — 21 (18). — p. 6213. — DOI: 10.3390/s21186213.
8. Ратманов М.А. Реабилитация после эндопротезирования суставов нижних конечностей: проблемы и перспективы / М.А. Ратманов, А.С. Белян, Т.В. Кузнецова и др. // Политравма. — 2020. — 2. — с. 76-83. — DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10023.
9. Мельниченко Г.А. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Г.А. Мельниченко, Ж.Е. Белая, Л.Я. Рожинская и др. // Проблемы эндокринологии. — 2017. — 63 (6). — с. 392-426. — DOI: 10.14341/probl2017636392-426.
10. Mykhailovska N.S. The interrelationship of bone and cardiovascular remodeling biomarkers and clinical peculiarities of coronary artery disease in postmenopausal women / N.S. Mykhailovska, I.O. Stetsiuk, T.O. Kulynych et al. // Reumatologia. — 2020. — 58 (3). — p. 142-149. — DOI: 10.5114/reum.2020.96687.
11. Федеральные клинические рекомендации. Остеопороз. 2021 // Федеральные клинические рекомендации. Остеопороз. 2021. — 2021 — URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/87_4#doc_b (дата обращения: 13.05.2024)
12. Su Y. Swimming as treatment for osteoporosis: a systematic review and meta-analysis / Y. Su, Z. Chen, W. Xie // Biomed Res Int. — 2020. — p. 6210201. — DOI: 10.1155/2020/6210201.
13. Benedetti M.G. The effectiveness of physical exercise on bone density in osteoporotic patients / M.G. Benedetti, G. Furlini, A. Zati et al. // Biomed Res Int. — 2018. — p. 4840531. — DOI: 10.1155/2018/4840531.
14. Beck H. Sports therapy interventions following total hip replacement / H. Beck, F. Beyer, F. Gering et al. // Dtsch Arztebl Int. — 2019. — 116 (1-2). — p. 1-8. — DOI: 10.3238/arztebl.2019.0001.
15. Filipović T.N. A 12-week exercise program improves functional status in postmenopausal osteoporotic women: randomized controlled study / T.N. Filipović, M.P. Lazović, A.N. Backović et al. // Eur J Phys Rehabil Med. — 2021. — 57 (1). — p. 120-130. — DOI: 10.23736/S1973-9087.20.06149-3.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vorokov A.A. Endoproteziranje tazobedrennogo sustava: opredelenie pokazanij k operatsii (nauchnyj obzor) [Hip replacement: indications for surgery (scientific review)] / A.A. Vorokov, A.N. Tkachenko, A.A. Hromov et al. // Medical & pharmaceutical journal "Pulse". — 2020. — 22 (6). — p. 40-50. — DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-6-40-50. [in Russian]
2. Pronskih A.A. Endoproteziranje tazobedrennogo sustava u patsientov s obshirnimi posttravmaticheskim defektami vertluzhnoj vpadiny [Total hip arthroplasty in cases of massive posttraumatic defects of acetabulum] / A.A. Pronskih, K.N. Haritonov, V.Ju. Kuzin et al. // Modern problems of science and education. — 2019. — 5. — p. 112. [in Russian]

3. Lychagin A.V. Pre-surgery planning of lower limbs major joints arthroplasty / A.V. Lychagin, V.G. Cherepanov, P.I. Petrov et al. // *Open Access Maced J Med Sci.* — 2019. — 7 (17). — p. 2838-2843. — DOI: 10.3889/oamjms.2019.690.
4. Ziranu A. Survivorship of proximal femoral replacement in neoplastic and non-neoplastic elderly patients / A. Ziranu, M.B. Bocchi, M.S. Oliva et al. // *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* — 2022. — 26(1 Suppl). — p. 106-112. — DOI: 10.26355/eurrev_202211_30289.
5. Lesnjak O.M. Osteoporoz v Rossijskoj Federatsii: epidemiologija, mediko-sotsial'nye i ekonomicheskie aspekty problemy [Osteoporosis in Russian Federation: Epidemiology, Socio-Medical and Economical Aspects (Review)] / O.M. Lesnjak, I.A. Baranova, K.Ju. Belova et al. // *Traumatology and orthopedics of Russia.* — 2018. — 24 (1). — p. 155-168. — DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-1-155-168. [in Russian]
6. Gutenbrunner C. Strengthening health-related rehabilitation services at national levels / C. Gutenbrunner, J. Bickenbach, J. Melvin et al. // *Journal of Rehabilitation Medicine.* — 2018. — 50 (4). — p. 317-325. — DOI: 110.2340/16501977-2217.
7. Scheidi A. Robot-assisted gait self-training: assessing the level achieved / A. Scheidi, B. Schütz, T.Q. Trinh et al. // *Sensors (Basel).* — 2021. — 21 (18). — p. 6213. — DOI: 10.3390/s21186213.
8. Ratmanov M.A. Reabilitatsija posle endoprotezirovanija sustavov nizhnih konechnostej: problemy i perspektivy [Rehabilitation after total hip and knee replacement: problems and perspectives] / M.A. Ratmanov, A.S. Benjan, T.V. Kuznetsova et al. // *Polytrauma.* — 2020. — 2. — p. 76-83. — DOI: 10.24411/1819-1495-2020-10023. [in Russian]
9. Mel'nichenko G.A. Federal'nye klinicheskie rekomendatsii po diagnostike, lecheniju i profilaktike osteoporoza [Russian clinical guidelines on the diagnostics, treatment, and prevention of osteoporosis] / G.A. Mel'nichenko, Zh.E. Belaja, L.Ja. Rozhinskaja et al. // *Problems of Endocrinology.* — 2017. — 63 (6). — p. 392-426. — DOI: 10.14341/probl2017636392-426. [in Russian]
10. Mykhailovska N.S. The interrelationship of bone and cardiovascular remodeling biomarkers and clinical peculiarities of coronary artery disease in postmenopausal women / N.S. Mykhailovska, I.O. Stetsiuk, T.O. Kulynych et al. // *Reumatologia.* — 2020. — 58 (3). — p. 142-149. — DOI: 10.5114/reum.2020.96687.
11. Federal'nye klinicheskie rekomendatsii. Osteoporoz. 2021 [Federal clinical guidelines. Osteoporosis. 2021] // Federal clinical guidelines. Osteoporosis. 2021. — 2021 — URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/87_4#doc_b (accessed: 13.05.2024) [in Russian]
12. Su Y. Swimming as treatment for osteoporosis: a systematic review and meta-analysis / Y. Su, Z. Chen, W. Xie // *Biomed Res Int.* — 2020. — p. 6210201. — DOI: 10.1155/2020/6210201.
13. Benedetti M.G. The effectiveness of physical exercise on bone density in osteoporotic patients / M.G. Benedetti, G. Furlini, A. Zati et al. // *Biomed Res Int.* — 2018. — p. 4840531. — DOI: 10.1155/2018/4840531.
14. Beck H. Sports therapy interventions following total hip replacement / H. Beck, F. Beyer, F. Gering et al. // *Dtsch Arztebl Int.* — 2019. — 116 (1-2). — p. 1-8. — DOI: 10.3238/arztebl.2019.0001.
15. Filipović T.N. A 12-week exercise program improves functional status in postmenopausal osteoporotic women: randomized controlled study / T.N. Filipović, M.P. Lazović, A.N. Backović et al. // *Eur J Phys Rehabil Med.* — 2021. — 57 (1). — p. 120-130. — DOI: 10.23736/S1973-9087.20.06149-3.