

ных механизмов СЛР (компрессия-декомпрессия, с применением клапана или без и т. д.) на коронарное перфузионное давление, что является особенно актуальным для прогнозирования исхода реанимационных мероприятий в разных условиях проведения СЛР.

Л и т е р а т у р а

1. Сердечно-легочная реанимация / В. В. Мороз, И. Г. Бобринская, В. Ю. Васильев [и др.]. – М.: ФНКЦ РР, МГМСУ, НИИОР, 2017. – 60 с.
2. Фролов, С. В. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Н. Ветров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 1 (40). – С. 3–4. – DOI 10.26102/2310-6018/2023.40.1.007. – EDN RKNHVM.
3. Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией на основе нейронной сети / С. В. Фролов, А. А. Коробов, Д. Ш. Газизова, А. Ю. Потлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – № 2 (38). – С. 79–94. – DOI 10.21685/2227-8486-2021-2-5. – EDN GWHODK.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА И СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПАЛАТ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ И РЕАНИМАЦИИ

А. Ю. Ушаков, С. В. Фролов

*Тамбовский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Рассмотрена перспективная концепция интеграции цифрового двойника пациента и клинической системы поддержки принятия решений в работу отделений интенсивной терапии и реанимации. Проанализированы потенциальные преимущества данного подхода, включая прогнозирование осложнений, персонализацию терапии и снижение нагрузки на медицинский персонал. Освещены ключевые технологические вызовы и этические аспекты внедрения.

Ключевые слова: цифровой двойник, клиническая система поддержки принятия решений (СППР), интенсивная терапия, реанимация, искусственный интеллект, персонализированная медицина.

APPLICATION OF DIGITAL TWIN AND MEDICAL SYSTEM OF SUPPORTING DECISION-MAKING IN INTENSIVE CARE UNIT

A. Y. Ushakov, S. V. Frolov

Tambov State Technical University, Russian Federation

This article examines the promising concept of integrating a patient's digital twin and a clinical decision support system into intensive care unit workflows. The potential benefits of this approach are analyzed, including predicting complications, personalizing therapy, and reducing the workload of medical staff. Key technological challenges and ethical aspects of implementation are highlighted.

Keywords: digital twin, clinical decision support system (CDSS), intensive care, resuscitation, artificial intelligence, personalized medicine.

Отделения интенсивной терапии и реанимации являются зоной повышенной медицинской ответственности, где от скорости и точности принятия решений напрямую зависит жизнь пациента. Врачи-реаниматологи сталкиваются с огромными массивами гетерогенных данных: показатели мониторингового наблюдения (ЭКГ, АД, SpO₂), данные лабораторных и инструментальных исследований, информация от ды-

хательных аппаратов и инфузионных насосов. Обработка этого потока в режиме реального времени представляет значительную нагрузку и несет в себе риск человеческой ошибки.

Современное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения и открывает новые возможности для трансформации ОРИТ. Одной из наиболее подходящей концепций является создание комплексной системы, объединяющей цифрового двойника (ЦД) пациента и интеллектуальную систему принятия врачебных решений (СППР).

Цифровой двойник в контексте интенсивной терапии – это не статичная запись в медицинской карте, а высокоточная, динамическая, математическая и программная модель конкретного пациента, которая обновляется в режиме реального времени на основе поступающих с медицинских устройств и информационных систем данных [1, с. 45].

Ключевые компоненты ЦД в ОРИТ включают:

1. Данные в реальном времени: потоковые данные с мониторов, вентиляторов, наркозно-дыхательной аппаратуры, инфузионных помп.

2. Физиологическое моделирование: модели сердечно-сосудистой системы, газообмена в легких, фармакокинетики и фармакодинамики вводимых препаратов, метаболизма [3, с. 112].

3. Исторические и геномные данные: интеграция данных анамнеза, генетических особенностей, влияющих на метаболизм лекарств.

При такой постановке задачи, ЦД становится базой данных конкретного пациента, в которой можно в режиме, близком к реальному времени, тестировать гипотезы о состоянии пациента и прогнозировать ответ на терапевтические вмешательства.

Система поддержки принятия врачебных решений в этой системе – интеллектуальный аналитик. СППР в данной связке выступает в роли аналитического движка, который интерпретирует состояние цифрового двойника. Используя алгоритмы машинного обучения и правила, выведенные из клинических рекомендаций и больших данных (*big data*), СППР решает несколько критически важных задач:

1. Раннее предупреждение об ухудшениях: выявление незначительных изменений в показателях, которые могут предшествовать развитию сепсиса, острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), кардиогенного шока или других жизнеугрожающих состояний за несколько часов до их проявления [2, с. 78].

2. Персонализация протоколов лечения: стандартные протоколы вентиляции легких или инотропной поддержки могут быть адаптированы под конкретного пациента путем симуляции их воздействия на его ЦД. Это позволяет выбрать оптимальный режим ИВЛ, дозу вазопрессора или антибиотика [3, с. 23].

3. Оптимизация лекарственной терапии: моделирование фармакокинетики позволяет предсказать пиковую концентрацию препарата в крови и избежать токсических эффектов, либо, наоборот, обеспечить ее терапевтический уровень.

4. Автоматизация рутинных задач: система может предлагать или (под контролем врача) автоматически корректировать настройки инфузионных насосов для поддержания целевого артериального давления или уровня глюкозы.

Интеграция цифрового двойника пациента и интеллектуальной системы поддержки принятия решений представляет собой следующий логический шаг в эволюции интенсивной терапии. Эта технология способна перевести реаниматологию из реактивной, где действия направлены на уже возникшие осложнения, в проактивную парадигму.

Литература

1. Digital twins in health care: ethical implications of an emerging paradigm / K. Bruynseels [et al.]. – Journal of Medical Ethics. – 2018. – № 44 (12). – P. 45–50.
2. Effect of a machine learning-based severe sepsis prediction algorithm on patient survival and hospital length of stay: a randomised clinical trial / D. W. Shimabukuro [et al.] // BMJ Open Respiratory Research. – 2017. – № 4 (1), e000234. – P. 76–80.
3. Computational approaches to acute critical illness and injury // T. D. Bennett, P. E. DeWitt. – Current Opinion in Critical Care. – 2022. – № 28 (1). – P. 21–28.

УМНАЯ ТАБЛЕТНИЦА ДЛЯ СЛЕПЫХ**Е. П. Евстигнеева, М. А. Любавина, С. В. Фролов***Тамбовский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Статья посвящена разработке инновационной таблетницы, предназначенной специально для слабовидящих и незрячих пользователей. Основное внимание уделено решению проблемы самостоятельного приема лекарств людьми с ограниченными возможностями зрения. Описаны конструктивные особенности устройства, позволяющие обеспечить тактильную идентификацию препаратов, включая использование рельефных обозначений и звуковых подсказок для предотвращения путаницы.

Ключевые слова: устройство, лекарства, слепой, будильник, ограниченные возможности, доступность.

SMART PILL CONTAINER FOR THE BLIND**E. P. Evstigneeva, M. A. Lyubavina, S. V. Frolov***Tambov State Technical University, Russian Federation*

This article explores the development of an innovative pillbox designed specifically for visually impaired and blind users. It focuses on solving the problem of self-medication for people with visual impairments. It describes the device's design features that enable tactile identification of medications, including the use of raised markings and audio cues to prevent confusion.

Keywords: device, medication, blind, alarm clock, disabilities, accessibility.

Традиционные таблетницы, подразделяемые на временные сегменты согласно дню недели и периоду суток, ориентированы преимущественно на визуальное восприятие, что создает значительные ограничения для лиц с выраженными нарушениями оптико-визуальных функций. Индивид с полной или частичной потерей зрения оказывается неспособным объективно верифицировать факт принятия препарата, дифференцировать отделения, соответствующие различным дням и временным интервалам. Несмотря на потенциальную полезность тактильной идентификации элементов структуры устройства, остаются нерешенными ключевые проблемы когнитивного напоминания и оперативного контроля последовательности приема лекарственных средств. Стандартный мобильный таймер, настроенный на определенное время, информирует лишь о наступлении заранее установленного временного интервала, однако не обеспечивает необходимого уровня специфической обратной связи относительно наименования конкретного препарата и его требуемой дозировки, что критично влияет на соблюдение терапевтического протокола и клинический исход лечения. Решением этой проблемы становится умная таблетница с будильником, разработанная с учетом потребностей незрячих и слабовидящих людей.