

ВЫБОР КЛЮЧЕВЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ВЫПИСКИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РАДИОЙОДТЕРАПИИ

И.В. Глотова^{1,2}, А.А. Трухин^{2,5}, С.А. Рыжов^{1,3,4}, К.Д. Киселев^{1,2}

¹ Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева Минздрава РФ, Москва

² Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Москва

³ Ассоциация медицинских физиков России, Москва

⁴ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ, Москва

⁵ Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии Минздрава РФ, Москва

SELECTION OF KEY SOCIO-ECONOMIC FACTORS FOR ESTABLISHING RELEASE CRITERIA PATIENTS AFTER RADIOIODINE THERAPY

I.V. Glotova^{1,2}, A.A. Trukhin^{2,5}, S.A. Ryzhov^{1,3,4}, K.D. Kiselev^{1,2}

¹ Dmitry Rigachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia

² National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, Russia

³ Association of Medical Physicists of Russia, Moscow, Russia

⁴ Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

⁵ National Medical Research Center for Endocrinology, Moscow, Russia

Реферат

Цель: Оценка связи отдельных социально-экономических факторов в разных странах и установленных в них критериев выписки пациентов после радиойодтерапии.

Материал и методы: Для исследования выбраны 15 стран и 104 социально-экономические характеристики. По величине коэффициента корреляции Пирсона ($r > 0,3$) была установлена связь между некоторыми характеристиками и величиной активности в теле пациента, при которой возможна его выписка из стационара после РЙТ для разных стран. Для выбранных характеристик с использованием пакета анализа Microsoft Excel построена линейная регрессионная модель. На основе модели рассчитан допустимый уровень активности в теле пациента на момент выписки для России.

Результаты: Показано принципиальное различие между дозиметрической моделью, используемой в России для расчета критериев выписки после РЙТ, и моделью, рекомендованной комиссией по ядерному регулированию: использование эффективного периода полувыведения. Замена периода полураспада на период полувыведения позволяет увеличить критерии выписки пациентов после РЙТ с препаратом Na^{131}I на 30 %. Выявлена умеренная корреляционная связь между значением допустимой активности при выписке пациента после РЙТ и следующими социально-экономическими характеристиками: научная активность ($r = 0,32$), качество высшего образования ($r = 0,36$), индекс безопасности здоровья – ИБЗ ($r = 0,34$), длина дорог ($r = 0,36$), темпы роста населения ($r = 0,36$), средняя площадь жилья ($r = 0,38$), средняя зарплата за год ($r = -0,33$). С использованием перечисленных факторов построена линейная регрессионная модель. На основе данной модели получено следующее рекомендуемое значение активности и мощности эффективной дозы при выписке пациента из стационара: 0,6 ГБк и 30 мкЗв/час соответственно.

Заключение: В работе показано, что используемые в Российской Федерации критерии выписки (0,4 ГБк и 20 мкЗв/ч) не соответствуют достигнутому в России уровню жизни, который отражают рассмотренные в работе социально-экономические факторы. Предложенные доводы ставят задачу по пересмотру используемой в настоящее время дозиметрической модели с последующим увеличением критериев выписки. Было замечено, что критерии выписки в мире не зависят от некоторых факторов, которые напрямую связаны с облучением населения. Выявлена необходимость разработки единого объективного алгоритма установления критериев выписки, который учитывает различное социально-экономическое положение государств и может быть применен для разных радионуклидов и РФЛП, в том числе инновационных.

Ключевые слова: радиойодтерапия, критерии выписки пациентов, социально-экономические факторы

Abstract

Purpose: To assess the association between socioeconomic factors and release criteria after iodine-131 radionuclide therapy in different countries.

Material and methods: 15 countries and 104 socioeconomic characteristics were selected for the study. The association between characteristics and the residual activity level at which a patient may be released for different countries was established according to the value of Pearson product moment correlation coefficient ($r > 0.3$). A linear regression model was constructed for the selected characteristics using Microsoft Excel analysis package. The model was used to calculate the acceptable activity level at which a patient may be released for Russia.

Results: A fundamental difference between the model used for calculation of release criteria after radionuclide therapy with iodine-131 in Russia and the model recommended by the Nuclear Regulatory Commission was shown: the use of the effective half-life in the second one. Replacing the physical half-life by the effective half-life allows increasing the discharge criteria of patients after therapy with Na^{131}I by 30 %. A moderate correlation was found between the value of acceptable activity at patient discharge after radioactive iodine therapy and the following socioeconomic characteristics: scientific activity ($r = 0.32$), quality of higher education ($r = 0.36$), Global Health Security Index ($r = 0.34$), length of roads ($r = 0.36$), population growth rate ($r = 0.36$), average housing area ($r = 0.38$), and average salary per year ($r = -0.33$). A linear regression was constructed using the factors listed above. The following recommended value of activity and effective dose rate at patient discharge from hospital was obtained: 0.6 GBq and 30 $\mu\text{Sv}/\text{hour}$.

Conclusion: The study demonstrates that the release criteria for radioactive iodine therapy used in the Russian Federation (0.4 GBq and 20 $\mu\text{Sv}/\text{h}$) do not correspond to the standard of living achieved in Russia, which is reflected by the socio-economic factors considered in the paper. The proposed arguments raise the task of revising the currently used model with a consequent increase in the discharge criteria. It was observed that the release criteria in the world are independent of some factors that are directly related to population exposure. The need to develop a unified objective algorithm for establishing release criteria, which takes into account different socio-economic status of states and can be applied for different radionuclides and radiopharmaceuticals, including innovative ones, has been identified.

Key words: radioiodine therapy, release criteria, socio-economic factors

E-mail: glotova0.1@mail.ru

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-101-1-96-101>

Введение

Пределы доз облучения отдельных лиц из населения, контактировавших с пациентом, проходящим радионуклидную терапию (в частности радиойодтерапию), установлены в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ и МКРЗ

[1–3]. Эти значения одинаковы для большинства стран и составляют 5 мЗв/год для взрослых членов семьи, проживающих с пациентом, и 1 мЗв/год для остальных контактирующих лиц и детей [п. 5.4.5. НРБ-99/2009]. На основе этих значений рассчитываются критерии выписки пациентов после терапии:

значение активности в теле пациента и мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) на определенном расстоянии от поверхности тела, при которых считается, что выписка пациента допустима [4–7]. В России, как и в большинстве стран, МАЭД измеряется на расстоянии 1 м от пациента [п. 3.4.3 СанПиН 2.6.1.2368-08 “Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии с помощью открытых радионуклидных источников” (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16 июня 2008 г. N 36)].

В настоящее время не существует общепринятого алгоритма установления критериев выписки, поэтому для расчета их численных значений в разных странах используются разные дозиметрические модели. Более того, для оценки эффективных доз облучения населения необходимо учитывать продолжительность контакта пациента с окружающими (преимущественно членами семьи), расстояние, наличие ограждающих конструкций. Эти факторы выходят за пределы простой физико-математической модели, так как определяются социокультурными и экономическими факторами. Согласно ряду исследований, предпочтительная межличностная дистанция, которой придерживаются люди при контакте, варьируется в зависимости от национальности, возраста, климата, уровня близости и прочих факторов [8]. Данная закономерность касается и продолжительности контакта между людьми, включая время контакта пациента с окружающими [9]. Наличие ограждающих конструкций между пациентом и лицами, проживающими с ним на одной территории, определяется количеством комнат дома у пациента, размером домохозяйств, что, в свою очередь, связано с доходом семьи пациента, стоимостью жилья, уровнем медицины, образованностью, национальными традициями и прочим [10, 11]. Исходя из вышеизложенного, нами было сделано предположение, что значение критериев выписки для разных стран должно учитывать социально-экономические факторы.

При этом нам не удалось найти в литературе данных по анализу влияния различных социально-экономических факторов на критерии радиационной безопасности в разных странах, в частности на величину критериев выписки. Однако в развивающихся странах ставится вопрос о необходимости пересмотра критериев выписки пациентов после радиойод-

терапии в связи с низким уровнем жизни, образования, национальными традициями, доступностью личного транспорта и пр. [12].

Цель

Оценка связи отдельных социально-экономических факторов в разных странах с установленными в них критериями выписки пациентов после радиойодтерапии (РЙТ).

Материал и методы

Для исследования было выбрано 23 страны и 104 характеристики, которые охватывают разные аспекты жизни населения: бизнес, финансы, туризм, экономика, география, энергетика, образование и наука, здравоохранение, экология, транспорт, сеть и интернет, население, религия, вооружение и качество жизни. Источниками информации о показателях были взяты данные Всемирной организации экономического сотрудничества и развития, Организации объединенных наций, Всемирной организации здравоохранения, Института статистики ЮНЕСКО, и другие официальные данные, а также обобщенные данные в виде отдельных рейтингов [13–19]. В исследование были включены последние показатели за 2014–2022 г. в зависимости от источника и страны. Для исследования были выбраны страны с разным подходом к определению критериев выписки: от стран с собственной дозиметрической моделью, до стран, в которых используется рекомендованное значение критериев выписки, без поправок на социально-экономическое положение. Для установления связи между остаточной активностью и социально-экономическим фактором использован коэффициент корреляции Пирсона (r). Для расчета рекомендуемого значения активности для России построена линейная регрессионная модель.

Результаты

Произведено сравнение используемой в России модели для расчета критериев выписки пациентов [8] с моделью, рекомендованной комиссией по ядерному регулированию США [4]. Принципиальное различие моделей состоит в использовании эффективного периода полувыведения радиофармпрепарата (NRC) [Пункт

Таблица 1

Критерии выписки пациентов после радиойодтерапии [3, 6, 21]

Страна	Активность, МБк	Мощность дозы, мкЗв/час
Германия	75	3,5
Китай*	400	10
Литва*	400	–
Россия	400	20
Иран	430	19,3
Япония	500	30
Южно-Африканская Республика	550	25
Австралия	555	25
Швеция	600	26,9
Италия	600	26,9
Польша*	800	–
Испания	800	40
Великобритания*	800	–
Новая Зеландия	800	50
Франция	800	40
Финляндия	800	35,9
Норвегия	800	35,9
Малайзия*	1100	–
Канада*	1100	–
Сирия*	1100	30
Пакистан	1100	49,3
Южная Корея	1220	70
Соединенные Штаты Америки	1221	70

* – страны, исключенные из исследования.

4.2. 1] вместо периода полураспада (Россия). Согласно литературным данным при использовании периода полувыведения рекомендуемые значения критериев выписки должны быть увеличены на 30 % от текущих значений, например, для Na^{131}I критерии выписки должны составить 26 мкЗв/час и 0,51 ГБк [20].

В ходе работы был осуществлен поиск и анализ критериев выписки, установленных в разных странах, результаты которого приведены в табл. 1. Установлено, что во всех странах за исключением Великобритании, Канады, Китая, Польши, Литвы, Малайзии и Сирии критерии остаточной активности и мощности дозы прямо пропорциональны и определяются формулой:

$$\dot{D} = \frac{A \times \Gamma_k}{r^2}, \quad (1)$$

где \dot{D} – мощность дозы, Γ_k – керма-постоянная радионуклида (в данном случае ^{131}I), r – расстояние от тела пациента, на котором проводится измерение мощности дозы, A – остаточная активность.

Перечисленные выше страны, в которых не соблюдается закономерность, описываемая формулой (1), были исключены из исследова-

ния. Дальнейший анализ проводился по остаточной активности.

На втором этапе работы для отобранных стран были оценены 104 социально-экономических фактора. По результатам проведенного анализа была выявлена умеренная корреляционная связь между значением допустимой активности при выписке пациента после РИТ (табл. 2) и следующими социально-экономическими характеристиками: научная активность ($r=0,32$), качество высшего образования ($r=0,36$), индекс безопасности здоровья – ИБЗ ($r=0,34$), длина дорог ($r=0,36$), темпы роста населения ($r=0,36$), средняя площадь жилья ($r=0,38$), средняя зарплата за год ($r=-0,33$).

Было установлено, что допустимая активность при выписке пациентов увеличивается с ростом научной активности, качества высшего образования, индекса безопасности здоровья, длины автомобильных дорог, темпами роста населения, средней площадью жилья в стране и уменьшается с ростом средней заработной платы за год.

Для данных факторов построена линейная регрессионная модель, с помощью которой был рассчитан допустимый уровень активности в теле пациента на момент выписки для России. На основе линейной регрессионной мо-

Таблица 2

Ключевые социально-экономические характеристики, выбранные для исследования

Страна	Актив- ность, МБк	Научная актив- ность (кол-во статей)	Качество высшего образо- вания (индекс)	Индекс ИБЗ	Длина дорог, км	Темпы роста на- селения, %	Площадь жилья, кв. футы	Средняя зарплата за год, \$
Германия	75	104396	69,6	66	644480	-0,19	1173	47893
Иран	430	48306	39,2	37,7	214006	1,1	-	-
Япония	500	98793	61,7	59,8	1215000	-0,27	1123	38142
ЮАР	550	13009	48,7	54,8	947014	0,97	-	6595
Австралия	600	53610	80,9	75,5	823217	1,4	2313	61137
Швеция	600	20421	82,9	72,1	579564	0,79	893	59727
Италия	600	71240	53,4	56,2	487700	0,11	872	36216
Испания	800	54537	57,3	65,9	683175	0,67	1144	31432
Новая Зеландия	800	-	71,5	54	94160	1,44	2174	43429
Франция	800	66352	67,6	68,2	1028446	0,35	1216	45123
Финляндия	800	10599	80,4	68,7	454000	0,3	881	49479
Норвегия	800	11803	77,8	64,6	93870	0,85	-	99574
Пакистан	1100	12904	-	-	262256	2,07	-	1296
Южная Корея	1220	66376	57,4	70,2	106414	0,39	-	-
США	1221	422808	100	69,03	6650000	0,72	2164	5498

дели было получено следующее рекомендуемое значение активности и мощности эффективной дозы при выписке пациента из стационара: 0,6 ГБк и 30 мкЗв/час соответственно.

Выводы

В работе была показана связь между социально-экономическим развитием страны и используемыми критериями выписки пациентов после радионуклидной терапии с ^{131}I . Было показано, что используемые в Российской Федерации критерии выписки (0,4 ГБк и 20 мкЗв/ч) не соответствуют достигнутому в России уровню жизни, который отражают рассмотренные в работе социально-экономические факторы. Предложенные доводы ставят задачу по пересмотру используемой в настоящее время дозиметрической модели с последующим увеличением критериев выписки. Было замечено, что критерии выписки в мире не зависят от некоторых факторов, которые напрямую связаны с облучением населения, например, с уровнем автомобилизации населения (средним числом личных автомобилей на одного человека), числом детей в семье, плотностью населения и др. В связи с чем возникает

вопрос о необходимости разработки единого объективного алгоритма установления критериев выписки, который позволяет учитывать различное социально-экономическое положение государств и может быть применен для разных радионуклидов и РФЛП, в том числе инновационных.

Список литературы

1. ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
2. International Atomic Energy Agency. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. Interim edition. Safety Standards Series No. GSR Part 3 (interim). IAEA, Vienna (2011).
3. IAEA, Release of Patients After Radionuclide Therapy, IAEA Safety report series No. 63, IAEA, Vienna. 2018.
4. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Regulatory analysis on criteria for the release of patients administered radioactive material. Final report Schneider, S.; McGuire, S.A. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC

- (United States). Div. of Regulatory Applications. Funding organization: Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC (United States).
5. National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), 155 Report No. 155 – Management of Radionuclide Therapy Patients (2006).
 6. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [Электронный ресурс] : Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 7 июля 2009 г. № 47).
 7. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А. Радиологические критерии выписки пациента из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников. Радиационная гигиена. 2009; 2 (4): 5-9.
 8. Sorokowska A, Sorokowski P, Hilpert P, et al. Preferred Interpersonal Distances: A Global Comparison. *Journal of Cross-Cultural Psychology*. 2017; 48 (4): 577-92.
 9. The perception of time in different cultures // Clockify. URL: <https://clockify.me/blog/managing-time/time-perception/> (дата обращения: 10.01.2024).
 10. Aassve A, Billari FC, & Speder Z. Societal transition, policy changes and family formation: Evidence from Hungary. *European Journal of Population*, 2006; 22 (2): 127-52.
 11. Esteve A, Pohl M, Becca F. et al. A global perspective on household size and composition, 1970–2020. *Genus*. 2024; 80 (2). <https://doi.org/10.1186/s41118-024-00211-6>.
 12. Muhammad W, Faaruq S, Matiullah, Hussain A, Khan AA. Release criteria from hospitals of 131I thyrotoxicosis therapy patients in developing countries – case study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2006; 121: 136-9.
 13. World Bank Open Data// The World Bank URL: <https://data.worldbank.org/> (дата обращения: 12.10.2023).
 14. OECD Data// OECD URL: <https://data.oecd.org/> (дата обращения: 12.10.2023).
 15. HUMAN DEVELOPMENT DATA // Human Development Reports URL: <https://hdr.undp.org/data-center> (дата обращения: 12.10.2023).
 16. World Health Organization // World Health Organization URL: <https://www.who.int/> (дата обращения: 12.10.2023).
 17. Страны // NONNEWS URL: <https://nonnews.co/directory/lists/countries> (дата обращения: 12.10.2023).
 18. House Size by Country 2024 // World Population Review URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/house-size-by-country> (дата обращения: 10.01.2024).
 19. Total Fertility Rate 2024 // World Population Review URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/total-fertility-rate> (дата обращения: 10.01.2024).
 20. Чипига ЛА, Звонова НА, Водоватов АВ и др. Совершенствование подхода к определению радиологических критериев выписки пациентов после радионуклидной терапии. Радиационная гигиена. 2023; 16 (2): 19-31.
 21. International Practices of Patient Release Following Iodine - 131 Therapy // United States Nuclear Radiology Commission // <https://www.nrc.gov/docs/ML1421/ML14217A350.pdf> (дата обращения: 23.10.2023).