

UDK 61:615.1:004.8(575.1)

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AI: МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕКАРСТВ

Бекназарова С.С., Алиходжаева М.И., Атаханов А.Ш., Махмудов Д.Л.

DSc., проф. Ташкентский университет информационных технологий имени М.Хоразми, г.Ташкент, Республика Узбекистан

DSc., проф. Университет Алфраганус, ассистент Университет Алфраганус, г.Ташкент, Республика Узбекистан

⁴Фармацевтическая компания «Pharma care preiut», г. Бирзеббуга, Мальта

Аннотация

Влияние лекарственных средств на активность различных биохимических процессов редко носит однозначный характер: обычно усиление одних процессов сопровождается истощением других, а также стимуляция или угнетение одних и тех же механизмов может в разных тканях и органах приводить к совершенно противоположным биологическим и клиническим последствиям. Амiodарон – антиаритмическое средство, наиболее часто используемое при лечении злокачественных форм желудочковых и наджелудочковых аритмий, которые сопровождаются тяжелой клинической симптоматикой и/или угрожают жизни больного и рефрактерны к терапии обычными антиаритмическими препаратами. Уникальная и сложная фармакокинетика и фармакодинамика не позволяют точно предсказать индивидуальный ответ на амiodарон у конкретного пациента. Побочные явления как со стороны сердечно-сосудистой системы, так и со стороны других органов и систем редко, но все-таки могут носить фатальный характер. Взаимодействие с рядом лекарственных препаратов часто осложняет подбор терапии.

В статье рассматривается разработка мобильного приложения, использующего искусственный интеллект (AI) для автоматического подбора лекарственных препаратов, оптимизации комбинаций лечения и корректной дозировки для пациентов. Приложение также визуализирует прогресс терапии, обеспечивая удобный мониторинг состояния здоровья пользователя. Представленные решения направлены на повышение точности и эффективности лечения, а также на предотвращение нежелательных побочных реакций лекарств, в частности амiodарона.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мобильное приложение, подбор лекарств, дозировка, комбинация лечения, визуализация прогресса, цифровое здравоохранение, амiodарон.

Аннотация

Дори воситаларининг турли биокимёвий жараёнларнинг фаоллигига таъсири камдан-кам ҳолларда бир хил хусусиятга эга бўлади: одатда баъзи жараёнларнинг кучайиши бошқаларининг камайиши билан бирга келади, шунингдек, бир хил механизмларнинг турли тўқималар ва органларда рағбатлантирилиши ёки босими мутлақо қарама-қарши биологик ва клиник оқибатларга олиб келиши мумкин. Амiodарон - оғир клиник аломатлар билан бирга келувчи ва/ёки бемор ҳаётига хавф соладиган ва одатдаги антиаритмик препаратлар билан давола-нишга рефрактер бўлган қоринча ва қорин ости аритмияларининг хавфли шакллари даво-

лашда энг кўп қўлланиладиган антиаритмик восита. Препаратнинг ўзига хос ва мураккаб фармакокинетики ва фармакодинамикаси муайян беморнинг амиодаронга индивидуал жавобини аниқ башорат қилиш имконини бермайди. Юрак-қон томир тизимининг ҳам, бошқа органлар ва тизимларнинг ҳам ноўй таъсирлари камдан-кам учрайди, аммо ҳалокатли бўлиши мумкин. Бир қатор дори воситалари билан ўзаро таъсир кўпинча терапияни танлашни қийинлаштиради.

Мақолада дори воситаларини автоматик танлаш, даволаш комбинацияларини оптималлаштириш ва беморлар учун тўғри дозалаш учун сунъий интеллектдан (АИ) фойдаланадиган мобил иловани ишлаб чиқиш кўриб чиқилади. Илова, шунингдек, фойдаланувчининг соғлиғи ҳолатининг қулай мониторингини таъминлаш орқали терапия тараққиётини тасвирлайди. Тақдим этилган қарорлар даволашнинг аниқлиги ва самарадорлигини оширишга, шунингдек, дори воситаларининг, хусусан, амиодароннинг ноҳуш ноўй реакцияларининг олдини олишга қаратилган.

Калит сўзлар: сунъий интеллект, мобил илова, дори-дармонларни танлаш, дозалаш, даволаш комбинацияси, жараёни визуаллаштириш, рақамли русумда соғлиқни сақлаш, амиодарон.

Abstract

The influence of drugs on the activity of various biochemical processes is rarely unambiguous: usually, the enhancement of some processes is accompanied by the depletion of others, and the stimulation or suppression of the same mechanisms in different tissues and organs can lead to completely opposite biological and clinical consequences. Amiodarone is an antiarrhythmic drug most commonly used in the treatment of malignant forms of ventricular and supraventricular arrhythmias that are accompanied by severe and/or life-threatening clinical symptoms and are refractory to therapy with conventional antiarrhythmic drugs. The unique and complex pharmacokinetics and pharmacodynamics make it difficult to accurately predict the individual response of a patient to amiodarone. Side effects from both the cardiovascular system and other organs as well as systems are rare, but can still be fatal. Interaction with a number of medications often complicates the selection of therapy.

This article discusses the development of a mobile application that uses artificial intelligence (AI) to automatically select medications, optimize treatment combinations, and provide the correct dosage for patients. The mobile application also visualizes the progress of therapy, providing convenient monitoring of the user's health status. The presented solutions are aimed at increasing the accuracy and effectiveness of treatment, as well as preventing unwanted side effects of drugs, in particular amiodarone.

Keywords: artificial intelligence, mobile application, drug selection, dosage, treatment combination, progress visualization, digital health, amiodarone

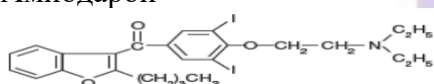
Введение

В последние годы наблюдается стремительный рост числа хронических заболеваний и сложных медицинских состояний, требующих точного и индивидуального подбора лекарственной терапии. Ошибки в назначении препаратов, неправильно подобранные дозировки и отсутствие постоянного контроля за ходом лечения приводят к

ухудшению качества жизни пациентов, увеличению количества госпитализаций и финансовых затрат на здравоохранение. Традиционные методы назначения лекарств зачастую не учитывают полную картину состояния пациента, а врачам сложно проследить все возможные лекарственные взаимодействия и своевременно корректировать терапию [1].

Антиаритмический препарат амиодарон является препаратом со сложной фармакокинетикой. Это объясняется его крайне высокой липофильностью и большим объемом распределения (66 л/кг), что, в свою очередь, приводит к отсроченному наступлению терапевтического эффекта (от 2 дней до 3 недели при пероральном приеме) и длительному периоду полувыведения. Биодоступность амиодарона при пероральном приеме варьирует от 22 до 86%, в среднем составляя 50%. Первоначальное 50% снижение концентрации в плазме происходит на 3–10й день после прекращения длительной терапии, препарат накапливается в тканях. Считается, что истинный период полувыведения его из тканей может составлять от 13 до 142 дней [2].

Амиодарон

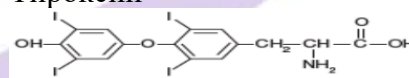


Высокое содержание йода в амиодароне считается одной из причин возникновения тиреоидной дисфункции. Прием 200 - 600 мг амиодарона в день приводит к поступлению в циркуляторное русло от 7 до 21 мг свободного йода, уровень которого в моче и плазме увеличивается в 40 раз. амиодарон и, в большей степени, его основной активный метаболит дезэтиламиодарон, оказывают прямое дозозависимое цитотоксическое действие на фолликулярные клетки щитовидной железы. Препарат проникает во многие органы и ткани: в печень, легкие, щитовидную железу, миокард, но более всего накапливается в жировой ткани. [2, 3]. По мнению некоторых исследователей, значение соотношения дезэтиламиодарон/амиодарон, показывает уровень развития нарушения функции щитовидной железы. Так, повышение соотношения дезэтиламиодарон/амиодарон характерно для развития амиодарон-инду-

Терапевтический диапазон концентрации амиодарона в плазме составляет 0,5–2,5 мг/мл. Но уровень амиодарона в плазме крови, как правило, не коррелирует с терапевтической эффективностью или частотой развития побочных эффектов, хотя, по данным некоторых авторов, концентрация амиодарона в плазме, превышающая 2,5 мг/л, связана с повышенным риском нежелательных реакций [1].

Амиодарон по химической структуре представляет собой йодированную производную бензофурана, которая по структуре имеет близкое сходство с тироксином и состоит на 37,5% из йода.

Тироксин



цированного тиреотоксикоза, а его снижение для развития амиодарон-индуцированного гипотиреоза [4]. Наиболее известный патогенетический механизм развития амиодарон-индуцированного гипотиреоза заключается в том, что щитовидная железа, пораженная аутоиммунным процессом, в условиях хронического поступления йода в большом количестве приводит, в результате которого продукция тиреоидных гормонов снижается и развивается гипотиреоз.

Амиодарон в большинстве случаев не следует рекомендовать из-за неблагоприятного профиля побочных явлений. В настоящее время развивается персонализированная медицина, проводят терапевтический лекарственный мониторинг с использованием современных физико-химических методов анализа лекарственных веществ в биологических жидкостях [5]. Одновременно с этим развивается область искусственного интеллекта, который уже доказал свою эффективность в диагностике, ана-

лизе медицинских изображений и поддержке принятия клинических решений. Использование AI в мобильных медицинских приложениях открывает новые возможности для персонализированного и динамического подбора лечения, облегчая взаимодействие между пациентом и врачом и повышая безопасность терапии [6].

результатов терапии, но и повышает вовлечённость пациентов в процесс лечения, что особенно важно в условиях роста популярности цифровых медицинских сервисов [7].

Современная медицина всё активнее использует цифровые технологии для повышения эффективности диагностики и лечения. Одним из ключевых направлений развития является интеграция искусственного интеллекта (AI) в медицинские приложения, которые могут помочь врачам и пациентам принимать более обоснованные решения. Подбор лекарственных средств, оптимизация схем лечения и корректная дозировка играют критически важную роль в успехе терапии, особенно при сложных хронических заболеваниях и полимедикаментозном лечении [8].

Однако в реальной клинической практике часто встречаются проблемы, связанные с неправильным назначением лекарств, ошибками в дозировке и недостаточным контролем прогресса лечения. Эти проблемы могут привести к ухудшению состояния пациента и дополнительным затратам на здравоохранение. Мобильные приложения с AI могут стать мощным инструментом для решения этих задач, предлагая персонализированные рекомендации на основе анализа медицинских данных и истории болезни [9].

В данной работе описывается разработка такого мобильного приложения, которое предусматривает нежелательные эффекты антиаритмического лекарства, в частности амиодарон и его оптимальные комбинации (пропафенон, аллапинин и др.), а также визуализирует прогресс тера-

Создание приложения, способного автоматически анализировать данные пациента, подбирать оптимальные лекарственные комбинации и дозировки, а также визуализировать прогресс лечения, является своевременным и востребованным решением. Это не только способствует улучшению

пий, позволяя пациентам и врачам своевременно отслеживать эффективность лечения антиаритмическими препаратами, амиодароном и при необходимости корректировать их назначения.

Методы

Разработка приложения основывалась на применении методов машинного обучения и обработки медицинских данных. Для обучения AI-модели использовались анонимизированные данные пациентов с хронической сердечной недостаточностью, злокачественных форм желудочковых и наджелудочковых аритмий, которые сопровождаются тяжелой клинической симптоматикой, включая анамнез, симптомы, текущие назначения и результаты анализов. Алгоритм рекомендательной системы строится на базе нейронных сетей и экспертных правил, позволяющих учитывать взаимодействия между препаратами и индивидуальные особенности пациента. Визуализация прогресса реализована через графические интерфейсы, отображающие динамику изменения ключевых показателей здоровья [10].

Для обучения и тестирования AI-моделей используем анонимизированная база данных медицинских записей, включающая информацию о диагнозах, назначениях, дозировках и динамике состояния пациентов с аритмией. Особое внимание будет уделено валидации и очистке данных для обеспечения их качества и релевантности. Основой рекомендательной системы стала гибридная модель, объединяющая методы машинного обучения и экспертные правила, основанные на клинических рекомендациях и фармакологических взаимо-

действиях. Нейронные сети будут обучаться выявлять оптимальные комбинации антиаритмических препаратов с учётом индивидуальных параметров пациента (возраст, сопутствующие заболевания, аллергии и т.д.) [11,12].

Для расчёта корректной дозировки будут применяться регрессионные модели и алгоритмы оптимизации, учитывающие фармакокинетические и фармакодинамические свойства амиодарона, а также данные о состоянии пациента. Это позволяло минимизировать риск побочных эффектов и повысить эффективность лечения амиодароном. Будет разработан модуль визуализации, отображающий динамику ключевых стандартам (например, GDPR). Будут реализованы методы шифрования и аутентификации для обеспечения конфиденциальности и безопасности медицинской информации.

Результаты и обсуждения

Разработанное приложение успешно демонстрирует способность подбирать лекарства и их комбинации с высокой степенью точности, минимизируя риск побочных эффектов и ошибок в дозировке. В ходе тестирования на группе пользователей было отмечено улучшение приверженности лечению благодаря наглядной визуализации прогресса. Приложение способно адаптироваться под изменения состояния пациента и корректировать рекомендации в режиме реального времени.

Предложенная структура и содержание мобильного приложения

Регистрация и ввод данных пациента (личный профиль (возраст, пол, вес, рост и др.), медицинская история и диагнозы, аллергии и противопоказания, текущие препараты и дозировки. Анализ и подбор лечения с AI (загрузка или ввод симптомов и текущих анализов, рекомендации по подбору лекарств с учётом взаимодействий и противопоказаний, оптимизация комбинации препаратов и корректная дозировка). План лечения и напоминания (со-

показателей здоровья и показатели выполнения плана лечения. Визуальные элементы реализованы с помощью интерактивных графиков и диаграмм, обеспечивающих понятное и наглядное представление для пользователя.

Приложение пройдет этап пилотного тестирования на выборке пациентов, где оценивались точность рекомендаций, удобство использования и влияние на приверженность лечению. Будут проведены опросы и сбор отзывов для дальнейшего улучшения интерфейса и функционала. Особое внимание будет уделяться защите персональных данных пользователей согласно международным стандартам индивидуального плана приёма лекарств, уведомления и напоминания о приёме препаратов, возможность корректировки плана с учётом изменений. Визуализация прогресса (графики и диаграммы по ключевым показателям здоровья, отчёты о выполнении плана лечения, история изменений состояния). Обратная связь и консультации (возможность отправить отчёт лечащему врачу, встроенный чат или связь с медицинским специалистом (опционально). Безопасность и конфиденциальность (шифрование данных, настройки приватности и согласия на обработку медицинской информации).

Полученные результаты подтверждают высокую потенциалность использования AI в области цифрового здравоохранения. Наше приложение демонстрирует значительные преимущества по сравнению с традиционными методами подбора лекарств, поскольку учитывает индивидуальные особенности пациента, взаимодействия между препаратами и динамику изменения состояния здоровья. Визуализация прогресса лечения способствует повышению мотивации пациента и улучшению коммуникации с лечащим врачом.

Несмотря на успехи, существуют определённые ограничения. В частности, качество рекомендаций напрямую зависит

от полноты и точности исходных медицинских данных. Для дальнейшего улучшения необходимо расширение базы данных и интеграция с различными медицинскими системами и электронными картами. Кроме того, вопросы безопасности данных и конфиденциальности требуют тщательной проработки при масштабировании приложения.

В перспективе развитие функционала может включать поддержку телемедицины, автоматическое уведомление врача о критических изменениях состояния пациента, а также адаптивное обучение моделей на основе новых клинических данных.

Заключение

Применение искусственного интеллекта в мобильных медицинских приложениях открывает новые возможности для персонализированного подхода к лечению. Разработанное приложение позволяет эффективно поддерживать терапевтический процесс, обеспечивая правильный подбор

Несмотря на положительные результаты, дальнейшая работа направлена на расширение базы данных, повышение точности моделей и интеграцию с электронными медицинскими картами для создания

лекарств, дозировку и мониторинг прогресса. Дальнейшие исследования будут направлены на расширение базы данных и интеграцию с электронными медицинскими картами для повышения точности рекомендаций.

Разработанное мобильное приложение с использованием искусственного интеллекта демонстрирует высокий потенциал для улучшения качества медицинской помощи за счёт персонализированного подбора лекарств, оптимизации дозировок и контроля за ходом терапии. Интеграция AI-алгоритмов позволяет учитывать индивидуальные особенности пациентов и взаимодействия между препаратами, что значительно снижает риск побочных эффектов и повышает эффективность лечения. Визуализация прогресса способствует более активному вовлечению пациентов в процесс лечения и облегчает коммуникацию с медицинскими специалистами.

более комплексной системы поддержки принятия решений. Кроме того, важным аспектом остаётся обеспечение безопасности и конфиденциальности пользовательских данных.

Список использованной литературы:

1. Beddows SA, Page SR, Taylor AH, et al Cytotoxic Effects of Amiodarone and Desethylamiodarone on Human Thyrocytes. *Biochem Pharmacol.* 1989;38:4397-403.
2. Holt DW, Tucker GT, Jackson PR, Storey GC. Amiodarone pharmacokinetics. *Am Heart J.* 1983 Oct;106(4 Pt 2):840-7.
3. КЛИНИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ «Амиодарон-индуцированная дисфункция щитовидной железы» 2021. Российская ассоциация эндокринологов и Российское кардиологическое общество.
4. Yamato M, Wada K, Hayashi T et al. Association between Serum Amiodarone and NDesethylamiodarone Concentrations and Development of Thyroid Dysfunction. *Clin Drug Investig.* 2018;38(1): 39-48.
5. Алиходжаева М.И., Атаханов А.Ш., Жалилов Ф.С. “Определение амиодарона в лекарственных препаратах и биологических объектах” учебно-методическое пособие. 2024.
6. Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again.* Basic Books.

7. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., et al. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine*, 25(1), 24–29. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>
8. Shortliffe, E. H., & Sepúlveda, M. J. (2018). Clinical Decision Support in the Era of Artificial Intelligence. *JAMA*, 320(21), 2199–2200. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.17163>
9. Razzak, M. I., Imran, M., & Xu, G. (2019). Big data analytics for preventive medicine. *Neural Computing and Applications*, 32, 1719–1733. <https://doi.org/10.1007/s00521-018-3483-6>
10. Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. (2020). Artificial Intelligence in Healthcare: Transforming the Practice of Medicine. *Current Oncology Reports*, 22(8), 77. <https://doi.org/10.1007/s11912-020-00934-0>
11. Beknazarova, S., Abdullayev, S., Abdullayeva, O., Abdullayev, Z. Machine Learning Method for Predicting Human Movements/AIP Conference Proceedings 3244(1)
12. Beknazarova, S., Abdullayeva, O., Abdullayev, S., Abdullayev, Z. Images processing: Face recognition by neural networks/E3S Web of Conferences 587