

3. Постановление Правительства Ульяновской области от 14.11.2019 г. № 26/584-П «Об утверждении государственной программы Ульяновской области “Управление государственными финансами Ульяновской области”» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/463732398>

4. Ширяева Н.В. Исследование вопросов качества управления муниципальными финансами Ульяновской области // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2023. № 6. С. 146–148. DOI: 10.34773/EU.2023.6.26.

DOI: 10.34773/EU.2024.6.28

Экономико-математическое моделирование бремени диализа*

Economic-Mathematical Modeling of the Burden of Dialysis

Р. СЛАДКОВ, М. ШАМУРАТОВ

Сладков Роман Игоревич, младший научный сотрудник, аспирант кафедры цифровой экономики и коммуникаций Уфимского университета науки и технологий (УУНиТ). E-mail: sladkovroman@gmail.com
Шамуратов Мурат Нуриманович, студент направления «Статистика» Уфимского университета науки и технологий. E-mail: shamuratov.murat@gmail.com

В статье проводится анализ возможности применения экономико-математического моделирования к оценке бремени хронической болезни почек в терминальной стадии, требующей постоянного диализа. Рассматриваются три терапии гемодиализа, две – перитониального диализа и, как альтернатива, трансплантация почки. В качестве стоимостных показателей учитываются: базовая стоимость клинико-статистической группы без учета коэффициента дифференциации, коэффициент относительной затроемкости, тарифы с учетом базовой стоимости. При использовании моделей Маркова с учетом 12 процедур диализа в месяц было показано, что в период 50 месяцев терапии наибольший вклад вносит интермиттирующий высокопоточный гемодиализ, а наименьший вклад – перитониальный диализ (независимо от типа) и трансплантация почки.

Ключевые слова: экономическое бремя болезни; модели Маркова, выбор экономической эффективности терапии.

The article analyzes the possibility of applying economic-mathematical modeling to assess the burden of chronic kidney disease in its terminal stage, which requires continuous dialysis. Three types of hemodialysis therapies and two types of peritoneal dialysis are considered, along with kidney transplantation as an alternative. The cost indicators taken into account include: the basic cost of the clinical-statistical group without considering the differentiation coefficient, the coefficient of relative resource intensity, and tariffs taking into account the basic cost. Using Markov models with 12 dialysis procedures per month, it has been shown that during a 50-month therapy period, the greatest contribution comes from intermittent high-flux hemodialysis, while the lowest contribution is from peritoneal dialysis (regardless of type) and kidney transplantation.

Keywords: Economic burden; Markov models; choice of economic efficiency of therapy.

* Ссылка на статью: Р. Сладков, М. Шамуратов. Экономико-математическое моделирование бремени диализа // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2024. № 6. С. 156–160. DOI: 10.34773/EU.2024.6.28.

Исследование выполнено в рамках гранта Республики Башкортостан для аспирантов и молодых ученых по теме: «Разработка методики оценки экономического бремени болезни в случае применения в ее диагностике и лечении технологий искусственного интеллекта» (соглашение № 1 от 14.09.2023 с Министерством образования и науки РБ).

Основные положения

1. Лечение терминальной стадии хронической болезни почек вносит существенный вклад в общее бремя болезни, и в динамике отмечается лишь рост таких расходов.
2. Применение моделей Маркова позволило выявить экономическую эффективность перитониального диализа независимо от типов его проведения.
3. Модели Маркова позволили выявить, что самый большой вклад в общую оценку экономического бремени дает применение интермиттирующего высокопоточного гемодиализа, достигая максимума через три месяца от начала лечения.

Введение

Одной из сторон увеличения продолжительности жизни человека стало «доживание» им до тяжелых хронических заболеваний, требующих со стороны государства все больших расходов на поддержание здоровья населения. Одним из таких заболеваний является хроническая болезнь почек (ХБП). Так, по оценкам, сделанным Ягудиной Р.И. с соавторами еще в 2014 г., глобальное экономическое бремя ХБП в России составило 451,5 млрд руб. [6].

В оценке экономического бремени хронической болезни почек наибольший удельный вклад (порядка 25 % по сведениям из [3]) вносит терминальная стадия болезни (стадия 5Д), при которой больному требуется постоянная заместительная почечная терапия – диализ или трансплантация почки. Согласно систематическому обзору, сделанному Jha V. с соавторами в 2023 г. на основе анализа изменения расходов в 31 стране, траты возрастают практически в 4 раза при переходе со стадии ХБП 3а в стадию 5Д [8]. При этом согласно исследованию Румянцевой Е.И. (2021 г.), прирост диализных больных с 2010 г. по 2019 г. в России составил 139,5 % [3]. При этом в оценке бремени ХБП стадии 5Д существенную долю расходов составляют затраты на проведение процедур гемодиализа (по оценкам [4] порядка 78 %), существенно превышающие расходы на проведение перитониального диализа (по оценкам [4] порядка 12 %). Еще один из способов лечения терминальной стадии ХБП является аллотрансплантация почек, которая способна улучшить качество жизни больного, но требует существенных расходов на постоянную терапию, препятствующую отторжению трансплантата [2]. Таким образом, одной из задач экономики здравоохранения является оценка бремени терминальной стадии ХБП при выборе методов ее лечения.

Современные инструменты экономико-математического моделирования позволяют построить модель фармакоэкономического бремени болезни и провести анализ ее чувствительности, выяснив, какая стратегия лечения может оказаться предпочтительной с точки зрения оптимизации затрат. Математической основой таких моделей служат модели перехода состояний Маркова. Существуют исследования, в которых сравнивается экономическое бремя ХБП в терминальной стадии при лечении ее гемодиализом, перитониальным диализом и трансплантацией почки [7]. Однако у этого исследования есть существенный недостаток – не учитываются варианты гемодиализа и перитониального диализа, хотя на автоматический перитониальный диализ нельзя перейти с гемодиализа, минуя стадию перехода на ручной перитониальный диализ. Таким образом, при оценке бремени ХБП в стадии 5Д требуется проводить детализацию терапий диализа.

Целью исследования является оценка экономической эффективности с точки зрения прямых расходов при применении различных типов диализа для лечения терминальной стадии хронической болезни почек.

Материалы и методы

Для моделирования экономического бремени ХБП в стадии 5Д рассматривались 3 стратегии лечения методом гемодиализа, 2 стратегии лечения методом перитонеального диализа. На первом этапе фармакоэкономического моделирования строилась матрица вероятностей перехода из лечения одной терапией в другую для больного с ХБП в терминальной стадии. В качестве альтернативы также рассматривался исход из каждого состояния лечения в смерть или в

трансплантацию почек. При этом учитывался вероятный исход из трансплантации почек обратно в диализ. Из всех стратегий лечения не рассматривались следующие варианты исходов, как невозможные:

– переход с любого варианта лечения сразу на перитонеальный диализ с использованием автоматизированных технологий, за исключением перехода с перитонеального диализа при нарушении ультрафильтрации;

– переход из состояния после аллотрансплантации почки на гемодиализацию.

Для построения матрицы вероятностей перехода из состояния в состояние использовали данные обсервационного годового наблюдения за 1145 больными в 24 диализных центрах Республики Башкортостан. Для оценки такой матрицы применяли функцию `define_transition()` пакета R – «hemod».

Для оценки бремени стоимостными показателями служили данные, актуальные на 01.09.2024 г.:

– базовая стоимость клинико-статистической группы (КСГ) для оплаты услуг диализа без учета коэффициента дифференциации (КД) (руб.),

– коэффициент относительной затроемкости (КЗ),

– тарифы с учетом базовой стоимости КСГ, КЗ, КД (руб.).

В таблице представлены данные по учитываемым методам лечения и соответствующим им тарифным единицам затрат.

Стоимостные показатели процедур диализа

Диализ	Гемодиализ			Перитонеальный диализ	
Виды тарифов	интермит- тирующий низкопо- точный	интермит- тирующий высокопо- точный	гемодиа- фильтрация	при нарушении ультра- фильтрации	с использованием автоматизированных технологий
базовая стои- мость КСГ без учета КД	5949	5949	5949	4768	4768
коэффициент относительной затроемкости	1,0	1,05	1,08	1,09	1,24
тарифы с учетом базовой стоимо- сти КСГ, КЗ, КД, руб.	6152	6501	6639	5367	6142

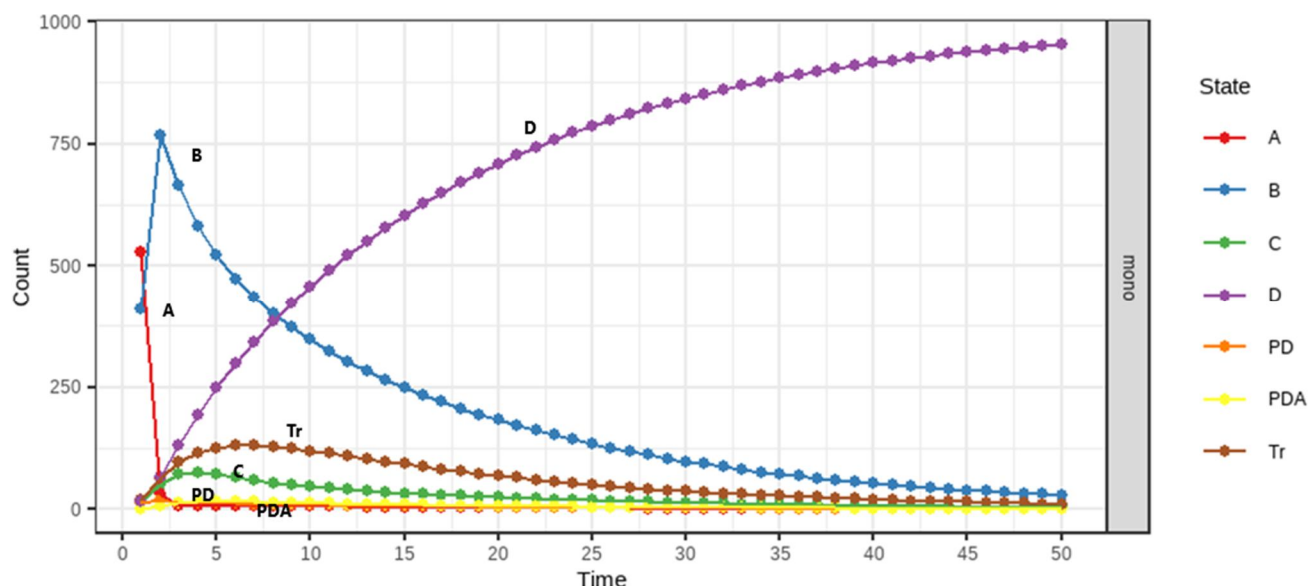
* КСГ – клинико-статистическая группа, КД – коэффициент дифференциации, КЗ – коэффициент затроемкости.

В качестве инструмента моделирования использовались модели Маркова. Рассматривались только монотерапии диализа, не учитывалась стоимость организации сосудистого доступа. В качестве периода расчета рассматривались год жизни для моделирования расходов и 50 месяцев для оценки бремени, количество процедур диализа в месяц – 12. Стоимость операции по аллотрансплантации почки (трупной) составляла 116142 рубля.

Результаты

В пакете «hemod» с использованием функций `define_transition()`, `define_strategy()` и `run_model()` было проведено имитационное моделирование для оценки бремени ХБП в стадии 5Д с учетом вероятностей перехода пациента с одного варианта лечения на другое. На рисунке приводятся кривые изменения стоимости затрат на терапию диализом в зависимости от периода наблюдения. Как видно из графика, гемодиализ интермиттирующий низкопоточный только в самом начале лечения дает высокий вклад в бремя (это связано с тем, что его применяют только в самом начале перехода больного на диализ, в том числе и после неудачной трансплантации

почки). Самый большой вклад в общую оценку дает применение гемодиализа интермиттирующего высокопоточного, достигая максимума через три месяца от начала лечения, затем вклад постепенно уменьшается – в основном за счет вероятности перехода пациента на другие терапии. Трансплантация вносит существенно меньший вклад в общее бремя: только в первый год после трансплантации заметен незначительный рост за счет высокой стоимости самой операции по пересадке трупной почки. Наименьший вклад в бремя вносит перитонеальный диализ, независимо от типа его проведения. Это достигается в том числе за счет того, что базовая стоимость услуги на 25 % ниже стоимости интермиттирующего диализа.



Распределение бремени диализа в период 50 месяцев

(здесь А – гемодиализ интермиттирующий низкопоточный, В – гемодиализ интермиттирующий высокопоточный, С – гемодиализация, D – смерть пациента, PD – перитонеальный диализ при нарушении ультрафильтрации, PDA – перитонеальный диализ с использованием автоматизированных технологий, Tr – трансплантация почки).

Обсуждение

Полученные результаты согласуются со многими исследованиями, проведенными ранее [7; 10], и свидетельствуют об экономической эффективности трансплантации почки в лечении ХБП терминальной стадии несмотря на то, что общие расходы включают применение пациентом пожизненной иммуносупрессивной терапии. Также экономически оправданным является применение перитонеального диализа. Его экономические преимущества отмечались многими исследователями, например, Ягудиной Р.И. с соавторами [1] и Klarenbach S.W. с соавторами [9]. Также следует отметить: несмотря на то, что все больные на диализе имеют первую группу инвалидности, именно перитонеальный диализ позволяет совмещать его с работой – так, ручной перитонеальный диализ при нарушении ультрафильтрации позволяет использовать его в офисе, а перитонеальный диализ с использованием автоматизированных технологий проводится, как правило, ночью, во время сна пациента. Таким образом, у данной терапии есть существенные преимущества за счет того, что ее применение может потенциально снизить социально-экономическое бремя болезни за счет недополученного ВРП. Также снижение стоимости при применении перитонеального диализа обеспечивается за счет отсутствия затрат, связанных с обеспечением сосудистого доступа. Кроме того, существенный вклад в бремя ХБП может вносить стоимость услуг сиделок и оплаты работы лиц, осуществляющих уход за такими пациентами [10]. Несмотря на то, что перитонеальный диализ является более экономически оправданным при лечении диализных больных, у него есть существенные ограничения по срокам

применения и по состоянию здоровья пациента. В целом, следует отметить, что рост бремени лечения ХБП за счет увеличения расходов на лечение ее терминальной стадии отмечается во всех регионах России [5], что требует применения эффективных инструментов по поиску методов снижения его без потери показателей качества жизни больных.

Заключение

Оценка экономического бремени болезни является важной и практически значимой задачей в области экономики здоровья. За счет применения методов экономико-математического моделирования можно определить наиболее оптимальную стратегию лечения диализных больных не только с точки зрения улучшения качества жизни, но и с точки зрения оптимизации фармакоэкономического бремени болезни.

Литература

1. Абдрашитова Г.Т., Ягудина Р.И., Серпик В.Г. Фармакоэкономический анализ оказания медицинской помощи больным с хронической болезнью почек, нуждающимся в проведении заместительной почечной терапии методами перитонеального диализа и гемодиализа в условиях Российского здравоохранения // Фармакоэкономика: теория и практика. 2015. Т. 3. № 3. С. 103–110.
2. Лакман И.А., Халикова А.А., Корженевский А.А. Оценка влияния различных исходов операции трансплантации почки на экономические затраты при лечении хронической болезни почек // Здравоохранение Российской Федерации. 2018. Т. 62. № 2. С. 60–67. DOI: 10.18821/0044-197X-2018-62-2-60-67.
3. Румянцева Е.И. Хроническая болезнь почек как глобальная проблема для общественного здоровья: динамика заболеваемости и смертности // Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2021. № 1-2. С. 41–49. DOI: 10.26347/1607-2502202101-02041-049.
4. Румянцева Е.И., Авксентьева М.В. Затраты системы обязательного медицинского страхования на ведение пациентов с хронической болезнью почек в Российской Федерации // Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2021. № 4(43). С. 52–58.
5. Щербакова Н.Ф., Минакова Д.В. Анализ экономического бремени гемодиализной помощи в регионе // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 1(109). С. 93–105. DOI: 10.17308/meps.2019.1/2028.
6. Ягудина Р.И., Серпик В.Г., Абдрашитова Г.Т., Котенко О.Н. Экономическое бремя хронической болезни почек в Российской Федерации // Фармакоэкономика: теория и практика. 2014. Т. 2. № 4. С. 34–39.
7. Hong Z., Zhuang Y., Lu J., Ye J., Sun H., Gao L., Xiong Y. Economic Evaluation of Three Dialysis Methods in Patients with End-Stage Renal Disease in China // International Urology and Nephrology. 2023. Vol. 55. No. 5. P. 1247–1254. DOI: 10.1007/s11255-022-03402-2.
8. Jha V., Al-Ghamdi S.M.G., Li G., Wu M.S., Stafylas P., Retat L., Card-Gowers J., Barone S., Cabrera C., Garcia Sanchez J.J. Global Economic Burden Associated with Chronic Kidney Disease: A Pragmatic Review of Medical Costs for the Inside CKD Research Programme // Advances in Therapy. 2023. Vol. 40. No. 10. P. 4405–4420. DOI: 10.1007/s12325-023-02608-9.
9. Klarenbach S.W., Tonelli M., Chui B., Manns B.J. Economic evaluation of dialysis therapies // Nature Reviews Nephrology. 2014. Vol. 10. No. 11. P. 644–652. DOI: 10.1038/nrneph.2014.145.
10. Shafik N., Ibrahim N., Gafor A.H.A. Economic Burden of Patients with End-Stage Kidney Disease and Their Caregivers: A Scoping Review // Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation. 2023. Vol. 34. No. 6. P. 642–654. DOI: 10.4103/sjkdt.sjkdt_81_22.