

УДК 303.722.23:616-003

А. П. ПОРВАН¹, Е. В. ВЫСОЦКАЯ¹, Е. И. ЧИЖИК¹, И. В. НОВИКОВА²¹ Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина² КУОЗ «Областная клиническая больница – Центр экстренной медицинской помощи и Медицины катастроф», Украина

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ РИСКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТ РАЗВИТИЯ ПОСТИНФАРКТНОГО СИНДРОМА

В статье рассмотрен подход к применению факторного анализа для выявления компонент, обуславливающих риск возникновения и развития постинфарктного синдрома (синдрома Дресслера), который может привести к повторному или рецидивирующему инфаркту миокарда. В результате проведённого анализа выявлены пять значимых факторов, включающих результаты проведения лабораторных и инструментальных исследований, антропометрические показатели, а также другие предвестники рецидивирующего нарушения коронарного кровообращения. Выделенные и систематизированные факторы могут являться основой для разработки математического и алгоритмического обеспечения автоматизированной системы скринингового мониторинга пациентов с перенесённым инфарктом миокарда.

Ключевые слова: факторный анализ, инфаркт миокарда, постинфарктный синдром, объяснённая дисперсия.

Введение

По данным Всемирной организации здравоохранения каждый год в мире от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) умирает 17,5 млн. человек. При этом от инфаркта миокарда (ИМ) 7,4 млн. Проблема повышения эффективности лечения и реабилитации больных с перенесённым ИМ является одной из важнейших в современной кардиологии, имеет большое медицинское и социальное значение [1, 2].

ИМ опасен не только тем, что вызывает значительное нарушение функций коронарного кровообращения, но и тем, что может приводить к развитию осложнений различного рода. Пациенты с ИМ нуждаются в адекватных лечебных мероприятиях, направленных на сохранение жизни и предотвращение угрожающих осложнений. Одним из них является синдром Дресслера или постинфарктный синдром (ПС). Это аутоиммунное поражение соединительной ткани в организме пациента, перенёвшего обширный ИМ. Проявляется лихорадкой, поражением перикарда, плевры, лёгочной ткани и суставных оболочек и развивается в 4% всех случаев на 10 - 14 день от развития ИМ [3].

Задача раннего выявления и мониторинга развития ПС является достаточно сложной и связана с тем, что данный синдром может протекать скрыто длительное время, с периодическими обострениями

и ремиссиями, нарушая качество жизни и самочувствие пациента. При этом большинство рискообразующих диагностических параметров слабо отличается как по виду, так и по структуре. Это накладывает свои ограничения на анализ регистрируемых данных.

Проведённый анализ направлений теоретических исследований в области эффективного управления рисками позволяет сделать вывод о том, что в этих исследованиях недостаточное внимание уделяется факторам, образующих эти риски [4].

Таким образом, актуальность задачи определяется необходимостью выявления рискообразующих компонент развития ПС с целью повышения точности его определения на ранних этапах развития, с последующим предотвращением угрожающих состояний и снижением общей летальности.

1. Анализ литературных источников

Диагностика ПС с использованием стандартных медицинских исследований принципиально ничем не отличается от диагностики других коронарных нарушений после перенесённого ИМ, основывается на интерпретации показателей общеклинического исследования, данных рентгенологического, электрокардиографического и лабораторных исследований в динамике и т.д. [5].

Однако при использовании стандартных методик диагностики ПС необходимо проанализировать более 100 качественных и количественных показателей. А это приводит к потере времени и лишним экономическим затратам как для пациента, так и для врача. [6, 7].

С целью уменьшения размерности пространства признаков на сегодняшний день широкое применение получили различные методы математической статистики. Так, в работе [8] описывается подход к определению факторов развития ПС и внезапной коронарной смерти в результате повторного ИМ с использованием метода Байеса. Однако, получаемое решение чувствительно к форме представления диагностической информации, что может сказаться на качестве принятия решения о дальнейших лечебно-профилактических мероприятиях.

В существующем способе определения предикторов возникновения рецидивирующих расстройств коронарного кровообращения, в том числе и ПС, используется регрессионная модель вероятности развития рецидивирующих расстройств [9]. В качестве исходных переменных были взяты результаты клинико-инструментальных исследований пациентов с перенесённым ИМ и выделены семь наиболее значимых факторов.

В работе Г. А. Кухарчика и др. для назначения качественной медицинской помощи при ПС с использованием метода экспоненциальной регрессии было определено, что существенный вклад в развитие данного синдрома вносят такие факторы, как возраст, многососудистое поражение коронарных артерий, нестабильность атеросклеротических бляшек и т.д. Значимость этих факторов определена с учётом времени до наступления кардиального события [10].

Недостатками рассмотренных методов является невысокая точность, субъективный характер выбора вида конкретной зависимости (формальная подгонка модели под эмпирический материал), отсутствие объяснения причинно-следственной связи.

В работе [11] представлена математическая модель прогнозирования синдрома Дресслера в результате неблагоприятного ремоделирования миокарда с использованием метода бинарной логистической регрессии. В качестве основных предикторов модели в результате последовательного анализа Вальда были отобраны морфофункциональные, клинические и ангиографические показатели, а также показатели МРТ с контрастированием миокарда. Недостатком предложенной модели является отсутствие учёта показателей, описывающих образ жизни пациента, косвенно влияющих на развитие исследуемого синдрома (продолжительность боли, наличие вредных привычек и т.д.).

Также для прогнозирования ПС нашёл применение логико-вероятностный подход [12, 13]. Так, в работе [12] используется алгоритм формирования набора критериев, определяющий предикторы для ремоделирования инфаркта миокарда и прогнозирования развития ПС. Недостатком данного алгоритма является учёт только стохастической информации, отсутствие возможности определения исхода заболевания по имеющимся фактическим количественным и качественным показателям, что снижает точность прогноза развития ПС.

При выявлении факторов, определяющих риск возникновения рецидивирующих осложнений ИМ, часто применяется математический аппарат искусственных нейронных сетей [14, 15]. Однако его использование может обеспечить успешное решение задачи (с точки зрения временных затрат разработчика) при выполнении двух условий: возможности использования универсального типа архитектуры нейронной сети и универсального алгоритма обучения (отсутствие необходимости в их разработке для каждого типа задач).

Наиболее приемлемым подходом к успешному снижению пространства признаков, определению влияния факторов на риск развития ПС и оценки роли каждого из них – является факторный анализ. Данный метод позволяет не только сузить пространство анализируемых признаков, но и найти такие комплексные оценки, которые наиболее полно могут объяснить наблюдаемые связи между имеющимися предикторами. Данный вид анализа также предоставляет возможность обнаружить латентные переменные, отвечающие за наличие линейных статистически достоверных корреляций между наблюдаемыми переменными [16].

Таким образом, **целью работы** является проведение факторного анализа для выявления рискообразующих компонент развития постинфарктного синдрома и снижения размерности пространства анализируемых признаков.

2. Определение факторов, влияющих на развитие постинфарктного синдрома

В результате предварительно проведённого дисперсионного анализа данных 102 показателей, которые регистрировались у 183-х пациентов с ИМ, был выделен 21 фактор риска развития ПС. В них вошли: пол; возраст; наличие сердечной недостаточности и её выраженность; наличие нарушений сердечного ритма; наличие кардиогенного шока; наличие отёка лёгких; наличие гипертонической болезни в анамнезе; наличие сахарного диабета (СД) в анамнезе; изменение показателя С-реактивного

белка (ЦРБ); наличие повреждения сердечных клапанов; величина очага поражения миокарда; ранее регистрируемый ИМ в анамнезе; отягощённая наследственность по ССЗ; наличие боли и ее локализация; периодичность боли; спонтанность боли; продолжительность боли; курение; малоподвижный образ жизни.

Для определения влияния каждого из них на развитие ПС и объединения в комплексные риск-образующие компоненты был применён факторный анализ.

Перед его выполнением, по результатам корреляционного анализа и построения корреляционных матриц, была проведена проверка целесообразности использования факторной модели с использованием теста сферичности Бартлетта.

После подтверждения гипотезы о целесообразности применения факторной модели для выделения главных факторов был использован метод главных компонент (МГК).

Число факторов для детерминированного факторного анализа было подтверждено методом каменной осыпи (критерий Кеттелла).

3. Обсуждение полученных результатов

В результате проверки целесообразности использования факторной модели было установлено, что уровень значимости теста Бартлетта $p < 0,05$, т.е. нулевая гипотеза об отсутствии корреляций между всеми показателями отклоняется и выполнение факторного анализа считается возможным.

С использованием МНК и ортогонального вращения *Equimax* были получены 5 факторов, объясняющие 85,375% общей дисперсии исходных признаков (табл. 1).

Таблица 1

Полная объяснённая дисперсия

Компонента	Начальные собственные значения		
	Всего	% Дисперсии	Кумулятивный %
1	6,786	19,880	19,880
2	5,383	18,195	38,076
3	4,374	17,489	55,565
4	3,371	16,421	71,986
5	2,327	14,390	85,375

Из таблицы 1 видно, что первая главная компонента объясняет 19,880% общей дисперсии, вторая – 18,195% и т.д.

Интерпретацию выделенных факторных признаков проводили с использованием матрицы вращённых компонент.

Использование критерия Кеттелла подтвердило адекватность выбора количества факторов (рис. 1). Компонентообразующим числом на построенном графике является место, где падение собственных значений слева направо представляет собой крутой склон, а расстояние между точками примерно равно единице. При этом собственное значение компонента должно быть больше единицы. Так, из рисунка видно, что резкое снижение собственных значений происходит до 5-го фактора.

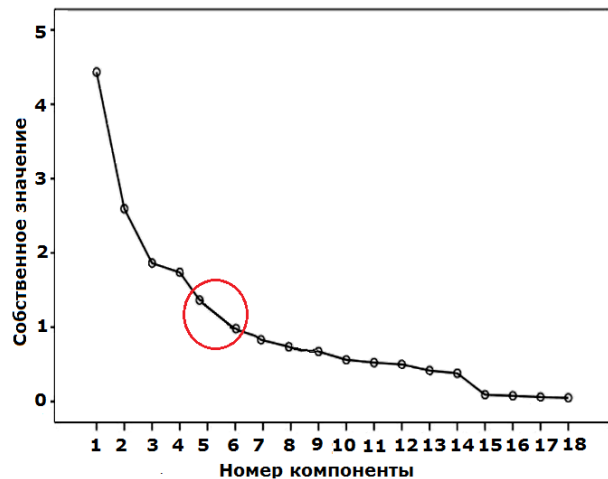


Рис. 1. График нормализованного пространства признаков

С целью лучшего распределения признаков по факторам было проведено вращение факторов методом *Equimax* с нормализацией Кайзера для исходных факторных нагрузок. При этом в качестве минимальной факторной нагрузки, при которой переменная является частью фактора, использовалась абсолютная величина, равная 0,4.

Было выявлено, что фактор 1 наиболее тесно связан с возрастом пациента – X1, и имеет обратную зависимость от пола – X2:

$$F1 = 0,627 * X1 - 0,801 * X2.$$

Фактор 2 наиболее тесно связан с наличием сердечной недостаточности – X3, её выразительностью – X4, наличием нарушений сердечного ритма – X5, наличием кардиогенного шока – X6, наличием отёка лёгких – X7, наличием гипертонической болезни в анамнезе – X8 и СД в анамнезе – X9, изменением показателя ЦРБ – X10; наличием повреждения сердечных клапанов – X11; величиной очага поражения миокарда – X12:

$$F2 = 0,676 * X3 + 0,603 * X4 + 0,585 * X5 + 0,507 * X6 + 0,505 * X7 + 0,498 * X8 + 0,491 * X9 + 0,488 * X10 + 0,436 * X11 + 0,415 * X12.$$

Фактор 3 наиболее тесно связан с ранее регистрируемым ИМ в анамнезе – X13 и отягощённой по ССЗ наследственностью – X14:

$$F3 = 0,805 * X13 + 0,705 * X14.$$

Фактор 4 наиболее тесно связан с курением – X15 и малоподвижным образом жизни пациента – X16:

$$F4 = 0,785 * X15 + 0,677 * X16.$$

Фактор 5 тесно связан с наличием боли – X17, её локализацией – X18, периодичностью – X19, спонтанностью – X20 и продолжительностью боли – X21:

$$F5 = 0,778 * X17 + 0,586 * X18 + \\ + 0,557 * X19 + 0,508 * \\ * X20 + 0,469 * X21.$$

Заключение

Для выявления комплексных факторов риска и определения связей между рискообразующими компонентами был использован МНК с ортогональным вращением *Equatax*. Проведённый факторный анализ позволил трансформировать 21-о мерное пространство признаков в пятимерное пространство объединённых факторов. Полученные факторы достоверно влияют на развитие постинфарктного синдрома и объясняют 85,38 % общей дисперсии пространства признаков.

Результаты проведённого анализа, определяющие возможность прогнозирования развития синдрома Дресслера, могут являться основой для разработки автоматизированной системы скринингового мониторинга в стационаре пациентов с перенесённым ИМ.

Литература

1. *Prevention of Recurrences of Myocardial Infarction and Stroke Study. The PREMISE programme: country projects [Electronic resource] / World health organization (WHO), Cardiovascular disease, 2016. – Режим доступу: http://www.who.int/cardiovascular_diseases/priorities/secondary_prevention/country/en/index1.html. – 23.06.2017.*
2. *Захворюваність населення за даними Міністерства охорони здоров'я [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. – 22.02.2017.*
3. *Синдром Дресслера (постинфарктний синдром) [Електронний ресурс] / Медицинский журнал "МЖ": статьи врачей пациенту; ред. О. Ю. Сазыкина. – Режим доступу: <http://www.medicalj.ru/>*

diseases/cardiology/1263-sindrom-dresslera. – 29.09.2016.

4. *Романов, В. А. Рискообразующие факторы: характеристика и влияние на риски [Текст] / В. А. Романов // Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах. – НПО "Омега", 2003. – С. 45-49.*

5. *Ледовской, А. С. О синдроме Дресслера [Электронный ресурс] / А. С. Ледовской // Математическая морфология: электронный математический и медико-биологический журнал. – 1998. – Т. 3, № 1. – Режим доступу: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-4-html/14.htm>. – 1.11.1998.*

6. *Feola, Alessandro. Pericarditis Epistenocardica or Dressler Syndrome? An Autopsy Case [Electronic resource] / Alessandro Feola, Noè De Stefano, Bruno Della Pietra // Case Reports in Medicine. – 2015. – Vol. 1. – P. 1-3. – Access mode: <http://downloads.hindawi.com/journals/crim/2015/215340.pdf>. – 5.07.2015. DOI: 10.1155/2015/215340.*

7. *Dressler, W. The post-myocardial infarction syndrome: A report of forty four cases [Text] / W. Dressler // Archives of Internal Medicine. – 1959. – Vol. 103 (1). – pp. 28-42. DOI: 10.1001/archinte.1959.00270010034006.*

8. *Галаченко, О. О. Особливості клінічного статусу пацієнтів, госпіталізованих із приводу гострого інфаркту міокарда [Текст] / О. О. Галаченко, О. М. Очердько, В. В. Галаченко // Вісник проблем біології і медицини. – 2014. – Вип. 1 (106). – С. 80-83.*

9. *Чернецов, В. А. Предикторы возникновения рецидивирующих расстройств коронарного кровообращения у больных крупноочаговым инфарктом миокарда после тромболитической терапии [Электронный ресурс] / В. А. Чернецов, А. Л. Господаренко // Российский кардиологический журнал. – 1999. – № 6. – Режим доступу: <https://medi.ru/info/8620/> – 01.06.2000.*

10. *Кухарчик, Г. А. Состояние качества медицинской помощи при постинфарктном синдроме [Текст] / Г. А. Кухарчик, С. М. Михайлов, У. В. Воронина // Менеджмент качества в сфере здравоохранения и социального развития. – 2012. – № 4. – С. 66-70.*

11. *Morozova (Pavlova), A. Correlation between biomarkers levels and types of postinfarction remodeling according to cardiac magnetic resonance imaging [Text] / A. Morozova (Pavlova), N. Nesterova // European Journal of Heart Failure Supplements. – 2012. – Vol. 11, Suppl. 1. – P. 1118.*

12. *Yufang, Jin. Multi-Scale Modeling and Analysis of Left Ventricular Remodeling Post Myocardial Infarction: Integration of Experimental and Computational Approaches [Text] / Jin Yufang, Merry L. Lindsey // Application of Machine Learning. – 2010. – P. 270 – 276. DOI: 10.5772/8609.*

13. *Ступелис, И. Г. Прогнозирование в кардиологии [Текст] / И. Г. Ступелис, А. В. Струтынский.*

– Вильнюс : Арисмос, 2004. – 163 с.

14. Прогнозирование синдрома Дресслера у больных инфарктом миокарда с использованием нейронных сетей [Текст] / С. Е. Головенкин, Д. А. Россиев, В. А. Шульман, Г. В. Матюшин [и др.] // *Нейроинформатика и ее приложения : тез. докл. VI Всероссийского семинара, Октябрь 1998 г. – Красноярск, 1998. – С. 37.*

15. Абрамов, Н. В. Информационные системы в медицине [Текст] : учеб. пособие / Н. В. Абрамов. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2008. – 171 с.

16. Методы статистической обработки медицинских данных [Текст] : метод. рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников / А. Г. Кочетов, О. В. Лянз, В. П. Масенко, И. В. Жиров [и др.] ; Рос. кардиологический науч.-практ. комплекс. – М. : РКНПК, 2012. – 42 с.

References

1. *Prevention of Recurrences of Myocardial Infarction and Stroke*. The PREMISE programme: country projects. World health organization (WHO), Cardiovascular disease, 2016. Available at: http://www.who.int/cardiovascular_diseases/priorities/secondary_prevention/country/en/index1.html (accessed 23.06.2017).

2. *Zakhvoryuvanist' naseleynya za danymy Ministerstva okhorony zdorov'ya. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy* [Morbidity according to the Ministry of Health. State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua> (accessed 22.02.2017).

3. Sazykin, O. Ju. *Sindrom Dresslera (postinfarktyny sindrom)*. [Dressler's syndrome (postinfarction syndrome)]. *Medicinskij zhurnal "MZh": stat'i vrachej pacientu*. Available at: <http://www.medicalj.ru/diseases/cardiology/1263-sindrom-dresslera> (accessed 29.09.2016).

4. Romanov, V. A. Riskoobrazuyushchie faktory: kharakteristika i vliyanie na riski [Risk factors: characteristics and impact on risks]. *Modelirovanie i analiz bezopasnosti, riska i kachestva v slozhnykh sistemakh - Modeling and analysis of safety, risk and quality in complex systems*, 2003, NPO "Omega" Publ., pp. 45-49.

5. Ledovskoy, A. S. *O sindrome Dresslera*. [About Dressler's syndrome]. *Matematika morfologio elektronu matematika kaj medicina-biologia revuo*, 1998, vol. 3, no. 1. Available at: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-4-html/14.htm> (accessed 1.11.1998).

6. Feola, Alessandro., De Stefano, Noè., Della Pietra, Bruno. Pericarditis Epistenocardica or Dressler Syndrome? An Autopsy Case. *Case Reports in Medicine*, 2015, vol. 1, pp. 1-3. Available at: <http://downloads.hindawi.com/journals/crim/2015/215340.pdf> (accessed 5.07.2015). DOI: 10.1155/2015/215340.

7. Dressler, W. The post-myocardial infarction syndrome: A report of forty four cases. *Archives of In-*

ternal Medicine, 1959, vol. 103 (1), pp. 28-42. DOI: 10.1001/archinte.1959.00270010034006.

8. Halachenko, O. O., Ochered'ko, O. M., Halachenko, V. V. Osoblyvosti klinichnoho statusu patsiyentiv, hospitalizovanykh iz pryvodu hostroho infarktu miokarda [Features of clinical status of patients hospitalized with acute myocardial infarction]. *Visnyk problem biolohiyi i medytsyny – Bulletin problems of biology and medicine*, 2014, no. 1 (106), pp. 80-83.

9. Chernetsov, V. A., Gospodarenko, A. L. [Predictors of recurrent coronary artery disease in patients with large-focal myocardial infarction after thrombolytic therapy]. *Rossiyskiy kardiologicheskij zhurnal*, 1999, no. 6. Available at: <https://medi.ru/info/8620/> (accessed 01.06.2000).

10. Kukharchik, G. A., Mikhaylov, S. M., Voronina, U. V. Sostoyanie kachestva meditsinskoj pomoshchi pri postinfarktnom syndrome [State health care quality in the post-infarction syndrome]. *Menedzhment kachestva v sfere zdavoookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya - Quality Management in Healthcare and Social Development*, 2012, no. 4, pp. 66-70.

11. Morozova (Pavlova), A., Nesterova, N. Correlation between biomarkers levels and types of postinfarction remodeling according to cardiac magnetic resonance. *European Journal of Heart Failure Supplements*, 2012, vol. 11, Suppl. 1, pp. 1118.

12. Yufang, Jin., Lindsey, Merry L. Multi-Scale Modeling and Analysis of Left Ventricular Remodeling Post Myocardial Infarction: Integration of Experimental and Computational Approaches. *Application of Machine Learning*, 2010, pp. 270 – 276. DOI: 10.5772/8609.

13. Stupelis, I. G., Strutynskiy, A. V. *Prognozirovanie v kardiologii* [Prediction in cardiology]. Vilnius, Arismos Publ., 2004. 163 p.

14. Golovenkin, S. E., Rossiev, D. A., Shul'man, V. A., Matyushin, G. V., Mosina, V. A., Bobrova, O.P. at all *Prognozirovanie sindroma Dresslera u bol'nykh infarktomyokarda s ispol'zovaniem neyronnykh setey* [Forecasting of Dressler's syndrome in patients with myocardial infarction using neural networks]. *Tez. dokl. VI Vserossiyskogo seminar "Neuroinformatika i ee prilozheniya"* [Theses Doc. VI All-Russian Seminar "Neuroinformatics and its applications"]. Krasnoyarsk, 1998, pp. 37.

15. Abramov, N. V. *Informatsionnye sistemy v meditsine* [Information systems in medicine]. Nizhnevartovsk, Publishing House of Nizhnevartovsk. Humanit. University, 2008. 171 p.

16. Kochetov, A. G., Lyang, O. V., Masenko, V. P., Zhiron, I. V., Nakonechnikov, S. N., Tereshchenko S. N. at all *Metody statisticheskoy obrabotki meditsinskikh dannykh. Metodicheskie rekomendatsii dlya ordinatov i aspirantov meditsinskikh uchebnykh zavedeniy, nauchnykh rabotnikov* [Methods of statistical processing of medical data: Methodological recommendations for residents and graduate students of medical schools, researchers]. Moscow, Ros. kardiologicheskij nauch.-prakt. kompleks publ., 2012. 42 p.

Поступила в редакцію 17.05.2017, рассмотрена на редколлегии 12.06.2017

ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ РИЗИКОУТВОРЮЮЧИХ КОМПОНЕНТ РОЗВИТКУ ПОСТІНФАРКТНОГО СИНДРОМУ

А. П. Порван, О. В. Висоцька, О. І. Чижик, І. В. Новікова

Розглянуто застосування факторного аналізу для виявлення компонент ризику виникнення і розвитку постінфарктного синдрому (синдрому Дресслера), який може привести до повторного або рецидивуючого інфаркту міокарда. В результаті проведеного аналізу виявлено п'ять значущих чинників ризику, що включають результати лабораторних та інструментальних досліджень, які пов'язані з антропометричними показниками, наявністю серцевої недостатності та інших провісників рецидивуючого порушення коронарного кровообігу. Виділені і систематизовані фактори можуть бути основою для розробки математичного і алгоритмічного забезпечення автоматизованої системи скринінгового моніторингу пацієнтів з перенесеним інфарктом міокарда.

Ключові слова: факторний аналіз, інфаркт міокарда, постінфарктний синдром, пояснена дисперсія.

FACTOR ANALYSIS OF RISK-FORMING COMPONENTS OF DEVELOPMENT OF POSTINFARCTIC SYNDROME

A. Porvan, O. Vysotska, O. Chyzhyk, I. Novikova

The use of factor analysis to identify risk components for the emergence and development of postinfarction syndrome (Dressler's syndrome), which can lead to recurrent or recurrent myocardial infarction, is considered. As a result of the analysis, five significant risk factors were identified, including the results of laboratory and instrumental studies related to anthropometric indicators, the presence of heart failure and other harbingers of recurrent coronary circulation disorders. Isolated and systematization of factors can be the basis for the development of mathematical and algorithmic support of an automated screening monitoring system for patients with advanced myocardial infarction.

Keywords: factor analysis, myocardial infarction, postinfarction syndrome, explained variance.

Порван Андрей Павлович – канд. техн. наук, доцент кафедри Біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна, e-mail: porvan_a_p@mail.ua

Висоцька Елена Владимировна – д-р техн. наук, проф., професор кафедри Біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна, e-mail: olena.vysotska@nure.ua.

Чижик Елена Игоревна – студент факультета електронної і біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна, e-mail: chizhik_olena@mail.ru

Новікова Ирина Владимировна – канд. мед. наук, завідувачка Многопрофільної клініко-діагностическої лабораторії КУОЗ «ОКЛ-ЦЕМП і МК», e-mail: mkdl12@ukr.net.

Porvan Andrei – Candidate of Science, Associate Professor of Biomedical Engineering at Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkov, Ukraine, e-mail: porvan_a_p@mail.ua.

Vysotska Olena – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biomedical Engineering of Kharkov National University of Radio Electronics, Kharkov, Ukraine, e-mail: olena.vysotska@nure.ua.

Chyzhyk Olena – Student of the Faculty of Electronic and Biomedical Engineering of Kharkov National University of Radioelectronics, Kharkov, Ukraine, e-mail: chizhik_olena@mail.ru.

Novikova Irina – MD, Head of the Multidisciplinary Clinical Diagnostic Laboratory of the Comprehensive Health Care Institution "Regional Clinical Hospital - Center for Emergency Medical Care and Disaster Medicine", e-mail: mkdl12@ukr.net.