

## **Формализация процесса определения показателя общего сердечно-сосудистого риска с учетом дополнительных факторов влияния**

*Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины  
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»*

Рассмотрены основные и дополнительные факторы влияния на общий сердечно-сосудистый риск с разделением последних на увеличивающие и уменьшающие его. Представлены количественные характеристики коэффициентов усиления и уменьшения факторов риска. Разработаны продукционные решающие правила, которые позволяют автоматизировать процесс определения риска и дают возможность получить количественную оценку изменений его степени в зависимости от модификации образа жизни.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистый риск, факторы риска, продукционные правила.

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти в мире. По оценкам Всемирной организации здравоохранения ежегодные потери от этих заболеваний достигают более 17 млн человек, что составляет 30 %. Из них 7,3 млн умирают от ишемической болезни сердца и 6,2 млн – в результате цереброваскулярной патологии. В Украине в 2012 г. количество взрослых, страдающих заболеваниями системы кровообращения, превысило 26,2 млн человек (из них 9 млн 600 тыс. лиц трудоспособного возраста), что составляет 38,2 % населения [1]. Этому способствует низкий уровень профилактики этих заболеваний среди населения. В последнее время много внимания уделяется определению общего (суммарного) сердечно-сосудистого риска, как одному из новых подходов профилактики.

Суммарный сердечно-сосудистый риск – это обобщенное значение сочетания тех или иных факторов риска, свидетельствующих об уровне прогнозируемого риска развития смертельных и несмертельных сердечно-сосудистых осложнений, который выражен в процентах. Концепция определения показателя, характеризующего суммарный сердечно-сосудистый риск, была разработана и внедрена в широкую клиническую практику в 90-х годах прошлого века. Основанием этому послужили результаты крупных проспективных исследований продолжительностью не менее десяти лет. Целью этих исследований являлось определение причинно-следственной связи между факторами риска (ФР) и развитием сердечно-сосудистых осложнений (инфаркта миокарда, мозгового инсульта). На основе этих результатов созданы модели, позволяющие у пациентов с наличием тех или иных ФР прогнозировать риск развития сердечно-сосудистых событий.

Существует несколько основных моделей оценки суммарного сердечно-сосудистого риска. Первая – Фрамингемская шкала. Она была разработана на основе самого продолжительного проспективного исследования Framingham Heart Study, 1949–1984 гг. Для расчета риска учитывалось пять факторов: пол, возраст, курение, уровень систолического артериального давления и общий холестерин. Более точные данные, связанные с определением суммарного риска позволяет

получить математическая модель PROCAM в виде компьютерной программы CERCA (Coronary Events Risk Calculator). В этой программе для расчета суммарного риска использовано больше факторов: возраст, инфаркт миокарда в анамнезе, наследственная отягощенность, курение, систолическое артериальное давление, общий холестерин, триглицериды, холестерин липопротеидов высокой плотности, наличие сахарного диабета. Низким считается риск менее 20 %, высоким – более 20 %. Эта модель мало доступна для широкого применения в рутинной врачебной практике. Последняя разработанная модель – европейская шкала SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation). Эта шкала создана экспертами Европейского общества кардиологов на основе данных проспективных исследований, проведенных в 12 странах Европы, в том числе в России, с участием более 205 тысяч пациентов. Исследование продолжалось 27 лет. Оценивался 10- летний риск развития смертельных случаев всех заболеваний, связанных с атеросклерозом. В этой модели учтены пол, возраст, курение, уровни артериального давления и холестерина в крови [1]. Поскольку модель SCORE создана на основе большой базы данных проспективных европейских исследований, достаточно проста и доступна любому врачу и включает все перечисленные выше основные факторы риска, то целесообразно использовать ее как основу предлагаемой математической модели для установления общего сердечно-сосудистого риска.

Кроме основных, существуют дополнительные неучтенные ранее факторы риска, такие как наследственность  $F_n$ , диета  $F_d$ , физические нагрузки  $F_{act}$ , окружность талии  $F_{ot}$ , психическое состояние  $F_{ps}$ , употребление алкогольных напитков  $F_{al}$ , некоторые биохимические показатели крови  $F_{kr}$  (уровни глюкозы, С - реактивного белка, фибриногена). Как видно, из дополнительных факторов немодифицированный фактор только один – наследственность. Остальные модифицированы и могут оказывать как отрицательное, так и положительное влияние на общий сердечно-сосудистый риск. В связи с этим возникла необходимость создания модели с учетом дополнительных факторов, способных снизить или повысить определяемый по шкале Score риск фатальных событий в течение десяти лет. В категории положительного и отрицательного влияния все факторы были разделены на факторы усиления и уменьшения риска, а некоторые из них разделены на несколько градаций для более точной оценки риска (табл. 1).

Таблица 1

### Факторы усиления и уменьшения риска

Факторы усиления риска $F_{r_i}$	Обозначения	Факторы уменьшения риска $F_{r_j}$	Обозначения
Отягощенная наследственность	$F_n^+$	Неотягощенная наследственность	$F_n^-$
Злоупотребление алкоголем	$F_{al}^+$	Употребление алкоголя в пределах нормы	$F_{al}^-$
Отсутствие физической активности	$F_{act}^-$	Физическая активность 2 – 3 раза в неделю	$F_{act}^1$

Продолжение таблицы 1

Факторы усиления риска $Fr_i$	Обозначения	Факторы уменьшения риска $Fr_j$	Обозначения
Окружность талии мужчин – 94...100 см женщин – 80...86 см	Fot1	Физическая активность 4 – 5 раз в неделю	Fact2
Окружность талии мужчин – 101...110 см женщин – 87...96 см	Fot2	Физическая активность 6 – 7 раз в неделю	Fact3
Окружность талии мужчин > 110 см женщин > 96 см	Fot3	Окружность талии мужчин < 94 см женщин < 80 см	Fot <sup>N</sup>
Уровень глюкозы выше 6,0 ммоль/ л натощак или/и С-реактивного белка или/и фибриногена в крови выше нормы	Fkr <sup>+</sup>	Уровень глюкозы ниже 6,0 ммоль/ л натощак или/и С-реактивного белка или/и фибриногена в крови в пределах нормы	Fkr <sup>-</sup>
Преобладание негативной эмоциональности от 6 до 10 баллов по шкале	Fps <sup>-</sup> 1	Преобладание позитивной эмоциональности от 6 до 10 баллов по шкале	Fps <sup>+</sup> 1
Преобладание негативной эмоциональности от 11 до 20 баллов по шкале	Fps <sup>-</sup> 2	Преобладание позитивной эмоциональности от 11 до 20 баллов по шкале	Fps <sup>+</sup> 2
Преобладание негативной эмоциональности более 20 баллов по шкале	Fps <sup>-</sup> 3	Преобладание позитивной эмоциональности более 20 баллов по шкале	Fps <sup>+</sup> 3
Несоблюдение диеты	Fd <sup>-</sup>	Соблюдение водного режима	Fd1
		Ограничение соли	Fd2
		Гипохолестериновая диета	Fd3
		Ограничение рафинированных углеводов	Fd4

Фактор наследственности – это наличие сердечно-сосудистых катастроф (инфарктов миокарда, инсультов, внезапных сердечных смертей) у родственников первой линии; фактор физической активности – это регулярные физические нагрузки не менее 30-40 минут в день, лучше аэробные; злоупотребление алкоголем – это употребление крепких алкогольных напитков больше 20-30 г/сут для мужчин и 10-20 г/сут для женщин, либо 150 и 100 мл сухого вина соответственно [2].

Немного подробнее следует остановиться на факторах диеты (Fd) и психического состояния (Fps). Диета включает: соблюдение водного режима (Fd1),

(суточная норма потребления чистой воды из расчета 30 мл на 1 кг массы тела) потребление поваренной соли менее 5 г/сут (Fd2), гипохолестериновая диета (Fd3), употребление рафинированных углеводов до 30 г/сут (Fd4). Таким образом, может быть сформировано следующее терм-множество [3]:

$$Fd\{Fd1, Fd2, Fd3, Fd4\}.$$

Фактор соблюдения диеты является суммой четырех параметров, которая в силу равнозначности коэффициентов, определяющих сердечный риск, не превышает порогового значения 0.075.

Известно, что психоэмоциональный статус человека имеет большое значение в развитии сердечно-сосудистых заболеваний [4]. Для данной модели необходимо провести экспресс-оценку позитивной ( $Fps^+$ ) и негативной эмоциональности ( $Fps^-$ ) в целях определения положительного или отрицательного влияния данного фактора на суммарный риск. Для этого можно применить русскоязычный аналог методики PANAS (Positiv and Negative Affect Schedule) под названием ШПАНА [5]. Методика содержит список из двадцати прилагательных, описывающих эмоциональное состояние человека (табл. 2). Респондент должен оценить по 5-балльной шкале Ликкерта (1 балл - почти или совсем нет, 2 балла - немного, 3 балла - умеренно, 4 балла - значительно, 5 баллов - очень сильно), свое самочувствие, насколько он чувствовал себя так в течение того или иного времени (стандартная формулировка - обычно, в среднем, как правило).

Таблица 2

### Список прилагательных

№п/п	Прилагательное	Количество баллов	№п/п	Прилагательное	Количество баллов
1	Увлеченный		11	Раздраженный	
2	Подавленный		12	Сосредоточенный	
3	Радостный		13	Стыдящийся	
4	Расстроенный		14	Вдохновленный	
5	Полный сил		15	Нервный	
6	Виноватый		16	Решительный	
7	Испуганный		17	Внимательный	
8	Злой		18	Беспокойный	
9	Заинтересованный		19	Бодрый	
10	Уверенный		20	Тревожный	

Позитивный аффект оценивается как сумма баллов по пунктам 1, 3, 5, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 19; негативный аффект – как сумма баллов по пунктам 2, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 15, 18, 20. Для оценки психоэмоционального статуса предлагается определить разницу между позитивным и негативным аффектом. Преобладание позитивного аффекта на 6 ... 10 баллов следует оценивать как  $Fps+1$ , на 11 ... 20 баллов – как  $Fps+2$ , больше 21 баллов – как  $Fps+3$ . Аналогично можно оценить преобладание негативного аффекта. Разница негативной и позитивной эмоциональности, составляющая меньше 5 баллов (по модулю), не учитывается как фактор влияния, так как респондент не всегда точно может определить

уровень своих ощущений по некоторым из предлагаемых прилагательных. Преимуществом этой методики является высокая надежность и валидность в сочетании с краткостью и простотой определения.

Поскольку дополнительные факторы оказывают различное влияние на сердечно-сосудистый риск, то были введены коэффициенты, усиливающие и уменьшающие риск,  $k_i$  и  $k_j$  соответственно.

Следует заметить, что специальных исследований по влиянию каждого дополнительного фактора на общий сердечно-сосудистый риск не проводилось и систематизированных статистических данных нет. Таким образом, можно допустить, что при наличии всех дополнительных отрицательных факторов и основных факторов по шкале SCORE вероятность фатальных событий должна стремиться к 100 %. Поскольку максимальный риск составляет 47 % по шкале, то 53 % отводится на дополнительные факторы. Поскольку группа факторов состоит из семи параметров, оказывающих аддитивное влияние на показатель, характеризующий общий риск, то усиление (уменьшение) степени влияния каждого из факторов определяется операцией умножения на коэффициент усиления (уменьшения) риска [3], так как суммарный эффект достигается в едином векторном поле. Следует отметить, что все расчеты необходимо выполнять при условии равнозначности всех анализируемых факторов с одинаковой степенью влияния. Количественные характеристики коэффициентов усиления и уменьшения факторов риска представлены в табл. 3.

Таблица 3  
Количественные характеристики коэффициентов факторов риска

Фактор усиления риска $F_i$	Коэффициент усиления риска $k_i$	Фактор уменьшения риска $F_j$	Коэффициент уменьшения риска $k_j$
$F_n^+$	0,075	$F_n^-$	0,075
$F_{al}^+$	0,075	$F_{al}^-$	0,075
$F_{kr}^+$	0,075	$F_{kr}^-$	0,075
$F_d^-$	0,075	$F_{d1}$	0,02
$F_{ot1}$	0,025	$F_{d2}$	0,015
$F_{ot2}$	0,05	$F_{d3}$	0,02
$F_{ot3}$	0,075	$F_{d4}$	0,02
$F_{ps}^-1$	0,025	$F_{ps}^+1$	0,025
$F_{ps}^-2$	0,05	$F_{ps}^+2$	0,05
$F_{ps}^-3$	0,075	$F_{ps}^+3$	0,075
$F_{act}^-$	0,075	$F_{act1}$	0,025
		$F_{act2}$	0,05
		$F_{act3}$	0,075
		$F_{ot}^N$	0,075

Поскольку в модели SCORE учтены **основные** факторы риска фатальных событий, связанных с атеросклерозом, необходимо по таблице, изображенной на рисунке, определить риск  $F_{score}$  для использования его в предлагаемой методике, учитывающей все **дополнительные** факторы влияния.

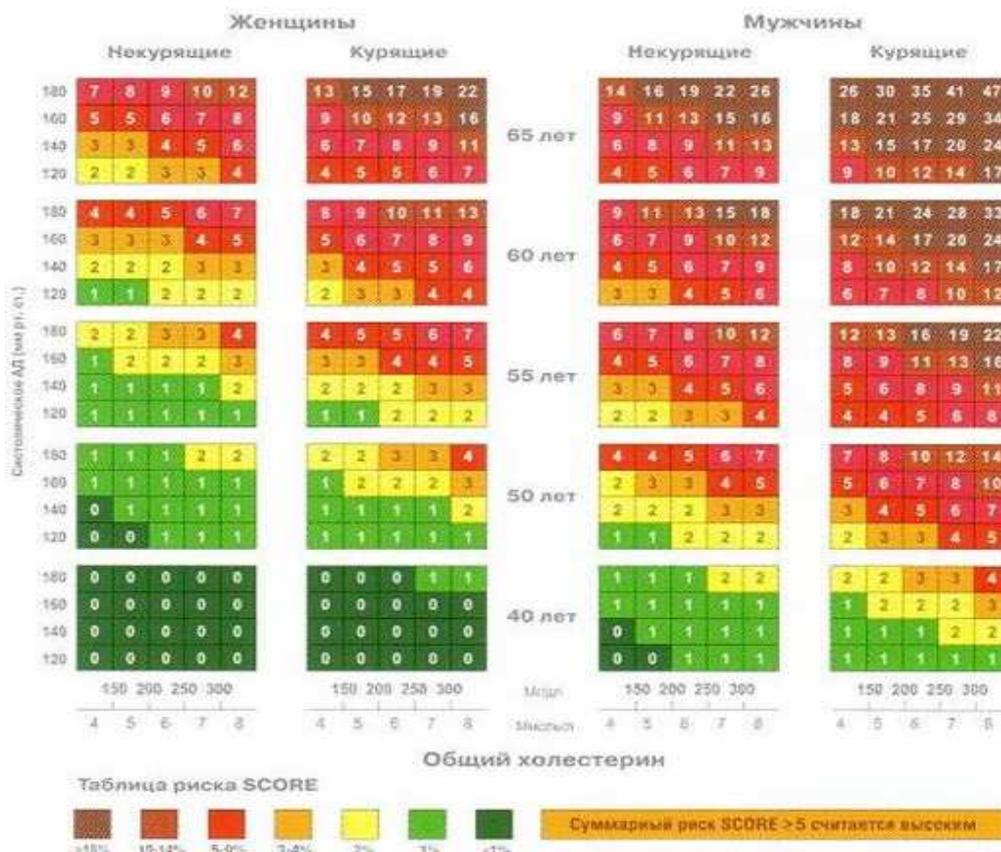


Рис. 1. Суммарный риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний в ближайшие десять лет (таблица SCORE)

В формализованном виде продукционные правила принятия решений [6], определяющих общий риск возникновения фатальных сердечно-сосудистых событий в течение десяти лет (R) для различных случаев комбинаторного влияния факторов (как позитивных – Fj, так и негативных - Fi), представлены в следующем виде:

- 1) IF ( $\sum_{i=0}^7 F_i = 0$ ) THEN  $R = F_{score} - (\frac{F_{score}}{100} \times \sum_{j=0}^7 F_j) \times 100\%$ ;
- 2) IF ( $\sum_{j=0}^7 F_j = 0$ ) THEN  $R = F_{score} + (\frac{F_{score}}{100} \times \sum_{i=0}^7 F_i) \times 100\%$ ;
- 3) IF ( $\sum_{i=0}^7 F_i \neq 0$  AND  $\sum_{j=0}^7 F_j \neq 0$  AND  $\sum_{i=0}^7 F_i > \sum_{j=0}^7 F_j$ ) THEN  $R = F_{score} + F_{score} \times (\sum_{i=0}^7 F_i - \sum_{j=0}^7 F_j) \times 100\%$ ;
- 4) IF ( $\sum_{i=0}^7 F_i \neq 0$  AND  $\sum_{j=0}^7 F_j \neq 0$  AND  $\sum_{i=0}^7 F_i < \sum_{j=0}^7 F_j$ ) THEN  $R = F_{score} - F_{score} \times (\sum_{j=0}^7 F_j - \sum_{i=0}^7 F_i) \times 100\%$ .

Формализация метода определения общего сердечно-сосудистого риска с учетом всех известных основных и дополнительных факторов, уменьшающих и/или увеличивающих риск, позволяет автоматизировать этот процесс. Таким образом, сформулированные продукционные правила дают возможность получить количественную оценку изменений степени риска в зависимости от модификации образа жизни. Использование описанного метода в профилактической медицине является мотивацией пациентов к здоровому образу жизни, что позволит снизить количество сердечно-сосудистых заболеваний у населения.

### Список литературы

1. Корнацкий, В. М. Проблема болезней системы кровообращения и пути ее минимизации в Украине / В. М. Корнацкий // Кардиология. – 2013. – №5 (07) . [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kardiolog.in.ua/5-07-2013/172-problema-boleznei-sitemu-krovoobrascheniya>.
2. Мамедов, М. Н. Суммарный сердечно-сосудистый риск: от теории к практике: пособие для врачей / М. Н. Мамедов, Н. А. Чепурина. – М. : 2007. – 40 с.
3. Соколов, А. Ю. Применение нечетких множеств в экспертных системах и системах управления: учеб. пособие / А. Ю. Соколов. – Х. : Гос. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 1999. – 64 с.
4. Копина, О. С. Популяционные исследования психосоциального стресса как фактора риска сердечно-сосудистых заболеваний / О. С. Копина, С. Ф. Сулова, Е. Р. Заикин // Кардиология. – 1996. – № 36 (3). – С. 53–56.
5. Осин, Е. Н. Измерение позитивных и негативных эмоций: разработка русскоязычного аналога методики PANAS / Е. Н. Осин // Психология. – 2012. – Т9, №4. – С. 91 – 110.
6. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А. В. Леоненков. – Спб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Национального аэрокосмического университета им. Н. Е. Жуковского «ХАИ».

Поступила в редакцию 08.09.2014

### **Формалізація процесу визначення показника загального серцево-судинного ризику з урахуванням додаткових чинників впливу**

Розглянуто основні і додаткові чинники впливу на загальний серцево-судинний ризик. Останні поділено на ті, що збільшують і зменшують ризик. Наведено кількісні характеристики коефіцієнтів посилення та зменшення факторів ризику. Розроблено продукційні вирішальні правила, які дозволяють автоматизувати процес визначення ризику і дають можливість отримати кількісну оцінку змін його ступеня залежно від модифікації способу життя.

**Ключові слова:** серцево-судинний ризик, фактори ризику, продукційні правила.

### **Formalizing the process of determining the total index cardiovascular risk, taking into account the additional factors of influences**

The basic and additional factors influence the overall cardiovascular risk with the division on the last increment and decrement it are considered. Quantitative characteristics of the gain and reduce risk factors are presented. Production decision rules which allow to automate the process of determining the risk and enable to quantitative disaggregation modifying its degree depending on lifestyle modifications are developed.

**Keywords:** cardiovascular risk, risk factors, production rules.