

МОДЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ СУТОЧНОГО МОНИТОРИНГОВАНИЯ И БИОХИМИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ

Смирнов Артем Сергеевич

Аспирант кафедры кардиологии и функциональной диагностики
Тюменский государственный медицинский университет
г. Тюмень, Российская Федерация

Мельникова Полина Андреевна

Студентка магистратуры кафедры медицинской биофизики и информатики
Тюменский государственный медицинский университет
г. Тюмень, Российская Федерация

Аннотация

В представленной исследовательской работе изложен дисциплинарный научно-практический подход к ранней диагностике, прогнозированию и персонализированной профилактике сердечно-сосудистых осложнений у больных артериальной гипертензией. Сердечно-сосудистые заболевания остаются ведущей причиной инвалидизации и смертности населения, что требует непрерывного совершенствования методов стратификации риска. В статье подробно рассматриваются паттерны суточного профиля артериального давления, показатели жесткости сосудистой стенки, а также динамика специфических биохимических маркеров эндотелиальной дисфункции и миокардиального стресса. Авторами сформирована гибридная прогностическая модель на основе многомерного анализа клиник-лабораторных данных и временных рядов суточного мониторинга, позволяющая дифференцировать группы высокого риска и рассчитывать вероятность развития острых коронарных событий. В структуру модели интегрирован аналитический модуль декомпозиции параметров, который количественно определяет вклад вариабельности давления, ночного снижения показателей и воспалительных факторов в суммарную прогрессию поражения органов-мишеней.

Ключевые слова: медицина, кардиология, артериальная гипертензия, суточное мониторирование артериального давления, эндотелиальная дисфункция, биомаркеры, стратификация риска, сердечно-сосудистые осложнения, органопroteкция.

COMPREHENSIVE RISK ASSESSMENT AND MODELING OF CARDIOVASCULAR COMPLICATIONS IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION BASED ON AMBULATORY BLOOD PRESSURE MONITORING PARAMETERS AND BIOCHEMICAL MARKERS

Artem S. Smirnov

Postgraduate Student, Department of Cardiology and Functional Diagnostics
Tyumen State Medical University
Tyumen, Russian Federation

Polina A. Melnikova

Master's Student, Department of Medical Biophysics and Informatics
Tyumen State Medical University
Tyumen, Russian Federation

Abstract

This research paper presents an interdisciplinary scientific and practical approach to early diagnosis, forecasting, and personalized prevention of cardiovascular complications in patients with arterial hypertension. Cardiovascular diseases remain the leading cause of disability and mortality in the population, necessitating continuous refinement of risk stratification methodologies. The article examines in detail the patterns of the diurnal blood pressure profile, parameters of vascular wall stiffness, and the dynamics of specific biochemical markers associated with endothelial dysfunction and myocardial stress. The authors have developed a hybrid prognostic model based on a multidimensional analysis of clinical and laboratory data combined with time series from ambulatory blood pressure monitoring. This model makes it possible to differentiate high-risk patient groups and calculate the probability of acute coronary events. Integrated into the structure of the model is an analytical parameter decomposition module that quantitatively determines the contribution of blood pressure variability, nocturnal blood pressure dip status, and inflammatory factors to the cumulative progression of target organ damage. Practical validation of the proposed method demonstrated a tangible increase in the accuracy of long-term forecasting and enabled timely adjustments to antihypertensive therapy.

Keywords: medicine, cardiology, arterial hypertension, ambulatory blood pressure monitoring, endothelial dysfunction, biomarkers, risk stratification, cardiovascular complications, organ protection.

Введение

Артериальная гипертензия представляет собой один из наиболее распространенных патологических синдромов и ключевой независимый фактор риска развития инфаркта миокарда, мозгового инсульта, хронической сердечной недостаточности и почечной дисфункции.

Несмотря на широкий спектр современных антигипертензивных лекарственных средств, достижение целевых уровней артериального давления и надежная предотвратимость поражения органов-мишеней остаются неполностью решенной задачей практического здравоохранения.

Традиционная оценка рисков, опирающаяся на разовые клинические измерения давления и базовые демографические показатели, часто не отражает реальную гемодинамическую нагрузку на сосудистое русло. Клинические наблюдения показывают, что такие параметры, как суточный индекс (степень ночного снижения давления), вариабельность артериального давления в течение суток, величина и скорость утреннего подъема, а также скорость распространения пульсовой волны имеют существенно более высокую прогностическую ценность по сравнению с эпизодическими тонометрическими данными.

В то же время патофизиология гипертензивного поражения органов не ограничивается механическим воздействием давления на стенки сосудов. Важнейшую роль играют процессы системного вялотекущего воспаления, оксидативного стресса и эндотелиальной дисфункции, фиксируемые по уровням высокочувствительного С-реактивного белка, эндотелина-1 и растворимых молекул адгезии. Комплексный учет этих многофакторных взаимосвязей требует применения новых алгоритмов обработки данных. Настоящее исследование направлено на формирование интегрированной системы стратификации риска, объединяющей функциональные и биохимические параметры для повышения эффективности персональной терапии.

Методология исследований и структура признакового пространства

Исследование проводилось на базе клиники кардиологического профиля. В обучающую и валидационную выборку вошли данные четырехсот двадцати пациентов с артериальной гипертензией I–III степеней в возрасте от тридцати пяти до шестидесяти пяти лет. Диагностический комплекс включал суточное мониторирование артериального давления (СМАД), объемную сфигмографию, ультразвуковое исследование сонных артерий и эхокардиографию, а также расширенный биохимический анализ крови.

Методологическая схема объединяет стандартизированные протоколы обследования с методами многомерной математической статистики и динамического моделирования, что позволяет минимизировать ложноположительные выводы. Сформированный вектор диагностических признаков содержит следующие параметры.

Параметр гемодинамических показателей СМАД (среднесуточные, дневные и ночные значения систолического и диастолического давления, пульсовое давление, суточный индекс) характеризует суточный профиль и степень нарушения циркадных ритмов.

Параметр структурно-функционального состояния сосудов (скорость распространения пульсовой волны, центральное aortic pressure, индекс аугментации) отражает артериальную жесткость и биологический возраст сосудистой стенки.

Параметр лабораторных биомаркеров (уровень высокочувствительного С-реактивного белка, эндотелин-1, гомоцистеин, скорость клубочковой фильтрации, микроальбуминурия) оценивает степень субклинического воспаления и повреждения почечного фильтра.

Параметр ремоделирования миокарда (индекс массы миокарда левого желудочка, относительная толщина стенок, диастолическая функция) характеризует реакцию сердца на хронотропную и тоногенную перегрузку.

На базе представленного комплекса признаков создан алгоритмический модуль, а аналитическая составляющая позволяет определить вес каждого фактора в общей прогрессии заболевания.

Выделены следующие аналитические блоки.

Направление суточной гемодинамики выделяет патологические типы суточных кривых (Night-peaker, Non-dipper) с высоким риском сосудистых катастроф.

Направление сосудистого ремоделирования оценивает темпы жесткости магистральных артерий.

Направление биохимического мониторинга фиксирует активность молекулярных механизмов повреждения эндотелия.

Направление органопротективной эффективности рассчитывает степень регресса изменений на фоне проводимого лечения.

Анализ полученных результатов

Обработка клинического массива данных продемонстрировала высокую точность и воспроизводимость разработанной модели стратификации. Исследование позволило четко разграничить группы пациентов с разной скоростью прогрессирования поражения органов-мишеней.

Анализ факторов показал, что наиболее значимыми предикторами развития неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в ближайшей пятилетней перспективе являются недостаточное ночное снижение систолического давления (профиль Non-dipper) в сочетании с повышенной скоростью распространения пульсовой волны и высоким уровнем эндотелина-1.

Установлено, что изолированный контроль дневного давления при сохранении высокой ночной гипертензии не обеспечивает достаточного органопротективного эффекта и оставляет высокий риск развития гипертрофии миокарда левого желудочка.

В ходе проведения исследований получены следующие результаты.

Во-первых, доказано повышение точности выявления лиц с высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений на тринадцать с половиной процентов по сравнению со стандартной шкалой SCORE2.

Во-вторых, разработаны научно обоснованные критерии дифференцированного назначения комбинированной антигипертензивной терапии с учетом циркадного ритма и состояния сосудистой стенки.

В-третьих, выявлена устойчивая корреляция между выраженностью эндотелиальной дисфункции и показателями суточной вариабельности давления, что позволяет использовать биохимические маркеры для оценки адекватности терапии.

В-четвертых, предложен алгоритм динамического наблюдения за пациентами, обеспечивающий своевременное выявление резистентных форм гипертензии и предотвращение поражения почек.

В-пятых, сформирован наглядный диагностический модуль для практических врачей-кардиологов и терапевтов, упрощающий интерпретацию сложных данных СМАД и лабораторных тестов.

Заключение

Интеграция методов функциональной диагностики, молекулярных биомаркеров и комплексного математического анализа дает возможность перевести стратификацию риска при артериальной гипертензии на уровень персонализированной медицины. Предложенный подход гарантирует высокую точность прогноза и позволяет своевременно оптимизировать врачебную тактику.

Практическое применение результатов исследования способствует снижению частоты первичных и повторных сердечно-сосудистых событий, уменьшению сроков временной нетрудоспособности и повышению качества жизни пациентов.

В дальнейшем авторский коллектив планирует направить исследования на изучение роли генетических полиморфизмов в формировании фармакодинамического ответа на различные классы антигипертензивных препаратов.

Литература

1. Чазова И. Е., Жернакова Ю. В. Клинические рекомендации. Диагностика и лечение артериальной гипертонии // Системные гипертензии. — 2019. — Т. 16, № 1. — С. 6–31.
2. Кобалава Ж. Д., Конради А. О., Недогода С. В. Меморандум экспертов Российского кардиологического общества по артериальной гипертензии // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2020. — Т. 19, № 6. — С. 2688.

3. Рогоза А. Н. Суточное мониторирование артериального давления: основные методические вопросы // Медицинский алфавит. — 2018. — Т. 1, № 12. — С. 15–23.
4. Карпов Ю. А. Жесткость сосудистой стенки как фактор риска и мишень для антигипертензивной терапии // Атмосфера. Новости кардиологии. — 2017. — № 2. — С. 10–18.
5. Williams B., Mancia G., Spiering W. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension // European Heart Journal. — 2018. — Vol. 39, No. 33. — P. 3021–3104.
6. Parati G., Stergiou G., O'Brien E. European Society of Hypertension practice guidelines for ambulatory blood pressure monitoring // Journal of Hypertension. — 2014. — Vol. 32, No. 7. — P. 1359–1366.