

Astrocytes in (Patho)Physiology of the Nervous System. – 2008. -P.177-200
https://doi.org/10.1007/978-0-387-79492-1_7

20. Zilberter, Y. A unique array of neuroprotective effects of pyruvate in neuropathology / Y. Zilberter, O. Gubkina, A. I. Ivanov // Front Neurosci. – 2015. – Vol. 9:17. doi: 10.3389/fnins.2015.00017. PMID: 25741230; PMCID: PMC4330789.

БИОМАРКЕРЫ В ДИАГНОСТИКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Волчкевич О.М.

*Гродненский государственный медицинский университет,
Гродно, Республика Беларусь*

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются одной из основных причин смертности во всем мире, вызывая значительные экономические и социальные потери. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2021 году ССЗ стали причиной почти 18 миллионов смертей, что составляет около 32% всех случаев летального исхода [17]. Эффективная диагностика и прогнозирование этих заболеваний имеют важное значение для снижения заболеваемости и улучшения качества жизни пациентов.

Биомаркеры, которые представляют собой молекулы, выявляемые в организме, играют значимую роль в клинической практике, позволяя проводить раннюю диагностику, оценивать прогрессирование заболевания и определять эффективность терапии. Эти молекулы могут варьироваться от белков и нуклеиновых кислот до метаболитов, каждый из которых имеет свои уникальные характеристики и клиническое применение [15].

Существующие биомаркеры, такие как тропонины, натрийуретические пептиды и С-реактивный белок, уже нашли широкое применение в практике и значительно улучшили возможности ранней диагностики инфаркта миокарда и сердечной недостаточности [8]. Однако, несмотря на успехи, многие аспекты взаимодействия биомаркеров и патофизиологии ССЗ все еще требуют дальнейшего изучения.

В последние годы наблюдается активный рост интереса к новым биомаркерам, таким как микроРНК и метаболиты, которые могут предложить дополнительные возможности для диагностики и мониторинга сердечно-сосудистых заболеваний [3]. Это открывает новые горизонты для персонализированного подхода в лечении, позволяя более точно прогнозировать риск развития ССЗ у различных групп населения.

Таким образом, изучение биомаркеров в контексте сердечно-сосудистых заболеваний представляет собой важную область науки, способствующую улучшению клинической практики и повышению эффективности лечения.

Классификация биомаркеров.

Биомаркеры можно классифицировать по различным критериям, что позволяет более четко определить их применение в клинической практике.

Одним из основных критериев является их химическая природа. В этом контексте биомаркеры могут быть разделены на белковые, нуклеиновые кислоты и метаболиты.

Белковые биомаркеры, такие как тропонины и натрийуретические пептиды, используются для диагностики острых и хронических сердечно-сосудистых заболеваний, позволяя быстро оценивать состояние пациента и необходимость в экстренной помощи [9]. Нуклеиновые кислоты, включая микроРНК, представляют собой перспективное направление для диагностики и прогноза, поскольку они могут отражать изменения на клеточном уровне, связанные с развитием ССЗ [3]. Метаболиты, такие как липиды и аминокислоты, также могут служить важными индикаторами метаболических изменений, которые предшествуют развитию сердечно-сосудистых заболеваний [5].

По функциональному назначению биомаркеры можно разделить на диагностические, прогностические и предиктивные. Диагностические биомаркеры, такие как тропонин Т, используются для подтверждения наличия заболевания, в то время как прогностические биомаркеры, такие как уровень С-реактивного белка, помогают оценить риск развития осложнений или рецидива заболевания [11]. Предиктивные биомаркеры позволяют прогнозировать ответ на определенные терапевтические вмешательства, что является ключевым элементом персонализированной медицины.

Еще одним важным аспектом классификации биомаркеров является их специфичность и чувствительность. Специфичные биомаркеры способны точно указывать на конкретные заболевания, в то время как чувствительные биомаркеры могут выявлять даже минимальные изменения в уровнях, что важно для ранней диагностики. Например, тропонин обладает высокой специфичностью к повреждению сердечной мышцы, что делает его незаменимым инструментом в экстренной кардиологии [9]. Однако следует отметить, что высокая чувствительность не всегда сопровождается высокой специфичностью, что может приводить к ложноположительным результатам.

Таким образом, классификация биомаркеров по различным критериям позволяет более глубоко понять их роль в диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний, а также способствует развитию новых подходов к их использованию в клинической практике.

Основные биомаркеры ССЗ.

Важность биомаркеров в диагностике сердечно-сосудистых заболеваний сложно переоценить. Определенные молекулы, выявляемые в крови, имеют значительное клиническое применение и помогают в раннем обнаружении, мониторинге и прогнозировании различных сердечно-сосудистых состояний.

Тропонин – белок, находящийся в сердечной мышце – является одним из наиболее специфичных и чувствительных биомаркеров для диагностики острого коронарного синдрома, включая инфаркт миокарда. Изменение уровня тропонина в крови наблюдается уже через 3-6 часов после повреждения сердечной мышцы и может оставаться повышенным до двух недель [9,10]. Высокие уровни тропонина указывают на повреждение миокарда, что позволяет врачам принимать решения о необходимости госпитализации и

дальнейшего лечения. Исследования показывают, что раннее определение уровня тропонина может значительно снизить смертность и улучшить исходы у пациентов с острым коронарным синдромом [15,10].

Натрийуретические пептиды, такие как BNP и его N-терминальный предшественник (NT-proBNP), играют важную роль в диагностике и мониторинге сердечной недостаточности. Эти пептиды выделяются сердцем в ответ на растяжение миокарда и повышенное давление в камерах сердца. Уровень BNP и NT-proBNP в крови может быть использован для дифференциации сердечной недостаточности от других причин одышки [12].

Исследования показывают, что высокие уровни этих пептидов связаны с ухудшением прогноза и повышенным риском сердечно-сосудистых событий [8,12]. В клинической практике их измерение становится стандартным методом для оценки состояния пациентов с сердечной недостаточностью.

C-реактивный белок (CRP) является маркером воспаления и используется для оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний. Повышенный уровень CRP связан с воспалительными процессами, что может способствовать атеросклерозу и другим сердечно-сосудистым заболеваниям [15]. Исследования показывают, что уровень CRP может предсказывать риск сердечно-сосудистых событий у пациентов с уже установленными заболеваниями, а также у здоровых людей [4]. Это делает CRP важным инструментом в оценке сердечно-сосудистого риска, однако его уровень может повышаться и при других воспалительных состояниях, что требует осторожного интерпретирования результатов [15].

Новые биомаркеры.

В последние годы наблюдается значительный интерес к новым биомаркерам, которые могут улучшить диагностику и прогнозирование сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ). Эти молекулы, включая микроРНК и метаболиты, открывают новые горизонты в понимании патофизиологии ССЗ и создания более персонализированных подходов к лечению.

МикроРНК (микроРНК) представляют собой небольшие некодирующие молекулы РНК, которые играют важную роль в регуляции генов. Исследования показывают, что микроРНК могут служить биомаркерами для различных сердечно-сосудистых заболеваний. Например, изменения в уровнях микроРНК-1 и микроРНК-133 были связаны с развитием и прогрессированием сердечной недостаточности и ишемической болезни сердца [14]. Эти молекулы могут не только указывать на наличие заболевания, но и предсказывать его прогрессирование, что делает их перспективными инструментами для ранней диагностики и мониторинга [16].

Метаболитомика, изучающая маломолекулярные метаболиты в биологических жидкостях, также открывает новые возможности для диагностики ССЗ. Например, уровень определенных аминокислот, таких как треонин и гистидин, может быть связан с риском развития коронарной болезни [15]. Исследования показывают, что изменения в метаболических путях могут предшествовать клиническим проявлениям заболеваний, что делает метаболиты важными кандидатами для использования в качестве биомаркеров [1].

Кроме того, исследование липидного профиля может помочь в оценке сердечно-сосудистого риска. Например, соотношение различных фракций липидов, таких как липопротеины низкой и высокой плотности, может дать более точную информацию о состоянии сосудов и риске атеросклероза [5]. В последние годы также наблюдается рост интереса к метаболитам, связанным с воспалением, которые могут служить индикаторами общего воспалительного статуса организма и предсказывать развитие ССЗ [1].

Несмотря на многообещающие результаты исследований, использование новых биомаркеров в клинической практике сталкивается с определенными проблемами. Во-первых, необходимо проводить стандартизированные исследования для проверки их специфичности и чувствительности. Во-вторых, требуется большая выборка данных, чтобы установить четкие пороговые значения для диагностики и прогноза. Тем не менее, текущие исследования показывают, что интеграция новых биомаркеров в практику может значительно улучшить результаты лечения и качество жизни пациентов с ССЗ.

Будущие направления исследований.

Будущее исследований в области биомаркеров сердечно-сосудистых заболеваний обещает значительные изменения в подходах к диагностике, лечению и профилактике. С учетом быстрого развития технологий и углубленного понимания молекулярных механизмов заболеваний можно выделить несколько основных направлений, которые могут изменить клиническую практику.

Одним из наиболее перспективных направлений является переход к персонализированной медицине, основанной на уникальных биомаркерных профилях пациентов. Этот подход позволяет учитывать индивидуальные генетические, метаболические и физиологические характеристики каждого человека, что, в свою очередь, может привести к более эффективным методам диагностики и лечения. Например, анализ генетических маркеров у пациентов с коронарной болезнью может помочь в определении оптимальной терапии и предупреждении осложнений. Исследования показывают, что индивидуализированные подходы могут значительно повысить эффективность лечения и улучшить качество жизни пациентов [13].

Другое важное направление – это интеграция различных методов для комплексной оценки состояния сердца. Использование комбинации биомаркеров, таких как тропонины, натрийуретические пептиды, микроРНК и метаболиты, позволит создать многофункциональные профили, которые помогут более точно оценить риск и тяжесть сердечно-сосудистых заболеваний. Такой подход может включать в себя также использование современных технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, для анализа больших объемов данных и предсказания сердечно-сосудистых событий [6].

Развитие технологий мониторинга, таких как носимые устройства, предоставляет новые возможности для долгосрочного наблюдения за пациентами с ССЗ. Эти устройства могут непрерывно отслеживать уровень биомаркеров, что позволит врачам своевременно реагировать на изменения состояния пациента. Например, использование носимых технологий для

мониторинга уровня сердечных биомаркеров может помочь в раннем выявлении рецидивов и ухудшения состояния [7].

Будущие исследования также будут сосредоточены на выявлении новых молекул, которые могут служить биомаркерами. Современные методы, такие как секвенирование нового поколения и протеомика, позволяют исследовать сложные биологические системы и находить ранее неизвестные молекулы, обладающие диагностическим потенциалом. Например, исследование экзосом, которые содержат микроРНК и другие биомолекулы, может открыть новые горизонты для диагностики и мониторинга ССЗ [3].

Не менее важным направлением является изучение этических и социальных аспектов использования биомаркеров в клинической практике. Обеспечение конфиденциальности данных, доступность новых технологий для всех слоев населения и информирование пациентов о рисках и преимуществах новых методов – все это требует тщательной проработки и обсуждения [2].

Таким образом, будущее исследований биомаркеров в области ССЗ выглядит многообещающе. Интеграция новых технологий, подходов и молекул в клиническую практику может значительно улучшить диагностику и лечение, а также повысить уровень здоровья населения в целом.

Заключение. Исследования биомаркеров в области сердечно-сосудистых заболеваний продолжают развиваться, открывая новые горизонты для диагностики, лечения и профилактики. На основе текущих данных можно утверждать, что биомаркеры, такие как тропонин, натрийуретические пептиды, С-реактивный белок, а также новые молекулы, включая микроРНК и метаболиты, играют важную роль в клинической практике. Их использование позволяет не только улучшить точность диагностики, но и повысить эффективность терапии, что в конечном счете приводит к улучшению качества жизни пациентов.

Перспективы дальнейших исследований в этой области выглядят многообещающе. Разработка персонализированных подходов к лечению, интеграция новых технологий и методов, а также внимание к этическим аспектам использования биомаркеров создают уникальные возможности для улучшения здоровья населения. Тем не менее, необходимо продолжать работу по стандартизации методов определения биомаркеров и проведению клинических испытаний для оценки их эффективности и безопасности.

В заключение, биомаркеры представляют собой мощный инструмент в арсенале клинической медицины. Их дальнейшее изучение и интеграция в практику способны значительно изменить подходы к управлению сердечно-сосудистыми заболеваниями и улучшить исходы для миллионов пациентов по всему миру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beuchel, C. Whole Blood Metabolite Profiles Reflect Changes in Energy Metabolism in Heart Failure / C. Beuchel, J. Dittrich, J. Pott [et al.] // *Metabolites*. – 2022. – Vol. 12(3). – P. 216.

2. Botkin, J. R. Ethical issues in pediatric genetic testing and screening / J. R. Botkin // *Curr Opin Pediatr.* – 2016. – Vol. 28(6). – P. 700-704.
3. Cheng, Y. The role of microRNAs in cardiovascular disease / Y. Cheng, J. Zhang // *Cardiovascular Research.* – 2020. – Vol. 116(3). – P. 563-576.
4. Cui, C. Joint association of TyG index and high sensitivity C-reactive protein with cardiovascular disease: a national cohort study / C. Cui, L. Liu, Y. Qi [et al.] *Cardiovasc Diabetol.* – 2024. – Vol. 23(1). – P. 156.
5. Ekroos, K. Lipid-based biomarkers for CVD, COPD, and aging – A translational perspective / K. Ekroos, O. Lavrynenko, B. Titz // *Prog Lipid Res.* – 2020. – Vol. 78. – P. 101030.
6. Esteva, A. A guide to deep learning in healthcare / A. A. Esteva // *Nature Medicine.* – 2019. – Vol. 25(1). – P. 24-29.
7. Hughes, A. Wearable Devices in Cardiovascular Medicine / A. Hughes, M. M. H. Shandhi, H. Master [et al.] // *Circ Res.* – 2023. – Vol. 132(5). – P. 652-670.
8. Januzzi, J. L. Natriuretic peptides in the diagnosis and management of heart failure / J. L. Januzzi, A. Camacho // *Journal of the American College of Cardiology.* – 2018. Vol. 71(1). – P. 1-14.
9. Kavsak, P.A. Cardiac troponin testing in cardiac surgery / P.A. Kavsak, E.P. Belley-Cote, R.P. Whitlock // *Expert Rev Cardiovasc Ther.* – 2023. Vol. 21(11). – P. 729-731.
10. Lazar, D.R. High-Sensitivity Troponin: A Review on Characteristics, Assessment, and Clinical Implications / D. R. Lazar, F. L. Lazar, C. Homorodean [et al.] // *Dis Markers.* – 2022. – Vol. 2022. – P. 9713326.
11. Plebani, M. Why C-reactive protein is one of the most requested tests in clinical laboratories? / M. Plebani // *Clin Chem Lab Med.* – 2023. Vol. 61(9). – P. 1540-1545.
12. Su, X. NT-proBNP in Different Patient Groups of COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis / X. Su, T. Lei, H. Yu [et al.] // *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* – 2023. – Vol. 18. – P. 811-825.
13. Tzeng, Y.-C. Personalized medicine in cardiovascular disease / Y.-C. Tzeng // *Journal of the American College of Cardiology.* – 2021. Vol. 74(8). – P. 1035-1044.
14. Wang, J. MicroRNA-1 and microRNA-133: key regulators of cardiac hypertrophy / J. Wang // *Journal of Molecular and Cellular Cardiology.* – 2016. – Vol. 90. – P. 32-42.
15. Wong, Y-K. Circulating Biomarkers for Cardiovascular Disease Risk Prediction in Patients With Cardiovascular Disease/ Y-K. Wong, H-F. Tse // *Front. Cardiovasc. Med.* – 2021. – Vol. 8. – P. 713191.
16. Wu, Y. Circulating microRNAs: Biomarkers of disease / Y. Wu, Q. Li, R. Zhang [et al.] // *Clin Chim Acta.* – 2021. – Vol. 516. – P. 46-54.
17. Всемирная организация здравоохранения. Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)). Дата доступа: 13.03.2025.