

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 3(39)
2026 г.

Учредитель

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

Журнал включен в

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

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 22.09.26
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 100 экз.
Усл. печ. л. 14,5. Уч.-изд. л. 9,65.
Зак. 332.

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

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

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., профессор)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздалкин (к.т.н., доцент), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веялкин (к.б.н., доцент), Н.Н. Веялкина (к.б.н., отв. секретарь), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (д.м.н., доцент, научный редактор), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макавич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., профессор, зам. гл. редактора), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), И.В. Назаренко (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), Р.М. Тахауов (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (д.м.н., доцент)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), Ю.Л. Горбич (к.м.н., доцент, Минск), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., академик РАН, Москва), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), А.М. Пристром (д.м.н., профессор, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., д.п.н., профессор, Санкт-Петербург), А.А. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор, Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Корректор

Н.Н. Юрченко

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 33-77-77
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2026

№ 3(39)

2026

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

Ч.А. Гельдимамедов, А.Н. Коваль, А.В. Литвинчук, В.К. Шпудейко, К.А. Пуртова

SLC7A11/GPX4-зависимая резистентность к индукции ферроптоза в клетках острого миелоидного лейкоза: молекулярные маркёры и терапевтические перспективы

5

С.В. Зыблева, Я.Л. Навменова, А.Е. Силин, Е.С. Тихонова, О.А. Зайцева, С.Л. Зыблев, Т.Е. Гавриленко

Возрастная инволюция тимуса: механизмы ремоделирования Т-клеточного иммунитета

13

Медико-биологические проблемы

Е.Л. Артюшков, А.И. Козлова, А.Г. Скуратов, А.А. Призенцов, Н.А. Михайлова, А.А. Лызиков

Антибактериальные свойства сетчатого грыжевого протеза с полимерным покрытием в эксперименте *in vitro*

20

А.М. Шестюк, С.Н. Рябцева, И.А. Семеник

Морфологические изменения мышечно-эластического слоя лёгочной артерии при хранении в условиях умеренной гипотермии в растворе «Кустодиол»

26

Клиническая медицина

Л.А. Анисько

Изменение микробного пейзажа и антибактериальной резистентности у пациентов инфекционного стационара в период пандемии COVID-19

34

А.В. Величко, Ю.И. Ярец, З.А. Дундаров

Вторичный гиперпаратиреоз: дооперационная и интраоперационная топическая диагностика, хирургическое лечение

42

Д.И. Гавриленко, Е.В. Родина, А.В. Жарикова

Взаимосвязь расстройств взаимодействия «кишечник — мозг» и заболеваний печени

51

Reviews and problem articles

C.A. Geldimammedov, A.N. Koval, A.V. Litvinchuk, V.K. Shpudeiko, K.A. Purtova

SLC7A11/GPX4-dependent resistance to ferroptosis induction in acute myeloid leukemia cells: molecular markers and therapeutic prospects

S.V. Zybleva, Y.L. Navmenova, A.E. Silin, E.S. Tikhonova, O.A. Zaitseva, S.L. Zyblev, T.E. Gavrilenko

Age-related thymic involution: mechanisms of T-cell immunity remodeling

Medical-biological problems

E.L. Artyushkov, A.I. Kozlova, A.G. Skuratov, A.A. Prizentsov, N.A. Mikhailova, A.A. Lyzikov

Antibacterial properties of a polymer-coated mesh hernial prosthesis *in vitro*

A.M. Shestiuk, S.N. Ryabtseva, I.A. Siamionik

Morphological changes in the musculo-elastic layer of the pulmonary artery during storage under moderate hypothermia in a «Custodiol» solution

Clinical medicine

L.A. Anisko

Changes in the microbial landscape and antimicrobial resistance in patients of an infectious disease hospital during the COVID-19 pandemic

A.V. Velichko, Yu.I. Yarets, Z.A. Dundarov

Secondary hyperparathyroidism: preoperative and intraoperative topical diagnosis, surgical treatment

D.I. Haurylenka, E.V. Rodina, A.V. Zharikova

The Interplay Between Gut–Brain Interaction Disorders and Liver Diseases

И.Е. Гурьянова, Ю.С. Жаранкова, И.В. Овсяник, В.И. Лебедь, А.В. Солнцева

Беременность, роды и послеродовой период у женщин с наследственным ангиоотеком с дефицитом С1-ингибитора: обзор современных подходов к ведению и анализ данных опроса белорусских пациентов

64

А.В. Доманцевич, И.В. Назаренко

Экономическая эффективность низкодозовой рентгеновской компьютерной томографии всего тела в диагностике поражения скелета при множественной миеломе

75

Е.С. Зиновкина, Н.В. Чуешова, М.Н. Михасёв, А.С. Пилотович, А.С. Калашникова, О.В. Осипкина, А.С. Шафорост, А.А. Зятков, О.П. Шляхто, Д.А. Зиновкин

Изменение экспрессии BMP2 и BMP7 при TGF- β 1-индуцированном эндотелиально-мезенхимальном переходе клеток HUVEC

81

Ж.М. Козич, Н.Н. Климович, Т.В. Руденкова, С.А. Костюк, О.В. Красько, Ж.Н. Пугачева

Профиль изменений в генах MAPK-сигнального пути, репарации ДНК/РНК, контроля и регуляции клеточного цикла при плазмоклеточных новообразованиях

87

Е.В. Родина, Д.И. Гавриленко, Н.И. Корженевская, С.В. Зыблева, О.А. Романива, А.П. Саливончик, Е.С. Тихонова

Сцинтиграфическая оценка гипоксии миокарда у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких на разборе клинического случая

94

Т.Х. Нгуен, Д.С. Нгуен, М.Т. Нгуен

Распространённость артериальной гипертензии и связанных с ней профессиональных факторов среди работников металлургической и керамической промышленности во Вьетнаме

101

Обмен опытом

Я.В. Мордовкина, А.О. Жарикова, Т.В. Бобр, Е.Б. Мордовкин, Г.В. Вашкевич

Клинический случай сохранности зрительных функций при гемодинамически значимом стенозе внутренней сонной артерии

109

I.E. Guryanova, Yu.S. Zharankova, I.V. Ausianik, V.I. Lebedz, A.V. Solntsava

Pregnancy, delivery, and the postpartum period in women with hereditary angioedema with C1 inhibitor deficiency: a review of current management approaches and analysis of survey data from Belarusian patients

A.V. Domantsevich, I.V. Nazarenko

Economic efficiency of low-dose whole-body X-ray computed tomography in the diagnosis of skeletal lesions in multiple myeloma

E.S. Zinovkina, N.V. Chueshova, M.N. Mikhashev, A.S. Pilotovich, A.S. Kalashnikova, O.V. Osipkina, A.S. Shaforost, A.A. Zyatkov, O.P. Shlyakhto, D.A. Zinovkin

The alterations in BMP2 and BMP7 expression during TGF- β 1-induced endothelial-to-mesenchymal transition in HUVEC

Zh.M. Kozich, N.N. Klimkovich, T.V. Rudenkova, S.A. Kostyuk, O.V. Kras'ko, J.N. Pugacheva

Profile of Gene Alterations in the MAPK Signaling Pathway, DNA/RNA Repair, and Cell Cycle Control and Regulation in Plasma Cell Neoplasms

A.V. Rodzina, D.I. Haurilenka, N.I. Karzhaneuskaya, S.V. Zybleva, A.A. Romaniva, A.P. Salivontchik, K.S. Tsikhonova

Scintigraphic assessment of myocardial hypoxia in patients with chronic obstructive pulmonary disease in a clinical case study

T.H. Nguyen, D.S. Nguyen, M.T. Nguyen

Prevalence of hypertension and associated occupational factors among steel and ceramic tile workers in Vietnam

Experience exchange

Ya.V. Mordovkina, A.O. Zharikova, T.V. Bobr, E.B. Mordovkin, G.V. Vashkevich

A clinical case of visual function preservation in hemodynamically significant stenosis of the internal carotid artery

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НИЗКОДОЗОВОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ВСЕГО ТЕЛА В ДИАГНОСТИКЕ ПОРАЖЕНИЙ СКЕЛЕТА ПРИ МНОЖЕСТВЕННОЙ МИЕЛОМЕ

¹ГУ «РНПЦ радиационной медицины и экологии человека», Гомель, Беларусь;

²УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Беларусь

Рентгенография скелета остается основным методом визуализации проявлений множественной миеломы (ММ), закрепленным в клиническом протоколе Республики Беларусь, однако ее низкая чувствительность увеличивает риск ложноотрицательных результатов и отсроченного начала терапии, что сопряжено с дополнительными затратами на лечение заболевания на более поздних стадиях.

В работе оценена экономическая эффективность низкодозовой рентгеновской компьютерной томографии (НДКТ) всего тела по сравнению с рентгенографией скелета у пациентов с ММ в условиях практического здравоохранения Республики Беларусь.

Показано, что НДКТ всего тела превосходит рентгенографию скелета по диагностической точности (чувствительность 78,6% против ~50% по данным литературы) и экономически целесообразна по сравнению с рентгенографией скелета: обеспечивает более высокую медицинскую эффективность (K_m 0,61 против 0,22), снижение стоимости единицы медицинского эффекта в 5,86 раза, сокращение трудозатрат персонала на 55,1% и сокращение времени исследования в среднем в 7,5 раза, а также предотвращение затрат на лечение запущенных осложнений ММ.

Ключевые слова: множественная миелома, низкодозовая компьютерная томография всего тела, экономическая эффективность, рентгенография

Введение

Множественная миелома (ММ) составляет около 10% от всех гемобластозов и 1% всех онкологических заболеваний в Республике Беларусь. Несмотря на развитие методов лечения, заболевание остается неизлечимым, что делает раннее выявление костного поражения ключевым фактором своевременного начала терапии [1].

В клинический протокол диагностики и лечения пациентов с ММ в Республике Беларусь включена рентгенография скелета [2]. Чувствительность данного метода по данным литературы не превышает 50% [3]: для визуализации очага остеодеструкции на снимке необходимо разрушение не менее 30–40% костных балок, а часть мелких очагов не определяется вовсе. Ложноотрицательный результат рентгенографии приводит к задержке начала патогенетической терапии

и прогрессированию заболевания, что сопряжено с необходимостью применения более затратных схем лечения второй и последующих линий, а также с риском развития тяжёлых осложнений, требующих дорогостоящего хирургического лечения [4, 5].

НДКТ всего тела обеспечивает более высокую диагностическую точность по сравнению с рентгенографией при сопоставимой лучевой нагрузке [6]. Вместе с тем внедрение нового метода в рутинную практику требует обоснования не только диагностических, но и экономических преимуществ, поскольку именно экономическая целесообразность определяет готовность системы здравоохранения к пересмотру действующих клинических протоколов.

Цель исследования — оценить экономическую эффективность низкодозовой рентгеновской компьютерной томографии (НДКТ) всего

тела по сравнению с рентгенографией скелета у пациентов с ММ в условиях практического здравоохранения Республики Беларусь.

Материалы и методы исследования

В исследование включены 189 пациентов: 131 с подтверждённым диагнозом ММ (основная группа) и 58 — с моноклональной гаммапатией неясного значения (группа сравнения), в том числе 92 мужчины и 97 женщин в возрасте от 37 до 84 лет (средний возраст — $63,8 \pm 9,6$ года). Диагноз ММ установлен в соответствии с международными критериями [7]. Всем пациентам выполнена НДКТ всего тела по протоколу, адаптированному по индексу массы тела пациента (120/40, 120/60, 120/80, 140/40 кВ/мАс), на 64-срезовом компьютерном томографе DISCOVERY 750 HD (General Electric, США).

Исследование выполнено с соблюдением принципов Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013) и одобрено Комитетом по этике ГУО «Белорусская медицинская академия последиplomного образования» (выписка из протокола №4 от 12.06.2023 г.). Все пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Прямые затраты на рентгенографию скелета рассчитаны исходя из состава стандартного протокола, закреплённого в клиническом протоколе Республики Беларусь [2] и включающего исследование черепа, всех отделов позвоночника, костей таза, рёбер, плечевых и бедренных костей (17–23 снимка в различных проекциях). Нормативная трудоёмкость персонала для каждого вида исследования определена в условных единицах времени (1 условная единица соответствует 10 минутам) в соответствии с действующими нормативными актами Республики Беларусь, устанавливающими нормы времени на проведение исследований в лучевой диагностике [8]. Стоимость исследований определена по тарифам ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», на базе которого проводилось исследование.

Экономическая эффективность НДКТ оценивалась по принципу доминирования: сопоставлялись стоимость исследования,

нормативная трудоёмкость персонала, продолжительность пребывания пациента в кабинете и диагностическая точность рентгенографии скелета и НДКТ всего тела.

Чувствительность, специфичность и прогностическая ценность НДКТ всего тела рассчитаны путём сопоставления результатов исследования с клиническим диагнозом ММ, установленным в соответствии с международными критериями [7]: истинноположительными считались находки НДКТ у пациентов с подтверждённой ММ, истинноотрицательными — их отсутствие у пациентов с моноклональной гаммапатией. На этой основе рассчитаны чувствительность, специфичность, прогностическая ценность положительного и отрицательного результатов, диагностическая точность.

Дополнительно у 69 из 131 пациента с ММ (52,7%) выявлены клинически значимые сопутствующие изменения органов грудной клетки, брюшной полости и забрюшинного пространства, не связанные непосредственно с ММ, что расширяет диагностическую картину в рамках одного исследования.

Расчёт экономической эффективности НДКТ по сравнению со стандартной рентгенографией скелета выполнен по методикам Минздрава РБ:

- 1) инструкция № 49-0003 «Интегральная оценка эффективности медицинских технологий» [9];
- 2) инструкция № 008-0106 «Квалиметрические методы оценки медицинской и социальной эффективности медицинских технологий» [10];
- 3) инструкция № 159-1203 «Методики расчетов эффективности медицинских технологий в здравоохранении» (раздел 2 — оценка экономической эффективности НИР в диагностике) [11];

Согласно этим документам [9–11], использовались следующие расчёты:

- 1) прямая удельная экономия ($\mathcal{E}_0$, бел. руб.) — разница в тарифах на одно исследование;
- 2) среднегодовая экономия ($\mathcal{E}_{\text{год}}$, бел. руб.) — умножение удельной экономии на число обследованных;

3) коэффициент эффективности затрат ($K_{эф}$) — отношение экономии к стоимости нового метода;

4) коэффициент медицинской эффективности (K_m) — на основе соотношения верных и ошибочных диагностических заключений. Оценка уровня K_m проводилась по официальным градациям: высокий (0,80–1,00), выше среднего (0,60–0,79), средний (0,40–0,59), ниже среднего (0,20–0,39), низкий (0,00–0,19), крайне низкий (<0);

5) стоимость единицы медицинского эффекта ($C_{км}$, бел. руб.) — отношение прямых затрат (C) к коэффициенту медицинской эффективности (K_m);

6) нормативная трудоёмкость персонала — перевод в условные единицы времени (1 у.е.в.=10 мин) по действующим нормативам лучевой диагностики РБ.

Для автоматизации расчёта показателей экономической эффективности использовали Yandex AI Studio, функционировавшую на локальном сервере Гомельского государственного медицинского университета. ИИ-инструмент применяли исключительно для обработки введённых авторами параметров и выполнения расчётов по заранее определённым формулам. Выбор исходных данных, экономических допущений и методов анализа осуществляли авторы. Все результаты были проверены независимым повторным расчётом.

Результаты и обсуждение

НДКТ всего тела превосходит стандартную рентгенографию скелета как в диагностическом, так и в экономическом отношении. Чувствительность НДКТ составила 78,6%, что более чем в 1,5 раза выше среднего показателя рентгенографии по данным литературы (~50%). Высокая точность диагностики сочетается со снижением издержек (таблица 1): время фактического пребывания пациента в кабинете при НДКТ сокращается в 7–8 раз, а нормативные трудозатраты медперсонала — более чем вдвое. Разница во времени связана с самой методикой исследований: каждый рентгеновский снимок требует отдельной укладки

пациента, выбора режима экспонирования, центрирования цифрового приёмника и программной оптимизации изображения — и так по каждой зоне (17–23 снимка). При НДКТ пациента укладывают на стол сканера один раз, задают параметры сканирования по ИМТ и выполняют исследование.

По данным экономического анализа, затраты на одно исследование НДКТ примерно в два раза ниже стоимости полного протокола рентгенографии. Снижение временных, трудовых и финансовых расходов при более высокой точности подтверждает экономическое доминирование метода и позволяет рекомендовать НДКТ всего тела в качестве приоритетного в клинической практике у пациентов с ММ.

Помимо прямых затрат на проведение исследований, экономическую эффективность НДКТ всего тела определяет своевременное выявление осложнений ММ, требующих дорогостоящего лечения при поздней диагностике. В настоящем исследовании компрессионные деформации тел позвонков, патологические переломы внепозвоночной локализации, переломы рёбер и стеноз позвоночного канала выявлены в совокупности у 62 из 131 пациента с ММ (47,3%) (таблица 2).

Хирургическая стабилизация позвоночника, вертебропластика и лечение компрессии спинного мозга при запущенных осложнениях ММ сопряжены с многократно более высокой стоимостью по сравнению с первичным диагностическим обследованием, а также с длительной госпитализацией и реабилитацией [4, 5]. Своевременное выявление данных осложнений методом НДКТ создаёт условия для раннего вмешательства и позволяет избежать значительной части указанных затрат.

Дополнительным фактором экономической целесообразности служит способность НДКТ всего тела выявлять клинически значимую сопутствующую патологию органов грудной клетки, брюшной полости и забрюшинного пространства, не являющуюся целью исследования. В настоящей работе подобные находки зафиксированы у 69 из 131 пациента с ММ (52,7%), часть которых по-

Таблица 1 – Сравнение прямых затрат при рентгенографии скелета и НДКТ всего тела

Показатель	Рентгенография скелета	НДКТ всего тела
Число снимков/исследований	17-23 снимка	1 исследование
Время пребывания пациента	60-90 мин	8-12 мин
Нормативная трудоемкость, у.е.	15,6	7,0
Стоимость исследования, бел. руб.*	225,31-260,89	115,01

* тарифы учреждения, на базе которого проводилось исследование

Таблица 2 – Осложнения ММ, выявленные методом НДКТ всего тела (n=131)

Осложнение	Число пациентов	Доля, %
Компрессионные деформации тел позвонков	53	40,5
Патологические переломы внепозвоночной локализации	18	13,7
Переломы ребер	10	7,6
Стеноз позвоночного канала	4	3,1
Хотя бы одно из перечисленных осложнений	62	47,3

требовала бы отдельных диагностических процедур при использовании рентгенографии скелета, не обладающей соответствующими диагностическими возможностями.

Задержка начала патогенетического лечения вследствие ложноотрицательного результата рентгенографии сопряжена с риском прогрессирования заболевания и необходимостью применения более затратных схем терапии последующих линий [12]. С учётом совокупности прямых и косвенных факторов применение НДКТ всего тела в качестве метода первичного обследования пациентов с ММ представляется экономически обоснованным в условиях практического здравоохранения Республики Беларусь.

Сравнение НДКТ всего тела и стандартной рентгенографии скелета по методикам Минздрава РБ [9–11] показало, что изучаемый метод даёт более высокие результаты экономической эффективности.

Прямая удельная и среднегодовая экономия финансовых средств.

По тарифам ГУ «РНПЦ РМиЭЧ» стоимость выполнения полного протокола рентгенографии скелета (17–23 снимка) составляет 225,31–260,89 бел. руб. (в среднем — 243,10 бел. руб.). В то же время тариф одного полноценного исследования НДКТ всего тела составляет 115,01 бел. руб.

Прямая удельная экономия затрат при замене рентгенографии скелета на НДКТ всего тела составила 128,09 бел. руб. на 1 больного.

Соотношение стоимости вариантов $243,10/115,01=2,11$ указывает на то, что НДКТ всего тела в 2,11 раза дешевле полного рентгенографического обследования. Коэффициент эффективности затрат $128,09/115,01=1,11$ показывает, что применение НДКТ даёт экономию в размере 111,4% от стоимости самого исследования.

Среднегодовая экономия средств на когорту из 131 пациента с подтверждённой множественной миеломой составила $128,09 \times 131 = 16\,779,79$ бел. руб.

В расчёте на всю обследованную группу (189 человек), включая группу сравнения, экономический эффект достиг $128,09 \times 189 = 24\,209,01$ бел. руб.

Квалиметрический анализ медицинской эффективности.

В обследованной выборке из 189 пациентов при применении НДКТ всего тела получено 152 верных диагностических заключения (103 истинноположительных и 49 истинноотрицательных) и 37 ошибочных результатов (28 ложноотрицательных и 9 ложноположительных).

На основе полученных данных чувствительность метода составила 78,6% (95% ДИ 70,6–85,3%), специфичность — 84,5% (95% ДИ 72,6–92,7%), прогностическая ценность положительного результата — 92,0%, отрицательного — 63,6%, точность — 80,4 процента.

Расчёт коэффициента медицинской эффективности дал следующий результат — 0,61. Полученное значение соответствует уровню «выше среднего» (градация от 0,60 до 0,79).

При экстраполяции чувствительности (~50%) и специфичности (~84,5%) тради-

ционной рентгенографии скелета на аналогичную выборку из 189 пациентов ожидаемое число верных диагнозов составляет 115, ошибочных — 74. Коэффициент медицинской эффективности рентгенографии равен 0,22, что соответствует уровню «ниже среднего» (градации от 0,20 до 0,39).

Сравнение затрат на единицу медицинского эффекта продемонстрировало следующие результаты: НДКТ всего тела — $115,01/0,61=188,54$ бел. руб.; рентгенография скелета — $243,10/0,22=1105,00$ бел. руб.

Таким образом, получение одной единицы медицинского эффекта при использовании НДКТ всего тела обходится бюджету здравоохранения в 5,86 раза дешевле, чем при рентгенографии скелета.

Индекс экономической эффективности затрат для НДКТ составил 5,30, а для рентгенографии — 0,90, что подтверждает экономическое преимущество НДКТ всего тела.

Экономия трудовых ресурсов и оптимизация работы кабинета.

Нормативная трудоёмкость: полная рентгенография скелета — 15,6 у.е.в. (156 мин); НДКТ всего тела — 7,0 у.е.в. (70 мин). Прямая экономия персонала — 8,6 у.е.в. (86 мин) на одно исследование, т.е. снижение трудоёмкости на 55,1 процента. На когорту из 131 пациента с ММ экономия составит 1126,6 у.е.в. ($\approx 187,8$ человеко-часа); на всю группу из 189 пациентов — 1625,4 у.е.в. ($\approx 270,9$ человеко-часа).

Время пребывания пациента в кабинете: при рентгенографии в среднем — 75 мин (диапазон 60–90 мин); при НДКТ — 10 мин (8–12 мин). Сокращение — в среднем 65 мин (в 7,5 раза).

Выводы

Применение НДКТ всего тела у пациентов с множественной миеломой демонстрирует более высокий уровень качественной медицинской эффективности ($K_m = 0,61$, уровень «выше среднего») по сравнению с рентгенографией скелета ($K_m = 0,22$, уровень «ниже среднего»).

НДКТ всего тела обеспечивает более низкие прямые затраты и расчётное экономиче-

ское преимущество перед рентгенографией: прямая удельная экономия финансово-бюджетных средств составляет 128,09 бел. руб. на одном исследовании (снижение затрат на 52,7 %), а среднегодовой экономический эффект на когорту из 131 пациента с ММ достигает 16 779,79 бел. руб.

Достижение единицы медицинского эффекта при НДКТ всего тела обходится системе здравоохранения в 188,54 бел. руб., что в 5,86 раза дешевле, чем при стандартной рентгенографии скелета (1105,00 бел. руб.).

Использование НДКТ всего тела приводит к сокращению нормативных затрат медицинского персонала на 55,1 % (экономия — 8,6 у.е.в. = 86 мин на одного пациента; совокупный эффект — 187,8 человеко-часа на 131 больного) и сокращению времени пребывания пациента в кабинете в среднем в 7,5 раза, что создаёт предпосылки для повышения пропускной способности кабинетов компьютерной томографии.

Своевременное выявление методом НДКТ костных осложнений у 47,3% больных ММ и сопутствующей патологии у 52,7% пациентов может способствовать снижению косвенного экономического ущерба за счёт потенциального уменьшения потребности в дорогостоящем хирургическом лечении запущенных осложнений и повторных диагностических исследований.

Совокупность прямых и косвенных экономических преимуществ обосновывает целесообразность включения НДКТ всего тела в клинический протокол первичного обследования пациентов с ММ в Республике Беларусь.

Библиографический список

1. Чешик, А. А. Анализ заболеваемости множественной миеломой в Республике Беларусь / А. А. Чешик // Человек и его здоровье. — 2016. — № 4. — С. 54–59.
2. Об утверждении клинических протоколов диагностики и лечения больных : приказ М-ва здравоохран. Респ. Беларусь от 19.05.2005 № 274 : в ред. от 21.07.2016 № 685. — Минск, 2016.
3. Multidetector CT of the spine in multiple myeloma: comparison with MR imaging and radiography / A. H. Mahnken [et al.] // AJR Am. J. Roentgen-

ol. – 2002. – Vol. 178, No. 6. – P. 1429–1436. – DOI: 10.2214/ajr.178.6.1781429.

4. Is prophylactic intervention more cost-effective than the treatment of pathologic fractures in metastatic bone disease? / A. T. Blank [et al.] // Clin. Orthop. Relat. Res. – 2016. – Vol. 474, No. 7. – P. 1563–1570. – DOI: 10.1007/s11999-016-4739-x.

5. Surgical management of spinal multiple myeloma: insights from the National Inpatient Sample database / A. Zehri [et al.] // J. Spine Surg. – 2024. – Vol. 10, No. 3. – P. 456–466. – DOI: 10.21037/jss-24-50.

6. Whole-body computed tomography versus conventional skeletal survey in patients with multiple myeloma: a study of the International Myeloma Working Group / J. Hillengass [et al.] // Blood Cancer J. – 2017. – Vol. 7, No. 8. – Article e599. – DOI: 10.1038/bcj.2017.78.

7. International Myeloma Working Group updated criteria for the diagnosis of multiple myeloma / S. V. Rajkumar [et al.] // Lancet Oncol. – 2014. – Vol. 15, No. 12. – P. e538–e548. – DOI: 10.1016/S1470-2045(14)70442-5.

8. Об установлении норм времени на проведение исследований в лучевой диагностике : постановление М-ва здравоохран. Респ. Беларусь от 29.07.2015 №

65 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь.

9. Цыбин, А. К. Интегральная оценка эффективности медицинских технологий : метод. рекомендации № 49-0003 : утв. М-вом здравоохран. Респ. Беларусь 11.05.2000 / А. К. Цыбин, В. С. Глушанко, Т. В. Колосова. – Минск, 2000. – 19 с.

10. Глушанко, В. С. Квалиметрические методы оценки медицинской и социальной эффективности медицинских технологий : инструкция по применению № 008-0106 : утв. М-вом здравоохран. Респ. Беларусь 22.02.2006 / В. С. Глушанко, А. В. Плиш ; Витебск. гос. мед. ун-т. – Витебск, 2006. – 10 с.

11. Мовчан, К. А. Методики расчетов эффективности медицинских технологий в здравоохранении : инструкция по применению № 159-1203 : утв. М-вом здравоохран. Респ. Беларусь 31.12.2003 / К. А. Мовчан, В. С. Глушанко, А. В. Плиш ; Витебск. гос. мед. ун-т. – Минск, 2004. – 23 с.

12. Economic burden of multiple myeloma among patients in successive lines of therapy in the United States / D. Gaultney [et al.] // J. Med. Econ. – 2017. – Vol. 20, No. 11. – P. 1146–1152. – DOI: 10.1080/13696998.2017.1361960.

A.V. Domantsevich, I.V. Nazarenko

ECONOMIC EFFICIENCY OF LOW-DOSE WHOLE-BODY X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF SKELETAL LESIONS IN MULTIPLE MYELOMA

Skeletal radiography remains the primary imaging method for multiple myeloma (MM) included in the clinical protocol of the Republic of Belarus, but its low sensitivity increases the risk of false-negative results and delayed therapy initiation, which is associated with additional costs of treating progressive disease.

Objective: to evaluate the economic efficiency of whole-body low-dose computed tomography (LDCT) compared with skeletal radiography in patients with MM.

The study included 189 patients: 131 with confirmed MM (main group) and 58 with monoclonal gammopathy (comparison group), all of whom underwent whole-body LDCT. Economic efficiency of LDCT versus skeletal radiography was assessed using methodologies of the Ministry of Health of the Republic of Belarus: direct unit and annual cost savings, a cost-effectiveness ratio, and a medical efficacy coefficient (Km) were calculated.

A full skeletal radiography protocol includes 17–23 images, takes 60–90 minutes, and requires 15,6 conventional staff time units; whole-body LDCT is performed as a single 8–12 min study requiring 7,0 conventional time units. Whole-body LDCT outperforms skeletal radiography in diagnostic accuracy (sensitivity 78,6% vs ~50% per the literature) and economically justified compared with skeletal radiography: it provides higher medical efficacy (Km 0,61 vs 0,22), a 5,86-fold lower cost per unit of medical effect, a 55,1% reduction in staff workload, and an approximately 7,5-fold reduction in examination time, along with avoidance of costs associated with treating advanced MM complications. Timely detection of MM complications by LDCT was noted in 62 MM patients (47,3%), and clinically significant comorbidity in 69 MM patients (52,7%).

Key words: *multiple myeloma, whole-body low-dose computed tomography, economic efficiency, radiography*

Поступила 24.08.26