



УДК 004.82:61

© 2021 г. М.В. Петряева, канд. мед. наук,

Е.А. Шалфеева, канд. техн. наук

(Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток)

БАЗА ЗНАНИЙ КАРДИОВАСКУЛЯРНЫХ РИСКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЙ*

В рамках процесса информатизации здравоохранения для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний целесообразным является создание программных сервисов поддержки врача при выявлении и оценке факторов сердечно-сосудистого риска, которые можно интегрировать с системой ведения электронных медицинских карт. Такие сервисы оказывают поддержку на основе формализованных знаний. Сформирована база знаний различных шкал и моделей для определения и оценки сердечно-сосудистых рисков. В ней содержится описание основных прогностических шкал и моделей, широко используемых в России и за рубежом, и новых разработанных прогностических моделей более высокой прогностической точности.

Ключевые слова: база знаний, сердечно-сосудистый риск, шкалы оценки сердечно-сосудистого риска, прогностические модели, предикторы, медицинский облачный сервис.

DOI: 10.22250/isu.2021.69.112-125

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) занимают лидирующую позицию в структуре смертности населения Российской Федерации и всего мира. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний базируется на выявлении, оценке, модификации и устранении факторов сердечно-сосудистого риска. Кардиоваскулярный риск (КВР) – это вероятность развития в течение

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 19-29-01077, 20-07-00670.

определенного периода того или иного неблагоприятного события со стороны сердечно-сосудистой системы (включая смерть от ССЗ или его осложнения) [1].

На сегодняшний день известно более 40 различных шкал, моделей и методик оценки КБР. К ним относятся шкала риска Рейнольдса, Score, ASSIGN, GRACE, PROCAM, QRISK и др. [2]. SCORE (Systematic Coronary Risk Evaluation) – одна из самых известных шкал оценки рисков ССЗ, а прогностические шкалы EuroSCORE и EuroSCORE II являются «классическими» инструментами прогнозирования риска летальности после коронарного шунтирования [3]. Как правило, это шкалы-калькуляторы, построенные на основе определенной популяционной выборки по результатам конкретного научного исследования. В них факторы риска (ФР) адаптированы для соответствующих регионов: SCORE – в Западной Европе, QRISK – Великобритании, ASSIGN SCORE – в Шотландии [4]. А Framingham Risk Score (FRS) и REYNOLDS – шкалы Американской коллегии кардиологов / Американской кардиологической ассоциации (ACC/ АНА) [5]. Клинические шкалы – упрощенные модели прогноза. Особенностью этих моделей является их регрессионный характер. Например, в шкале SCORE использована регрессия Вейбулла, во второй версии шкалы GRACE – регрессия Кокса, а в шкале CHA2DS2-VASc – логистическая регрессия. Ограничением регрессионных моделей является линейный характер связей, в то время как возраст и смертность или индекс массы тела и заболеваемость очевидно связаны нелинейно. Другой проблемой регрессии является «жесткость» модели, касающаяся привязки к определенным группам пациентов [6].

В настоящее время в интернет-доступе имеется множество разработанных различными компаниями удобных шкал-калькуляторов, но они, как правило, разрознены. Для практической работы врачам более удобны программы, включающие набор шкал для наиболее распространенных заболеваний или областей медицины, такие как QxMD и Medical Tools [7,8]. В России для помощи начинающим практикующим кардиологам разработана программа КардиоЭксперт I [9]. Профессиональная версия КардиоЭксперт II для высококвалифицированных кардиологов и врачей других специальностей включает наиболее востребованные шкалы прогноза для основных ССЗ, а также полезные медицинские калькуляторы [10].

Платформа прогностической аналитики и управления рисками Webiomed для организаторов здравоохранения и врачей выявляет факторы риска, прогнозирует осложнения и формирует индивидуальные рекомендации пациенту и врачу по разным группам заболеваний [11]. Но пока существует дефи-

цит таких русскоязычных медицинских программ. Для прогнозирования конкретного события (ухудшение или манифест заболевания, госпитализация или смерть) чаще всего недостаточно оценки данных пациента на основе методик, построенных на основе традиционных регрессионных моделей и моделей на основе методов Machine learning [12]. В целом же системы, построенные на базе технологий искусственного интеллекта, продемонстрировали большую перспективность в прогнозировании и выявлении ССЗ [13].

В рамках процесса информатизации здравоохранения и с переходом медицинских учреждений России на электронный документооборот целесообразным является создание программных систем или сервисов поддержки принятия врачебных решений (СППВР), которые можно было бы интегрировать с системой ведения электронных медицинских карт (ЭМК). Такие сервисы по анализу ЭМК и выявлению в них факторов риска или подозрений на наличие заболеваний на ранней стадии могли бы взять часть профилактической работы на себя, предлагая для некоторых задач автоматизированный, а для других – автоматический режимы [14].

Система с такими возможностями может быть реализована на медицинском портале облачной платформы IASPaas [15], где уже имеются:

- сервисы-инструменты для наполнения электронных историй болезни (ЭИБ), их экспорта и импорта;

- база медицинской терминологии и наблюдений для кардиологии (единый ресурс для сервисов в кардиологии и формирования документов) [16];

- некоторые сервисы поддержки принятия решений для кардиологии (с базами знаний развития и лечения ССЗ) [17, 18].

Согласно двухуровневому подходу облачной платформы IASPaas базы знаний (БЗ) создаются под управлением онтологий, определяющих необходимое множество отношений между понятиями проблемной области и соглашения специалистов об их применении при решении задач. IASPaas дает возможность наполнения и ведения медицинских документов: заполнение ЭМК, заполнение и ведение ЭИБ, внесение заключений или консультаций узких специалистов (прикрепляя их к ЭМК пациента). На платформе существуют:

- методы и инструменты для выборочного извлечения из ЭИБ информации для обработки в рамках различных моделей или алгоритмов;

- методы и инструменты для сохранения и накопления полученных результатов, характеризующих здоровье или состояние пациента, в той же ЭИБ или отдельном документе из ЭМК;

- методы и инструменты для интеграции множества методик оценки

рисков и получения важных заключений о здоровье.

Цель работы – сформировать базу знаний кардиоваскулярных рисков, охватывающую широко известные и новые прогностические модели, шкалы для применения в СППВР с целью определения и оценки риска неблагоприятного события или заболевания со стороны сердечно-сосудистой системы.

Характеристика онтологии

Для комплексного определения рисков ССЗ важно результаты исследований о разных видах взаимосвязей сведений о пациенте с рисками его здоровью и жизни интегрировать в БЗ. Для участия медицинских экспертов в редактировании знаний и внесении ими собственных сведений нужны понятные структуры и прозрачные БЗ. Эти условия могут быть выполнены при использовании онтологической основы для описания таких знаний. Анализ свойств проблемной области медицины, учитываемых при решении задач риска зарождения заболеваний, прогноза изменения состояния у пациентов разных категорий по мере их развития, позволил построить онтологию, достаточную для их решения.

Накопленные в медицине вероятностные знания (о взаимосвязях) предлагают статистически обоснованные вычисляемые величины (часто как процентная величина или вероятность существования явления), сопоставляемые с принятыми шкалами угроз – от слабых до критических. Разные математические пакеты и инструменты дают такую возможность. Для применения таких инструментов к медицинским документам (ЭИБ, ЭМК) требуется находить в документе нужные данные, передавать их программному вычислителю степени риска и интерпретировать полученный результат.

Для такой интеграции онтология предлагает отношения между шкалами искомых угроз и методами вычисления сопоставляемой им величины:

$$\{ \langle \text{Заболевание}_k, \{ \text{методика/шкала}_m, \text{исходные данные, инструмент/агент вычисления}_m, \text{шкальное значение}_i, \text{нижняя граница}_i, \text{верхняя граница}_i \} \rangle \}^{n2} \}^{n1}.$$

Исходные данные = {Признак_i} + {Фактор_k} + {Патология_s}. В момент интеграции с медицинским документом, а именно при запросе сведений о пациенте, в ответ на {Признак_i} + {Фактор_k} + {Патология_s} формируются {Признак_i + Признак_i.Значение} + {Фактор_k + Фактор_k.Значение + тип фактора + Временная характеристика_{кт}.Значение} + {Патология_s + Патология_s.Значение}.

Онтологические соглашения специалистов о применении знаний по та-

кой онтологии при решении задач заключаются в выборе степени риска для пациента, сопоставленной диапазону <нижняя граница_i, верхняя граница_i>, в который попала величина, вычисленная инструментом/агентом по выявленным в истории пациента фактам.

Предусмотрены необязательные связи методики (модели) с условиями ее применения и связи результата – с условиями особой его интерпретации. Для описания устойчивых связей наблюдаемых нарушений и дисфункций организма с картиной приближающегося критического состояния онтология дает отношения между сочетанием значений показателей и критическим состоянием:

{<Заболевание, {вид угрозы, предшествующая картина}>}

Здесь вид угрозы (критическое состояние) – это начало или некоторая стадия заболевания или летальность: риск появления, риск перехода в тяжелую стадию, прогноз продолжительности жизни, риск смерти.

Предшествующая картина (Комплекс наблюдений) = {Наблюдение_i}.

Наблюдение_i = Признак_i + Признак_i. Значение | Признак_i.Тренд | Фактор_к + Фактор_к. Значение + тип фактора + Временная характеристика_{кт}. Значение.

Онтологические соглашения о применении знаний сводятся к выдвиганию гипотез о наличии риска при выявлении у пациента релевантных по времени фактов, подтверждающих один из комплексов предикторов.

Кроме этого, онтология определяет структуру и правила внесения формул для вычисления. Известные инструменты-калькуляторы дают возможность быстро получить на основе формулы по показателям пациента (значениям признаков) числовую величину, однако они не интегрированы с медицинскими документами. Каждая новая формула требует участия программиста для ее реализации.

Наличие универсального вычислителя IASaaS позволяет рассматривать любую полезную для задач прогноза и рисков формулу как знания, которые вычислитель возьмет на вход. Онтология таких знаний связывает понятия пациента как параметры запроса на вычисление по формуле с ее конструктором через термы-переменные, константы и арифметические термы (сумма, произведение, частное, возведение в степень, логарифм и пр.). Если результат вычисления требует трактовки, дополнительные отношения в онтологии введены для сопоставления степени риска диапазону вычисляемых величин.

Для Признак_i. Значение, Признак_i. Тренд, Фактор_к. Значение, Времен-

ная характеристика_{кт}. Значение. Онтологией предусмотрены *качественные* и *числовые* значения. Числовые значения включают <нижняя граница_i, верхняя граница_i> и единицу измерения.

Когда требуется более детальное внесение предиктора, он описывается как составной, с набором характеристик со значениями (качественными или числовыми).

Онтология представлена в виде отдельного информационного ресурса (фрагмент описания структурных связей представлен на рис. 1).

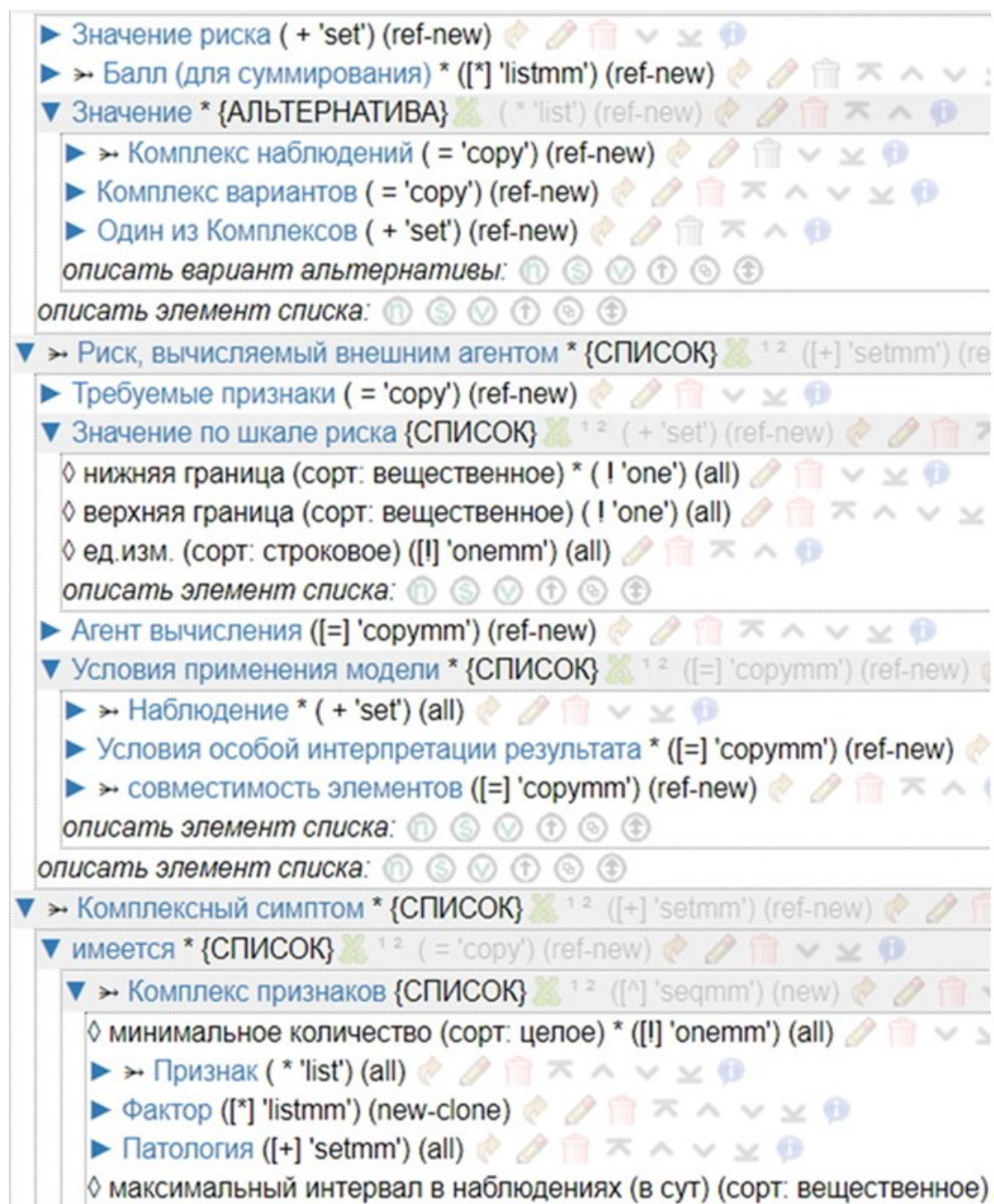


Рис. 1. Фрагмент описания структурных связей показателей-предикторов с рисками.

База знаний кардиоваскулярных рисков

База знаний кардиоваскулярных рисков содержит описание основных прогностических шкал и моделей, широко используемых в России и за рубежом, и новых прогностических моделей с более высокой прогностической точностью.

В настоящее время в качестве ФР рассматривается более 200 модифицируемых и немодифицируемых предикторов (от англ. predictor «предсказатель» – прогностический параметр), с различной степенью влияющих на развитие, прогрессирование и летальность ССЗ. Часто используются следующие предикторы:

данные о пациенте (возраст, раса, национальность, регион проживания);

метрики пациента (вес, рост, окружность талии, индекс массы тела);

данные анамнеза (курение, наличие сопутствующих заболеваний, таких как сахарный диабет, ХОБЛ, активный эндокардит, или перенесенных, таких как инфаркт миокарда, операция на сердце и др.);

данные объективного исследования (частота пульса, частота сердечных сокращений, артериальное давление и др.);

данные лабораторных и инструментальных исследований.

Все используемые для формирования БЗ предикторы описаны в «Базе медицинской терминологии и наблюдений», которая является универсальным ресурсом и используется различными сервисами.

Для каждой шкалы описано необходимое количество предикторов, которые определены как *Требуемые признаки*. Так, в шкале SCORE используется пять предикторов (пол, возраст, курение, холестерин, систолическое артериальное давление), в шкале ASCVD – семь (пол, возраст, раса, курение, систолическое артериальное давление, холестерин, липопротеиды высокой плотности). Шкала EuroSCORE включает 18 предикторов, характеризующих клинико-функциональный статус больных (пол, возраст, ФВ меньше 30%, ФВ 30-50%, нарушение функции почек, легочная гипертензия, сосудистое заболевание головного мозга), анамнестические данные (недавно перенесенный инфаркт миокарда, операция на сердце в анамнезе, операция на грудной клетке), состояние перед операцией и срочность (критическое предоперационное состояние, экстренная хирургическая операция) и др. На прогноз заболевания могут влиять многие факторы, которые ранее не учитывались или игнорировались при разработке прогностической шкалы, – например, семейный анамнез, получаемая терапия, состояние психики (недавний стресс, депрессивное расстройство), метеорологические и гелиогеофизические факто-

ры и т.д. В связи с этим «классические» шкалы постоянно совершенствуются, появляются новые модели оценки риска, полученные на основе методов машинного обучения, которые превосходят традиционные калькуляторы и включают большее количество *Требуемых признаков*. Так, в модели стратификации риска общества торакальных хирургов STS Score (The Society of Thoracic Surgeons) в модификации 2014 года используются 40 клинических и 2 ангиографических предиктора. Авторские модели (ЛР-II, СЛ-II, СЛ-III, ИНС-III) с предикторами EuroSCORE II и дополнениями [18] используют 100 и более признаков. Эти модели описаны и внесены в БЗ (рис. 2).

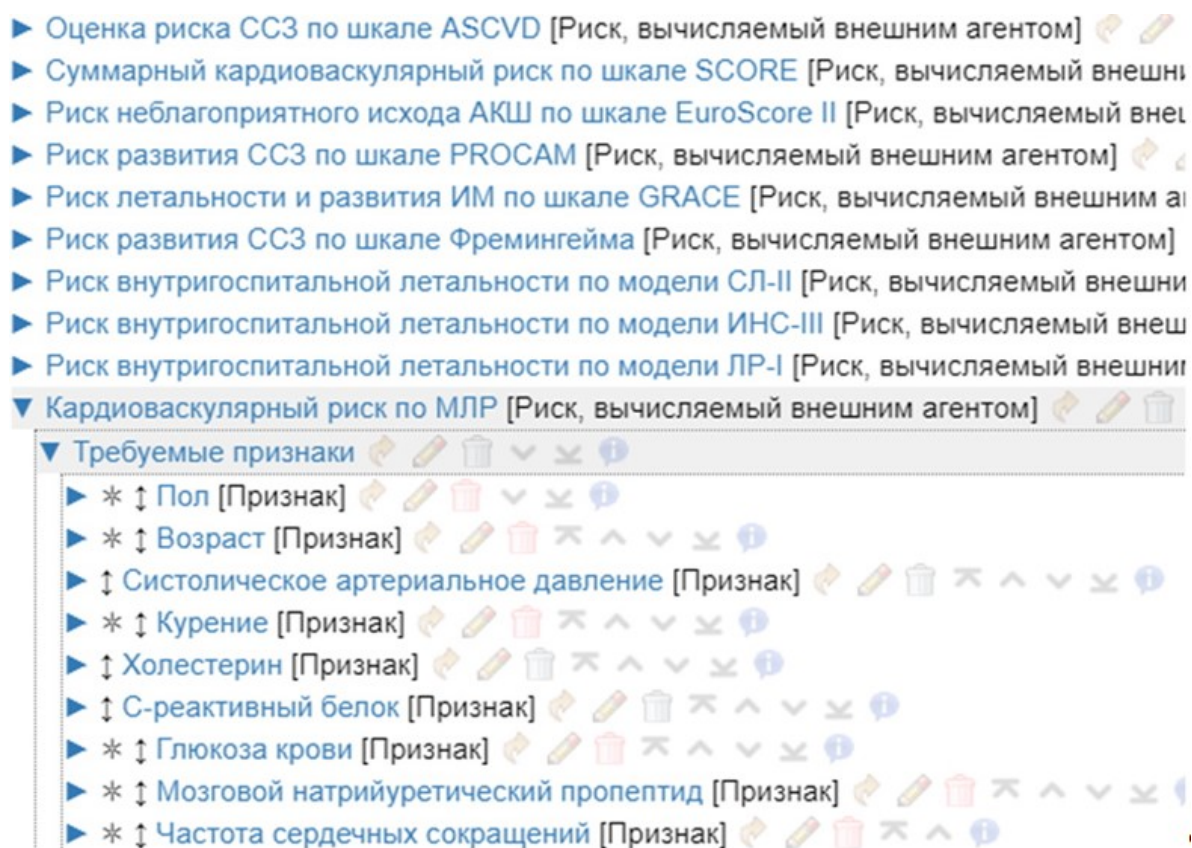


Рис. 2. Классические шкалы и авторские модели (фрагмент базы знаний).

По тому, какие сердечно-сосудистые события учитываются в том или иной шкале КВР, можно выделить следующие группы рисков: риск сердечной смерти (фатального события), риск сердечно-сосудистой смерти, риск нефатального инфаркта миокарда, риск развития ИБС, риск «мягких» проявлений ИБС, «жесткий» («hard») риск ИБС, глобальный риск ИБС и др. *Название и значение рисков* описано в каждой модели или шкале по количеству градаций, качеству и значению. Так риск смерти после коронарного шунтирования по шкале EuroScore II имеет три градации: низкий, умеренный, высокий; риск ССЗ по шкале ASCVD – четыре градации: низкий, пограничный, промежуточный, высокий; риск развития ССЗ по индексу Кетле

– 6: низкий, среднепопуляционный, повышенный, высокий, очень высокий, чрезвычайно высокий. Значение риска описывается либо в процентах, либо в баллах с интервалом нижней и верхней границы (рис. 3).

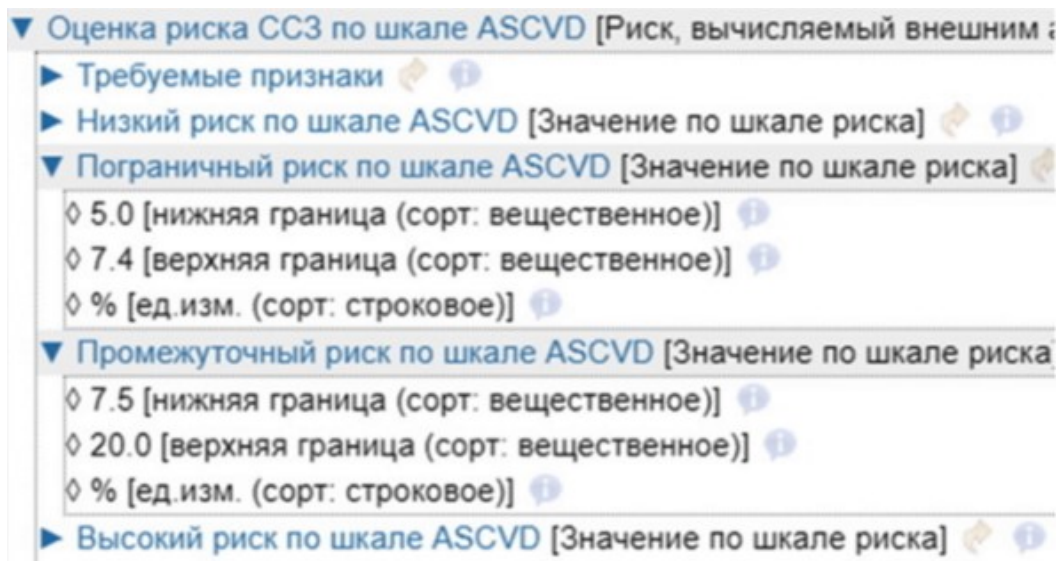


Рис.3. Названия и значение риска по шкале ASCVD .

С появлением новых данных в результате постоянных исследований часто появляется необходимость интенсивной коррекции факторов риска или внесение дополнительных условий к уже разработанной шкале. Так, было уточнено, что SCORE подходит для пациентов без явной сердечно-сосудистой патологии, сахарного диабета, хронических заболеваний почек и др. При наличии таких патологий пациенты без всякого расчета уже относятся к группе высокого риска, и им не требуется использование шкалы. Для этого в БЗ прописаны *Условия применения модели* (рис. 4).

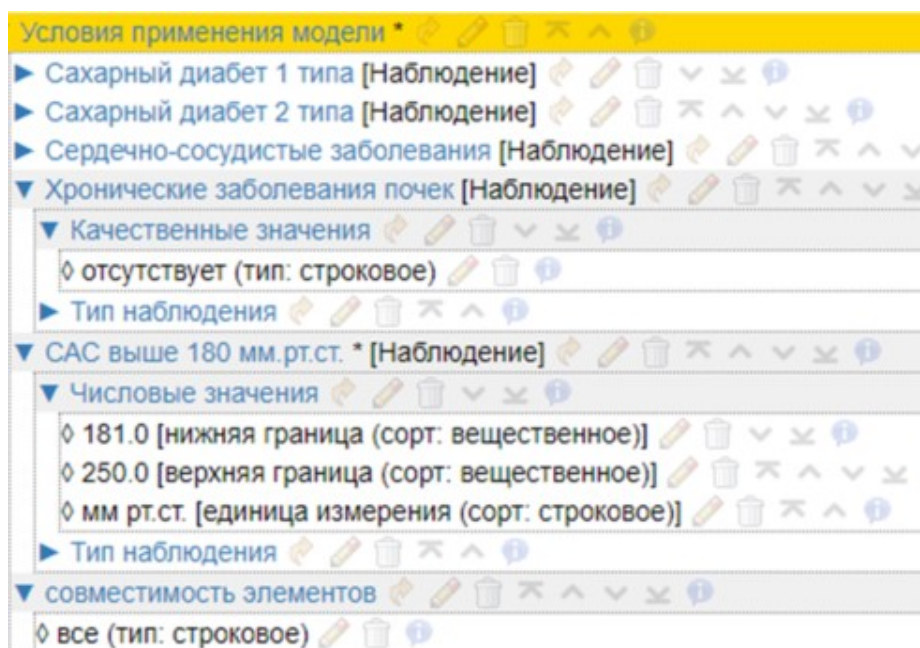


Рис.4. Фрагмент описания «Условия применения модели» для шкалы SCORE.

Для отдельных моделей описаны *Условия особой интерпретации результата* с вариантами значений (риск выше расчетного, риск ниже расчетного и др.) (рис. 5).

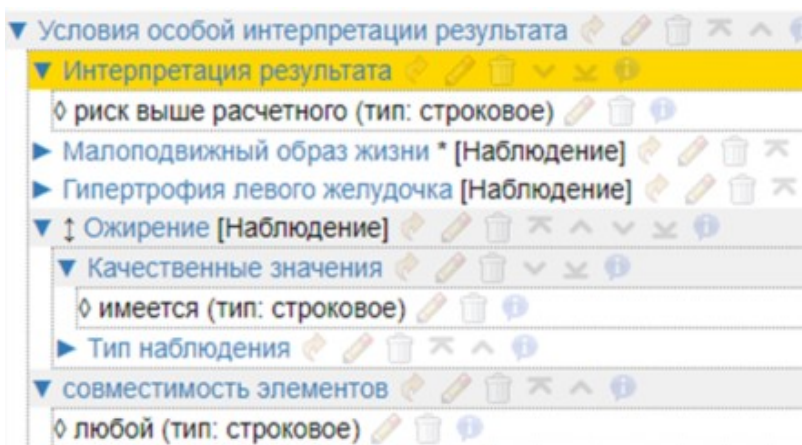


Рис.5. Фрагмент описания «Условия особой интерпретации результата» с интерпретацией «риск выше расчетного».

Варианты имеющихся и опубликованных в литературе статистических закономерностей, а также знания о наблюдаемых признаках приближения критического состояния описывают в БЗ, используя *Комплекс признаков с минимальным количеством* (рис. 6).

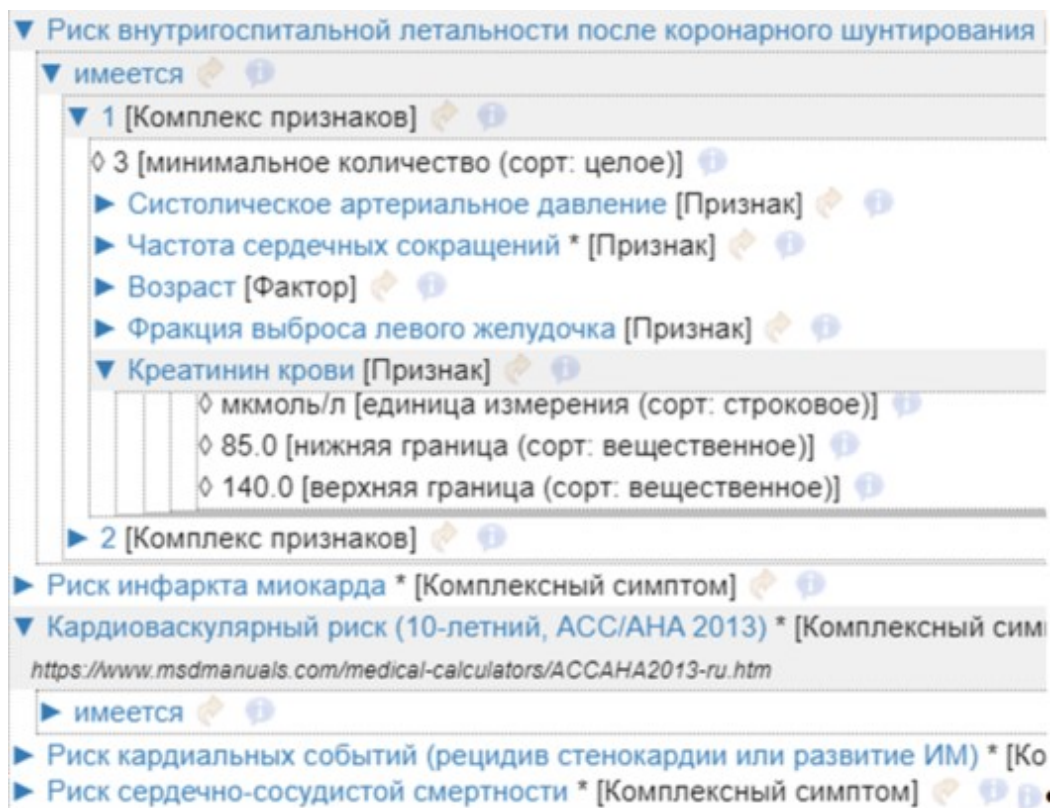


Рис. 6. Примеры описания рисков комплексами признаков.

БЗ содержит описание известных и наиболее часто встречающихся при расчете КВР индексов и формул рисков: индекс массы тела (ИМТ), индекс

курения, индекс Кетле, индекс риска ТИМІ и др. Для расчета, – например, индекса риска ТИМІ (тромболизис при инфаркте миокарда) – формула расчета следующая:

$$\text{Индекс риска ТИМІ} = \text{ЧСС} \times (\text{Возраст} / 10)^2 / \text{САД}$$

Для использования универсального вычислителя IASaaS формула расчета переводится в вид, задаваемый онтологией конструктора формулы. Пример описания представлен на рис. 7.

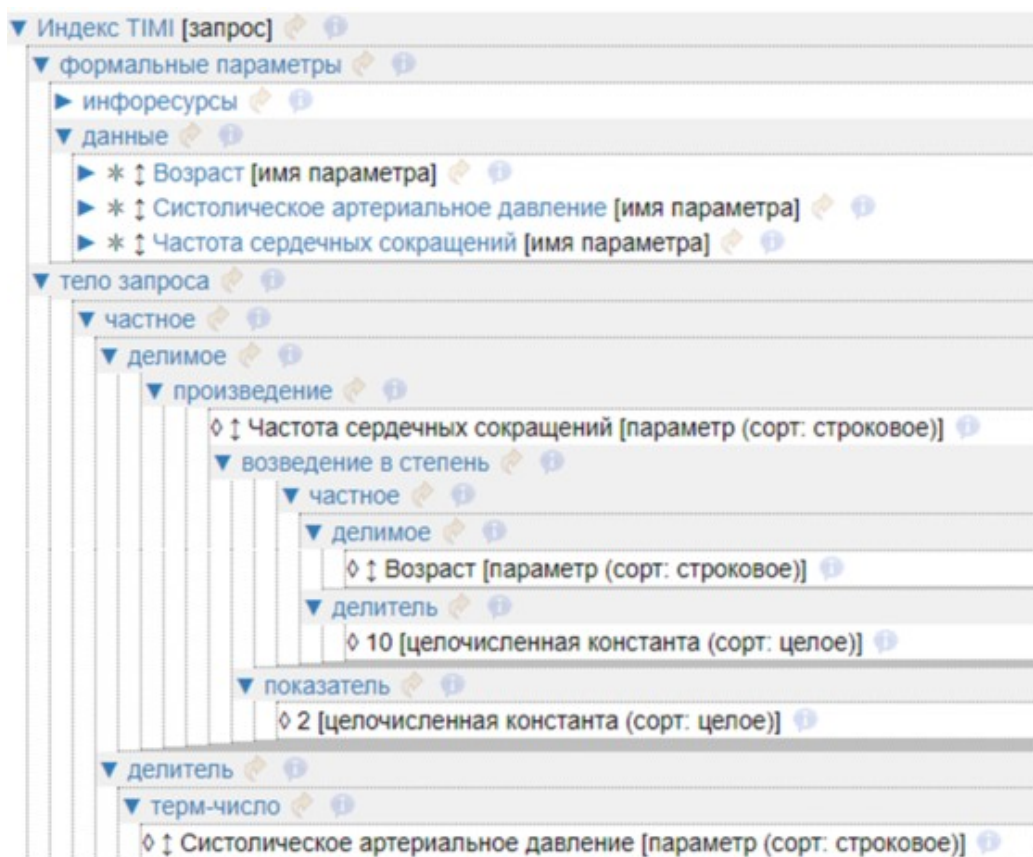


Рис. 7. Описание формулы индекса риска ТИМІ.

Использование базы знаний в сервисе оценки и прогноза состояний

Сформированная БЗ используется в качестве информационного ресурса сервисом оценки индивидуальных рисков развития ССЗ и прогнозных моделей наступления сердечно-сосудистых событий. Определить КВР, используя БЗ, можно тремя различными способами: по формуле (шкале), используя сервис медицинского портала, по комплексному синдрому, через сервис медицинского портала, по прогнозной модели, запрашиваемой со стороны.

Входными данными для сервиса являются данные из анамнеза жизни пациента, результаты анкетирования, объективные данные, лабораторные и инструментальные исследования. Данные о пациенте берутся из ЭМК или ЭИБ. На их основе рассчитываются значения факторов риска и вычисляются

индивидуальный риск развития ССЗ или вероятность развития в течение определенного периода времени того или иного фатального события со стороны сердечно-сосудистой системы пациента. Сервис позволяет обрабатывать с помощью ИИ медицинские данные из ЭМК или ЭИБ, выявлять подозрения на заболевания и их факторы риска, а используя прогнозные модели, оценить группу риска пациента.

При работе в сервисе оценки риска пользователь для некоторых данных о пациенте может получить различные оценки тех кардио-рисков, для которых внесены знания в БЗ, но лишь в том случае, когда данных о пациенте для такого оценивания достаточно. При недостатке данных сервис информирует о недостающих данных.

Заключение

Таким образом, прогностические шкалы являются полезным инструментом, помогающим практикующим врачам оценить возможные риски развития неблагоприятных событий и на этой основе принимать более точные диагностические и лечебные решения.

Особенно важна помощь врачам и пациентам в количественной оценке риска при операциях, когда стоит выбор между хирургическим и консервативным подходом к лечению.

Онтологии для эффективного решения охватывают отношения между прогнозируемыми состояниями и текущими или прошлыми показателями пациента, связи формул и расчетных моделей с исходными показателями и трактовками результатов вычисления.

Платформа IASaaS предоставляет инструментарий для построения на основе таких онтологий СППВР и их сопровождения, где новые вычислительные модели и знания могут быть добавлены в БЗ, если становится известно об их практической пользе и релевантности.

Средства IASaaS допускают описание знаний о способах оценки риска – той или иной кардио-опасности у пациента или о закономерности ее наступления в ближайшем будущем.

Платформа IASaaS – уникальная среда для объединения «вокруг» медицинских документов различных средств поддержки решений врача на основе разных способов получения гипотез и результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 6. – С.7-122.

2. Основные классификации и шкалы риска в кардиологии // URL: https://scardio.ru/content/Guidelines/class_grad_cardio_tables.pdf (дата обращения: 01.06.2021).
3. *Белялов Ф. И.* Использование шкал прогноза в клинической медицине // Российский кардиологический журнал. – 2016. – № 12 (140). – С. 23-27.
4. *Conroy RM; et al.* SCORE project group. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project. *Eur Heart J.* – 2003. – № 24 (11). – P. 987-1003.
5. *D'Agostino RB Sr; et al.* . General cardiovascular risk profile for use in primary care: the Framingham Heart Study”. *Circulation.* – 2008. – № 117 (6). – P.743-53.
6. *Гусев А.В., Кузнецова Т.Ю., Корсаков И.Н.* Искусственный интеллект в оценке рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2018. – № 3. – С. 85-90.
7. Программа уникальных калькуляторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qxmd.com/calculate-by-qxmd>.
8. Кардио-ИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://team.cardio-it.ru/calc>.
9. Программа КардиоЭксперт I [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fcalc&hl=ru&gl=US>).
10. Программа КардиоЭксперт II [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fcalc2&hl=ru&gl=US>).
11. Платформа Webiomed [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webiomed.ai/>.
12. *А.В. Гусев, Д.В. Гаврилов, И.Н. Корсаков и др.* Перспективы использования методов машинного обучения для предсказания сердечно-сосудистых заболеваний // Искусственный интеллект в здравоохранении. – 2019. – №3. – С.36-41.
13. *Б.И. Гельцер, К.И. Шахгельдян, В.Ю. Рублев и др.* Методы машинного обучения в прогнозировании летальных исходов в стационаре у больных ишемической болезнью сердца после коронарного шунтирования // Кардиология. – 2020. – № 60(10). – С.38-46.
14. *В.В. Грибова, А.С. Клещев, Д.А. Крылов и др.* Базовая технология разработки интеллектуальных сервисов на облачной платформе IASaaS. – Часть 1. Разработка базы знаний и решателя задач // Программная инженерия. – 2015. – № 12. – С. 3-11.
15. *Гусев А.В., Кузнецова Т.Ю., Корсаков И.Н.* Искусственный интеллект в оценке рисков развития сердечно-сосудистых // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2018. – № 3(8). – С. 85-90.
16. *Шалфеева Е.А., Петряева М.В.* Терминологическая база патологических процессов сердечно-сосудистой системы // Материалы Второго Всероссийского научно-образовательного форума с международным участием «Кардиология XXI века: альянсы и потенциал» / под ред. д.м.н. А.А. Бощенко – Томск: НИИ кардиологии, Томский НИМЦ, 2021. – С.164.
17. *Петряева М.В.* Семантическое представление базы знаний о заболеваниях для сервиса поддержки принятия решений в кардиологии // Материалы XIII Международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2020) / под общ. ред. В.П. Колосова. – Благовещенск, 2020. – С. 78-81.
18. *Грибова В.В., Петряева М.В., Шалфеева Е.А.* Облачный сервис поддержки принятия

решений в кардиологии на основе формализованных знаний // Сибирский журнал
клинической и экспериментальной медицины. – 2020. – №4. – С. 32-38.

Статья представлена к публикации членом редколлегии В.В. Грибовой.

E-mail:

Петряева Маргарита Вячеславовна – margaret@iacp.dvo.ru;

Шалфеева Елена Арефьевна – shalf@iacp.dvo.ru.