

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭНДОКРИНОЛОГИИ: ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ



© А.П. Першина-Милюткина¹, М.А. Телегина^{2*}, Е.В. Ершова¹, К.А. Комшилова¹, П.А. Ершова³

¹ФГБУ «НМИЦ эндокринологии им. академика И.И. Дедова» Минздрава России, Москва, Россия

²A Medclinic, Москва, Россия

³МГУ им. М.В. Ломоносова

В современном мире, характеризующемся растущей распространенностью эндокринных заболеваний и сложностью их диагностики и лечения, искусственный интеллект (ИИ) предлагает уникальные возможности для улучшения медицинской помощи. В статье авторы анализируют, как алгоритмы ИИ помогают обнаруживать и классифицировать патологические изменения на УЗИ, КТ и МРТ, предоставляя врачам-эндокринологам дополнительные инструменты для улучшения качества диагностики. Кроме того, рассматривается применение ИИ для анализа больших данных, включая электронные медицинские карты (ЭМК), что позволяет разрабатывать прогностические модели и персонализировать лечение. Особое внимание уделяется роли ИИ в мониторинге пациентов с хроническими эндокринными заболеваниями, например, непрерывный мониторинг уровня глюкозы крови при сахарном диабете. Эта статья будет полезна врачам-эндокринологам, исследователям, студентам и всем, кто интересуется применением искусственного интеллекта в современной медицине.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: искусственный интеллект, медицинская диагностика, ИИ в эндокринологии.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENDOCRINOLOGY: BREAKTHROUGH TECHNOLOGIES AND PROSPECTS

© Anastasia P. Pershina-Miliutina¹, Maria A. Telegina^{2*}, Ekaterina V. Ershova¹, Ksenia A. Komshilova¹, Polina A. Ershova³

¹I.I. Dedov National Medical Research Center of Endocrinology, Moscow, Russia

²A Medclinic, Moscow, Russia

³Lomonosov Moscow State University

In today's world, characterized by the growing prevalence of endocrine diseases and the complexity of their diagnosis and treatment, AI offers unique opportunities to improve medical care. In the article, we analyze how AI algorithms help detect and classify pathological changes in ultrasound, MRI, CT providing endocrinologists with additional tools for fast and accurate diagnosis. In addition, we are considering the use of AI for big data analysis, including electronic medical records (EHRs), which allows us to develop predictive models and personalize treatment. Special attention is paid to the role of AI in monitoring patients with chronic endocrine diseases, including continuous monitoring of blood glucose levels in diabetes mellitus.

This article will be useful for endocrinologists, researchers, students and anyone interested in the use of artificial intelligence in modern medicine.

KEYWORDS: Artificial intelligence; medical diagnostics; AI in endocrinology.

АКТУАЛЬНОСТЬ

История развития искусственного интеллекта (ИИ) начинается с зарождения кибернетики в середине XX века. Первые шаги были сделаны в 1950-х годах, когда Алан Тьюринг сформулировал тест Тьюринга, а исследователи в Дартмутском колледже провели первую конференцию по ИИ (Dartmouth workshop), заложившую основы этой области. Ранние работы фокусировались на символическом ИИ, решении логических задач и обработке естественного языка.

В 1980-е годы произошел бум развития экспертных систем, которые имитировали знания специалистов

в определенных областях. Однако эти системы не обладали способностью к самообучению. Новый прорыв связан с развитием глубокого обучения (Deep Learning) в 2010-х годах благодаря росту вычислительных мощностей и доступу к большим наборам данных. Глубокие нейронные сети позволили достичь прорыва в распознавании изображений, обработке естественного языка и других задачах.

ИИ начал проникать в медицину относительно недавно, в основном с развитием глубокого обучения. Первоначально применение сосредотачивалось на обработке двумерных медицинских изображений (рентгеновские снимки) для обнаружения патологий. В дальнейшем ИИ

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.



начал применяться для анализа трехмерных изображений (КТ-, МРТ-изображения), а также больших медицинских данных (электронные медицинские карты (ЭМК), результаты лабораторных исследований), что позволило разрабатывать прогностические модели и персонализировать лечение.

Актуальность данной статьи обусловлена стремительным развитием и внедрением ИИ в медицину, в частности в эндокринологию. Сложности диагностики и лечения эндокринных заболеваний, характеризующихся разнообразием симптомов и необходимостью длительного мониторинга, делает ИИ особенно перспективным инструментом. Это обеспечивается имеющимися возможностями ИИ.

Персонализация терапии

Анализ ЭМК с помощью ИИ позволяет подойти к разработке персонализированных схем лечения, учитывающих индивидуальные особенности пациентов, что повышает эффективность терапии и снижает риск побочных эффектов.

Так, в работе Елфимовой А.Р. [1] описаны разработанные и реализованные в программном виде системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на основе математических моделей. Первая модель, построенная с использованием категориального градиентного бустинга, прогнозирует гипокальциемию на 1–3-е сутки после паратиреоидэктомии у пациентов с первичным гиперпаратиреозом с точностью 81% (95% ДИ: 73–87%) и исключает ее в 83% (95% ДИ: 75–90%). Вторая модель, использующая метод случайного леса, позволяет правильно исключить снижение расчетной скорости клубочковой фильтрации через 12 месяцев после операции с точностью 94% (95% ДИ: 88–98%).

Улучшение прогнозирования и мониторинга

ИИ-алгоритмы способны прогнозировать риск развития эндокринных заболеваний и их осложнений, что позволяет проводить профилактические мероприятия и своевременно корректировать лечение. Кроме того, ИИ позволяет осуществлять непрерывный удаленный мониторинг состояния пациентов, повышая качество жизни и снижая частоту госпитализаций.

Zhu Y. и соавт. [2] использовали алгоритмы машинного обучения для прогнозирования риска развития диабетической нефропатии у пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД2). Учитывая индивидуальные параметры пациентов, ИИ позволил выделить группу пациентов высокого риска и рекомендовать превентивные меры для замедления прогрессирования заболевания.

В статье Викуловой О.К. и соавт. [3] для прогнозирования хронической болезни почек (ХБП) разработан калькулятор [4], основанный на результатах логистической регрессионной модели. Калькулятор позволяет рассчитывать 5-летний риск снижения скорости клубочковой фильтрации (СКФ) до уровня <60 мл/мин/1,73 м² на основе интегрированного уравнения, разработанного для пациентов с сахарным диабетом 1 и 2 типов. Для расчета необходимо ввести значения определенных параметров, согласно моделям для каждого типа диабета. Риск развития ХБП (в %) рассчитывается автоматически, учитывая операционные характеристики модели и ограничения

доверительных интервалов. На основании полученного результата в процентах вероятность развития ХБП классифицируется как высокая (риск 50–100%), средняя (риск 25–50%) или низкая (риск $<25\%$).

В работе Лаптева Д.Н. и Сорокина Д.Ю. [5] предложено обоснование для разработки СППВР в области первичной настройки инсулиновой помпы, поскольку в настоящее время общепринятые рекомендации отсутствуют и процесс носит субъективный характер. Целью исследования являлась разработка СППВР, формирующей первичные настройки инсулиновой помпы, сопоставимые с экспертным мнением врачей. Модель, в основе которой лежит нейронная сеть, разработана на данных 2850 детей с сахарным диабетом 1 типа (СД1), переведенных на помповую инсулинотерапию, учитывая их возраст, массу тела, суточную потребность в инсулине и уровень гликированного гемоглобина. Проспективная оценка согласованности рекомендаций СППВР и врачей проводилась на 35 пакетах данных детей с СД1 (медиана возраста 9,3 года [6,4; 11,5]) с использованием 4 степеней согласованности. Результаты показали, что полная согласованность между СППВР и рекомендациями врачей составляет 29,8–43,8%, а полная несогласованность — 33,7–41,1%, допустимая согласованность достигла 58,9–66,3%, при этом значимых различий в медианных показателях параметров инсулиновой помпы между СППВР и врачами относительно исходных значений не выявлено. Полученные данные свидетельствуют о приемлемой производительности разработанного алгоритма и сопоставимости рекомендаций СППВР с мнением врачей-экспертов, что соответствует ранее проведенным исследованиям.

Оптимизация процесса принятия решений

Системы, основанные не только на технологиях ИИ, но и на методах математического моделирования, могут выступать в качестве вспомогательного инструмента для врачей-эндокринологов, предоставляя рекомендации по диагностике и лечению, что улучшает качество медицинской помощи и снижает вероятность врачебных ошибок.

Например, в статье Ковалевой Е.В. и соавт. [6] разработана СППВР, экспертный алгоритм которой анализирует показатели фосфорно-кальциевого обмена и их отклонения от референсных интервалов (внесенных специалистом или преднастроенных на основании клинических рекомендаций) и формирует «подсказки» по коррекции терапии гипопаратиреоза и необходимости дополнительного обследования. Кроме того, данная система оценивает статус заболевания (компенсация / субкомпенсация / декомпенсация), сигнализируя о возможной суб- или декомпенсации при отклонениях. Дополнительно СППВР контролирует полноту внесения данных в электронную анкету пациента, напоминая о необходимости дообследования в случае отсутствия ключевых лабораторных показателей.

Таким образом, актуальность применения ИИ и математического моделирования в эндокринологии не вызывает сомнений, поскольку позволяет повысить эффективность диагностики и лечения эндокринных заболеваний, персонализировать терапию, улучшить возможности прогнозирования и мониторинга.

ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Анализ медицинских изображений (например, УЗИ) — одна из самых активных областей применения ИИ в эндокринологии. Глубокое обучение, особенно сверточные нейронные сети (CNN), доказало свою эффективность в автоматической детекции и классификации патологий. CNN — это тип искусственных нейронных сетей, специально разработанных для обработки данных с пространственной структурой, таких как изображения и видео, а их архитектура позволяет эффективно извлекать пространственные иерархические признаки из входных данных, что делает их особенно полезными для задач компьютерного зрения [7].

Повышение точности диагностики

ИИ-технологии позволяют автоматизировать анализ медицинских изображений (УЗИ, КТ, МРТ), что повышает точность выявления патологии щитовидной железы, надпочечников, поджелудочной железы и других органов эндокринной системы, сокращая необходимость инвазивных процедур и улучшая своевременность и качество диагностики.

Например, в исследовании, проведенном Wang L. и соавт. [8], ИИ использован для анализа ультразвуковых изображений щитовидной железы, его применение демонстрирует высокую точность в обнаружении и классификации узловых образований, что потенциально может снизить количество биопсий. Авторы продемонстрировали, что модель глубокого обучения превосходила в точности группу опытных врачей-радиологов в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных образований (общая точность 87% против 82%).

Диагностика заболеваний щитовидной железы

В исследовании Wang L. и соавт. [8] показана высокая точность сверточных нейронных сетей в выявлении и классификации узловых образований щитовидной железы по степени злокачественности. В перспективе использование подобных классификаторов может существенно повысить точность диагностики, сократив число необоснованных пункционных биопсий. Однако учитывая, что ультразвуковое исследование является оператор-зависимым методом, хорошо обученный ИИ способен выступить в качестве стандарта и независимого «третьего мнения», повышая объективность диагностики. В этом исследовании, чтобы сделать процесс автоматизированного проектирования более согласованным с заключениями клиницистов, авторы предложили новую систему глубокого обучения, основанную на знаниях и опыте врачей ультразвуковой диагностики, для автоматического обнаружения и классификации узлов щитовидной железы на ультразвуковых изображениях. Предлагаемая система автоматизированного проектирования состоит из двух основных этапов: обнаружении узлов с помощью многомасштабной пирамидальной сети и классификации обнаруженных узлов с помощью модели, использующей специализированную архитектуру и несколько ветвей, основанной на экспертных знаниях. Результаты эксперимента показывают, что такой

подход эффективен при диагностике узловых образований щитовидной железы.

В работе Трухина А.А. и соавт. [9] описаны результаты работы с интеллектуальным ассистентом врача ультразвуковой диагностики в отношении узловых образований щитовидной железы. ИИ классифицирует новообразования в щитовидной железе человека на основе снимков УЗИ и по системе TI-RADS (Thyroid Imaging Reporting and Data System) — международной стандартизированной системы описания и обработки данных лучевых исследований щитовидной железы.

В исследовании Лысухина Д.Д. с соавт. [10] рассматривается применение ИИ для морфологической диагностики новообразований щитовидной железы (ЩЖ). Авторами проанализированы изображения, полученные от 966 пациентов, перенесших геми- или тиреоидэктомию. Анализ проводился на основе случаев с уже установленным диагнозом: «доброкачественное или злокачественное новообразование ЩЖ». Для классификации цифровых слайдов использован метод Attention-MIL (Multiple-Instance Learning), который позволяет обрабатывать изображения высокого разрешения, используя только общую разметку, без необходимости указания конкретных областей интереса. В результате исследования подтверждена эффективность применения схемы Attention-MIL, разработан прототип инструмента визуализации, который может помочь в детальном анализе и обосновании полученных результатов, что значительно ускорит процесс установки диагноза.

Анализ изображений надпочечников

ИИ-алгоритмы успешно применяются для обнаружения аденом надпочечников на изображениях КТ и МРТ. Обзор Barat M. и соавт. [11] демонстрирует потенциал ИИ для повышения точности диагностики и минимизации инвазивных процедур. Большинство исследований разработки ИИ в области надпочечников являются предварительными, но подающими надежды для последующего внедрения в рутинную клиническую практику.

Аналогичным образом, у пациентов с известным диагнозом «рак» анализ последовательных структурированных отчетов может помочь выявить отдаленные метастазы. Используя набор данных из 714 454 структурированных радиологических заключений, включающих 404 пациента с метастазами в надпочечниках, Batch K.E. и соавт. разработали и протестировали несколько моделей для выявления метастазов в надпочечниках. Наиболее точной моделью оказалась расширенная CNN (т.е. с реализованным слоем для увеличения весовых значений), которая обеспечила точность диагностики метастазов в надпочечниках на уровне 99,97% ($\pm 0,06\%$) [12].

ИИ В ЛЕЧЕНИИ ЭНДОКРИННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

ИИ-системы могут выступать в качестве вспомогательного инструмента для врачей-эндокринологов, предоставляя рекомендации по диагностике и лечению.

Диагностика и лечение эндокринных заболеваний

В обзорной статье Абдуллаевой М.А. и соавт. [13] показаны перспективы использования ИИ в фармакогенетических исследованиях и отмечается, что применение

технологий глубокого обучения потенциально позволяет расширить представление о фармакодинамике лекарственных средств, показаниях и противопоказаниях в назначении, что, возможно, приведет к обновлению учебно-методической литературы по фармакологии и существенно улучшит качество фармакотерапии у пациентов.

В работе Tarumi S. и соавт. [14] на основе данных 27 904 пациентов с сахарным диабетом был разработан аналитический метод, позволяющий прогнозировать вероятность достижения целей лечения при использовании различных стратегий. Сформирована СППВР на основе ИИ, интегрированная с ЭМК. Интеграция осуществлялась путем инкапсуляции прогностических моделей в модуль веб-сервиса OpenCDS и предоставления результатов моделирования через веб-панель SMART на FHIR. СППВР позволяет анализировать параметры пациентов, выбирать цели лечения и оценивать альтернативные стратегии лечения, основываясь на прогнозных данных.

МОНИТОРИНГ ПАЦИЕНТОВ И УДАЛЕННОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

Интеграция ИИ с носимыми датчиками и мобильными приложениями расширяет возможности мониторинга пациентов в режиме реального времени.

Мониторинг уровня глюкозы в крови

Системы непрерывного мониторинга глюкозы (НМГ) с интегрированными ИИ-алгоритмами позволяют оптимизировать терапию сахарного диабета, своевременно предупреждая о гипо- или гипергликемии.

Chan PZ. и соавт. [15] был проведен систематический обзор, направленный на выявление вариантов использования ИИ в неинвазивном мониторинге уровня глюкозы в крови. Авторы показали, что ИИ может точно прогнозировать уровень глюкозы на основании неинвазивных данных, повышая комфорт и удобство использования для пациентов. Однако общий диапазон точности был широким из-за неоднородности моделей и входных данных. Авторы пришли к выводу, что для обеспечения качества и безопасности систем мониторинга, исполь-

зующих искусственный интеллект, необходима стандартизация и регулирование применения ИИ-технологий, а также разработка унифицированных рекомендаций и протоколов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ИИ демонстрирует значительный потенциал для улучшения диагностики, лечения и мониторинга эндокринных заболеваний. В 2024 году альянсом в сфере ИИ, Аналитическим центром при правительстве РФ и Минэкономразвития [16] был разработан кодекс этики ИИ, который подчеркивает необходимость ответственной разработки и применения ИИ и основан на принципах прозрачности, справедливости, подотчетности и уважении прав человека. Он призывает к предотвращению предвзятости и дискриминации, обеспечению безопасности и надежности систем ИИ, а также к защите конфиденциальности и автономии пользователей. Кодекс акцентирует важность постоянного мониторинга и оценки этических последствий использования ИИ и призывает к широкому обсуждению и сотрудничеству между разработчиками, пользователями и регуляторами.

Несмотря на впечатляющие результаты, необходимо продолжать исследования для валидации алгоритмов, решения этических вопросов и интеграции ИИ в клиническую практику. Междисциплинарное сотрудничество эндокринологов, инженеров и специалистов по ИИ необходимо для полной реализации потенциала ИИ в этой важной области медицины.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источники финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

Участие авторов. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Abstract of the dissertation of A.R. Elfimova for the degree of Candidate of Medical Sciences on the topic «Prediction of adverse events after parathyroidectomy in patients with primary hyperparathyroidism using mathematical modeling methods» To quote from: https://www.endocrincentr.ru/sites/default/files/specialists/science/dissertation/avtoreferat_elfimova.pdf
2. Zhu Y, Zhang Y, Yang M, et al. Machine Learning-Based Predictive Modeling of Diabetic Nephropathy in Type 2 Diabetes Using Integrated Biomarkers: A Single-Center Retrospective Study. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2024;17:1987-1997. doi: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S458263>
3. Vikulova O. K., Elfimova A. R., Zheleznyakova A.V. and others. Risk calculator for chronic kidney disease: new possibilities for predicting pathology in patients with diabetes mellitus. — 2022. — Issue 24. — No. 4. — pp. 224-233
4. Calculator of the risk of developing chronic kidney disease (CKD) in patients with diabetes mellitus (DM). To quote from: <https://www.endocrincentr.ru/specialists/kalkulyatory/calc-hbp>
5. Laptev D.N., Sorokin D.Yu. A medical decision-making assistance system based on artificial intelligence for primary adjustment of insulin pump parameters in children with type 1 diabetes mellitus. // *Diabetes mellitus.* — 2024. — Vol.27. — No.6. — pp.555-564. doi: <https://doi.org/10.14341/DM13081>
6. Kovaleva E.V., Eremkina A.K., Aynetdinova A.R., Milutina A.P., Mokrysheva N.G. The first Russian registry of hypoparathyroidism with a medical decision support system // *Problems of endocrinology.* — 2021. — Vol. 67. — No. 4. — pp. 8-12. doi: <https://doi.org/10.14341/probl12796>
7. Almuttairi H.M.A. Types of neural networks and their application / H.M.A. Almuttairi // *Actual problems of society, economics and law in the context of global challenges: proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference, Moscow, June 14, 2023.* — St. Petersburg: Printing Shop, 2023. — pp. 39-44.
8. Wang L, Zhang L, Zhu M, et al. Automatic diagnosis for thyroid nodules in ultrasound images by deep neural networks. *Med Image Anal.* 2020; 61:101665. doi: <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101665>

9. Trukhin A.A., Zakharova S.M., Dunaev M.E., and others. The role of artificial intelligence in the differential ultrasound diagnosis of thyroid nodules // *Clinical and experimental thyroidology*. — 2022. — Vol. 18. — No. 2. — pp. 32-38. doi: <https://doi.org/10.14341/ket12730>
10. Lysukhin D.D., Yakimov B.P., Shirshin E.A. and others. Development of artificial intelligence algorithms for morphological diagnosis of thyroid tumors. // *Endocrine surgery*. — 2023. — Vol.17. — No.4. — p.54. doi: <https://doi.org/10.14341/serg12877>
11. Barat M, Gaillard M, Cottureau AS, et al. Artificial intelligence in adrenal imaging: A critical review of current applications. *Diagn Interv Imaging*. 2023;104(1):37-42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.diii.2022.09.003>
12. Batch KE, Yue J, Darcovich A, et al. Developing a Cancer Digital Twin: Supervised Metastases Detection From Consecutive Structured Radiology Reports. *Front Artif Intell*. 2022;5. doi: <https://doi.org/10.3389/frai.2022.826402>
13. Abdullaev M.A., Kantemirova B.I., Bashkina O.A. and others. Prospects for the use of artificial intelligence in pharmacogenetic research: a literary review. // *Acta Biomedica Scientifica*. — 2024. — Vol.9. — No.5. — pp.12-21. doi: <https://doi.org/10.29413/ABS.2024-9.5.2>
14. Tarumi S, Takeuchi W, Chalkidis G, et al. Leveraging Artificial Intelligence to Improve Chronic Disease Care: Methods and Application to Pharmacotherapy Decision Support for Type-2 Diabetes Mellitus. *Methods Inf Med*. 2021;60(S 01):e32-e43. doi: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1728757>
15. Chan PZ, Jin E, Jansson M., et al. AI-Based Noninvasive Blood Glucose Monitoring: Scoping Review. *J Med Internet Res*. 2024;26:e58892. doi: <https://doi.org/10.2196/58892>
16. Alliance in the field of artificial intelligence, Analytical Center under the Government of the Russian Federation and the Ministry of Economic Development: Code of Ethics in the field of AI. To quote from: <https://ethics.a-ai.ru/>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]:

***Телегина Мария Алексеевна [Maria A. Telegina]**; адрес: Россия, пр-т Мира, д. 102, стр. 23. [address: Russia, Mir Avenue, Building 102, Block 23]; ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2805-4460>; ResearcherID: JMB-6130-2023; SPIN: 5467-3255; e-mail: telegina-07@yandex.ru

Першина-Милютин Анастасия Павловна [Anastasia P. Pershina-Miliutina];

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9462-8522>; eLibrary SPIN: 6392-5111; e-mail: oa11111998@gmail.com

Ершова Екатерина Владимировна, к.м.н. [Ekaterina V. Ershova, MD, PhD];

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6220-4397>; eLibrary SPIN: 6728-3764; e-mail: yu99pol06@rambler.ru

Комшилова Ксения Андреевна, к.м.н. [Ksenia A. Komshilova, MD, PhD]; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6624-2374>; eLibrary SPIN: 2880-9644; e-mail: Komshilova.Kseniya@endocrincentr.ru

Ершова Полина Андреевна [Polina A. Ershova]; e-mail: ErshovaPA@spa.msu.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

ЦИТИРОВАТЬ:

Першина-Милютин А.П., Телегина М.А., Ершова Е.В., Комшилова К.А., Ершова П.А. Искусственный интеллект и математическое моделирование в эндокринологии: прорывные технологии и перспективы // *Ожирение и метаболизм*. — 2025. — Т. 22. — №2. — С. 118-122. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13238>

TO CITE THIS ARTICLE:

Pershina-Miliutina AP, Telegina MA, Ershova EV, Komshilova KA, Ershova PA. Artificial intelligence in endocrinology: Breakthrough technologies and prospects. *Obesity and metabolism*. 2025;22(2):118-122. doi: <https://doi.org/10.14341/omet13238>