

УДК 616-002.5.616.98

DOI 10.24411/2312-2935-2019-10061

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСХОДА КОИНФЕКЦИИ ВИЧ/ТУБЕРКУЛЁЗ У ПАЦИЕНТОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ПЕНИТЕНЦИАРНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ, С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

М.Е. Вострокнутов, С.Б. Пономарёв

Филиал ФКУ «Научно-исследовательский институт» Федеральной службы исполнения наказаний, г. Ижевск

Аннотация. В статье описывается применение методов математического моделирования для расчётов весовых коэффициентов предикторов летальности у пациентов с ВИЧ/туберкулёз - коинфекцией, из числа лиц, содержащихся в учреждениях уголовно-исполнительной системы. Разработка моделей прогноза имеет важное значение для выполнения задач по профилактике возникновения инфекционных заболеваний, улучшению качества оказания медицинской помощи, своевременности коррекции тактики лечения, а также совершенствованию организационных мероприятий.

Целью исследования стало выявление наиболее значимых предиктивных факторов неблагоприятного исхода ВИЧ/туберкулёз-коинфекции у лиц, содержащихся в пенитенциарных учреждениях.

Материалом для исследования послужили данные ретроспективного анализа историй болезни пациентов с коинфекцией ВИЧ/туберкулёз (246 чел.), проходивших стационарное лечение в специализированном учреждении уголовно-исполнительной системы с 2012 по 2016 гг. Анализируемые предиктивные факторы неблагоприятного исхода были установлены методом оптимально-достоверных разбиений признакового пространства, описанные на предыдущем этапе исследования. Оценка влияния предикторов на неблагоприятный исход осуществлялась на основании данных анкетирования врачей-экспертов Медико-санитарной части Федеральной службы исполнения наказаний Удмуртской Республики (участвовали 7 экспертов).

Методом исследования послужил логико-математический метод анализа иерархий, заключающийся в разбиении неформализуемой проблемы на простые составляющие путём построения схемы в виде перевёрнутого дерева. На вершине располагается цель исследования или изучаемая проблема.

Результаты. Установлено, что прогностически неблагоприятными факторами, оказывающими наибольшее влияние на неблагоприятный прогноз ВИЧ-ассоциированного туберкулёза, стали наличие активных ВИЧ-ассоциированных заболеваний, обширные и хронические формы туберкулёзного процесса, низкий уровень CD 4 лимфоцитов (менее 88 кл./мл), высокая вирусная нагрузка ВИЧ (Выше 600000), нарушения сердечного ритма.

Ключевые слова: ВИЧ-инфекция; туберкулёз; математическое моделирование.

PREDICTION OF THE OUTCOME OF HIV / TUBERCULOSIS CO-INFECTION IN PATIENTS CONTAINING IN PENITENTIARY INSTITUTIONS USING MATHEMATICAL MODELING METHODS

M.E. Vostroknutov, S.B. Ponomarev

Federal State Institution of the Federal Penitentiary Service, Igevsk

Abstract. The article describes the use of mathematical modeling methods for calculating the weight coefficients of predictors of mortality in patients with HIV / tuberculosis - co-infection, from among persons held in institutions of the penitentiary system. The development of prognosis models is important for fulfilling the tasks of preventing the occurrence of infectious diseases, improving the quality of medical care, timely correction of treatment tactics, and improving organizational measures.

The aim of the study was to identify the most significant predictive factors of an unfavorable outcome of HIV / tuberculosis-coinfection in persons held in penitentiary institutions.

The material for the study was the data from a retrospective analysis of case histories of patients with HIV / tuberculosis co-infection (246 people) who were hospitalized in a specialized institution of the penitentiary system from 2012 to 2016. The analyzed predictive factors of an unfavorable outcome were established by the method of optimal-reliable partitions of the attribute space described at the previous stage of the study. The assessment of the influence of predictors on the adverse outcome was carried out on the basis of data from a survey of expert doctors from the Medical Sanitary Unit of the Federal Penitentiary Service of the Udmurt Republic (7 experts participated).

The method of research was the logical-mathematical method of analyzing hierarchies, which consists in breaking the non-formalizable problem into simple components by constructing a circuit in the form of an inverted tree. At the top is the goal of the study or the problem under study.

Results. It was found that the prognostically unfavorable factors that have the greatest impact on the unfavorable prognosis of HIV-associated tuberculosis were the presence of active HIV-associated diseases, extensive and chronic forms of the tuberculosis process, low CD 4 lymphocytes (less than 88 cells / ml), high viral load HIV (Above 600,000), heart rhythm disorders.

Key words: HIV infection, tuberculosis, mathematical modeling.

Введение. За последние годы пенитенциарным здравоохранением достигнуты значимые успехи, что выражается в снижении основных эпидемиологических показателей как по соматическим, так и инфекционным нозологиям, а также в увеличении доступности специализированной и высокотехнологичной медицинской помощи, современных методов диагностики [1,2]. При этом по-прежнему сохраняются свои особенности и различия от государственной системы здравоохранения. Категория лиц, отбывающих наказание в местах лишения свободы, отличается особой уязвимостью в отношении социально-значимых инфекционных заболеваний, что обусловлено значительной долей представителей маргинальных слоев населения, злоупотреблением среди них курением и алкоголем, широким распространением наркомании, низким уровнем медицинской активности [3]. Так в настоящее

время инфекционная патология занимает лидирующую строку в структуре летальности среди всех причин среди осуждённых и лиц, содержащихся под стражей. Увеличение летальности от инфекционных заболеваний обусловлено широкой распространённостью прежде всего ВИЧ-инфекции среди подозреваемых, обвиняемых и осуждённых [4,5].

Разработка моделей прогноза имеет важное значение для выполнения задач по профилактике возникновения инфекционных заболеваний, улучшению качества оказания медицинской помощи, своевременности коррекции тактики лечения, а также совершенствованию организационных мероприятий. На современном этапе модели прогноза создаются с применением электронно-вычислительных машин и компьютерного программирования. Развитие современных методик математического моделирования позволяют создавать значительно более точные и эффективные прогностические системы [6].

Современные исследования показывают наличие трех направлений создания прогностического моделирования в области медицины. Во-первых, математические расчёты, прогнозирующие развитие эпидемической обстановки, которые основываются на статистическом анализе различных эпидемиологических показателей. Во-вторых, это оценка прогноза эффективности применяемых методов терапии. Третьим направлением является создание математических моделей, оценивающих прогноз выживаемости пациентов на основе анализа клинических данных и результатов лабораторно-инструментальных исследований [7].

Созданию прогностических моделей, оценивающих выживаемость пациентов с ВИЧ, скорость развития ВИЧ-инфекции, а также коинфекции ТБ/ВИЧ уделено внимание авторов [7,8,9]. Факторами, влияющими на прогноз развития ВИЧ-инфекции отмечены низкие показатели иммунного статуса, данные объективного осмотра (лихорадка, увеличение периферических лимфоузлов, гепатомегалия, наличие кардиального синдрома, изменения в лабораторных показателях анализа крови (увеличение СОЭ, тромбоцитопения, гипертрансаминаземия). Установлено, что при ВИЧ-ассоциированном туберкулёзе наибольший значение в прогнозе заболевания имеет форма и тяжесть туберкулёзного (ТБ) процесса [10].

Исследования по определению предикторов неблагоприятного исхода пациента имеют важное практическое значение, которое может быть применено для своевременной коррекции тактики ведения пациента и профилактики госпитальной летальности [11,12]. В проведённых ранее исследованиях, направленных на выявление предиктивных факторов неблагоприятного исхода у пациентов с ВИЧ-ассоциированным туберкулёзом (коинфекция ТБ/ВИЧ),

представленных в работах [9,13], установлено, что важное значение для прогноза патологии имеют факторы: стадия ВИЧ-инфекции, вторичное присоединение ТБ к ВИЧ-положительному статусу, низкие показатели иммунного статуса, а также тяжесть клинической формы туберкулёза, наличие лекарственной резистентности.

Цель – выявление наиболее значимых предиктивных факторов неблагоприятного исхода коинфекции ТБ/ВИЧ у лиц, содержащихся в пенитенциарных учреждениях.

Материалы и методы. Материалом для исследования стали данные ретроспективного анализа карт лечения стационарного пациента с коинфекцией ТБ/ВИЧ (246 чел.), проходивших курс специфической терапии в специализированном учреждении уголовно-исполнительной системы (УИС) с 2012 по 2016 гг. На предшествующем этапе исследования, описанном в статье [14], при помощи метода оптимально-достоверных разбиений признакового пространства [12], выявлены 23 прогностически неблагоприятных фактора исхода ВИЧ/туберкулёз коинфекции у лиц, содержащихся в учреждениях УИС. Несомненно, каждый из факторов вносит неравнозначный вклад в течение патологии. Для расчётов весовых коэффициентов был использован метод анализа иерархий (МАИ), разработанный Т. Саати [15]. Кроме математических основ, в методе заложены психологические аспекты. Суть метода заключается в разбиении неформализуемой проблемы на простые составляющие путём построения схемы в виде перевёрнутого дерева. На вершине располагается цель исследования или изучаемая проблема.

Экспертами проводилось попарное сравнение каждого элемента одного уровня иерархии по шкале от «0» до «9», где «0» – показатели несравнимы, «1» – равнозначный вклад сравниваемых показателей, далее от «2» до «9» сравнивается преимущество одного фактора над другим.

Расчёт весового коэффициента фактора в структуре иерархии (q) проводился в несколько этапов:

На первом этапе осуществляется вычисление собственных векторов матриц с помощью определения среднего геометрического оценок факторов экспертами (x_i), расположенными в строках матрицы (ω_i), (перемножение n элементов строки матрицы и извлечении корня n степени, равной числу умноженных элементов):

$$\omega_i = \sqrt[n]{x_{i1}x_{i2} * \dots * x_{in}}$$

Далее для рассчитанных значений определяется нормирующий множитель (R), являющийся суммой средних геометрических всех строк матрицы парных сравнений:

$$R = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots + \omega_n$$

Нормализованный вектор приоритетов (НВП) рассчитывается путём деления каждого собственного вектора матрицы на нормирующий множитель (q), где i может принимать целые числовые значения:

$$q_i = \frac{\omega_i}{R}$$

НВП в матрице парных сравнений представляет собой весовой коэффициент соответствующего фактора.

На следующем этапе осуществляется проверка полученных результатов с помощью расчёта индекса согласованности и отношения согласованности мнений экспертов, определяющие степени нарушений численной и порядковой согласованности. Для этого определяется сумма каждого порядкового столбца матрицы:

Для этого определяется сумма каждого столбца матрицы:

$$S_h = a_{1h} + a_{2h} + a_{3h} + \dots + a_{nh},$$

где h - порядковый номер столбца матрицы.

Полученная величина S умножается на l -ую компоненту НВП (q):

$$p_h = S_h * q_h,$$

Δ_{max} рассчитывается как сумма p_h , определяет максимальное значение каждой матрицы и отражает согласованность мнений экспертов. Чем λ_{max} ближе к числу факторов n в матрице, тем более мнения экспертов согласованы.

$$\Delta_{max} = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n.$$

Индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС) определяют отклонение от согласованности мнений экспертов и рассчитывается:

$$ИС: = \frac{\Delta_{max} - n}{n-1},$$

где n – число сравниваемых факторов:

$$ОС = \frac{ИС}{СС},$$

где $СС$ – случайная согласованность, величина которая является индексом согласованности при случайным образом сгенерированным величинам мнений оценок экспертов по шкале от одного до девяти.

Средние случайные согласованности в зависимости от размерности матрицы имеют следующие значения (таблица 1):

Таблица 1

Средние значения случайной согласованности

Размерность матрицы (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средние СС	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Если значение $OC < 0,1$, то степень нарушения численной и порядковой согласованности считается низкой, соответствия оценки мнений экспертов являются допустимыми и согласованными. В случае превышения значения $OC \geq 0,1$ мнение эксперта исключается из проводимого анализа иерархий.

На следующем этапе исследования вычислялся итоговый коэффициент значимости каждого фактора, который рассчитывался как произведение весового коэффициента значимости отдельного предиктивного фактора летальности на весовой коэффициент значимости соответствующего фактора в матрице парных сравнений, стоящей на уровень выше в иерархии. В дальнейшем итоговый индекс риска летального исхода формировался путём суммирования имеющихся у пациента на момент госпитализации выявленных факторов летального исхода.

Результаты. Иерархическая структура математической модели исхода коинфекции ВИЧ/туберкулёз среди лиц, содержащихся в МЛС представлена в следующем виде (рисунок 1), где переменная Y - исход заболевания, переменными X зашифрованы прогностические факторы неблагоприятного исхода и промежуточные уровни иерархии.

В представленной структуре оцениваемые показатели, определяющие прогноз неблагоприятного исхода ВИЧ-ассоциированного туберкулёза зашифрованы следующим образом:

Исследуемая проблема: Y – исход ТБ/ВИЧ – коинфекции.

Первый уровень иерархии: $X1$ – оценка показателей, отражающих течение ВИЧ-инфекции, $X2$ – оценка показателей, отражающих течение туберкулёза, $X3$ – оценка сопутствующих патологий.

Второй уровень иерархии: $X1.1$ – особенности течения ВИЧ-инфекции, $X1.2$ – клинико-лабораторные показатели, $X1.3$ – показатели объективного статуса, $X2.1$ – клиническая форма туберкулёзного процесса, $X2.2$ – особенности течения туберкулёзного процесса, $X3.1$ – наличие парентеральных микст-гепатитов, $X3.2$ – наличие сахарного диабета.

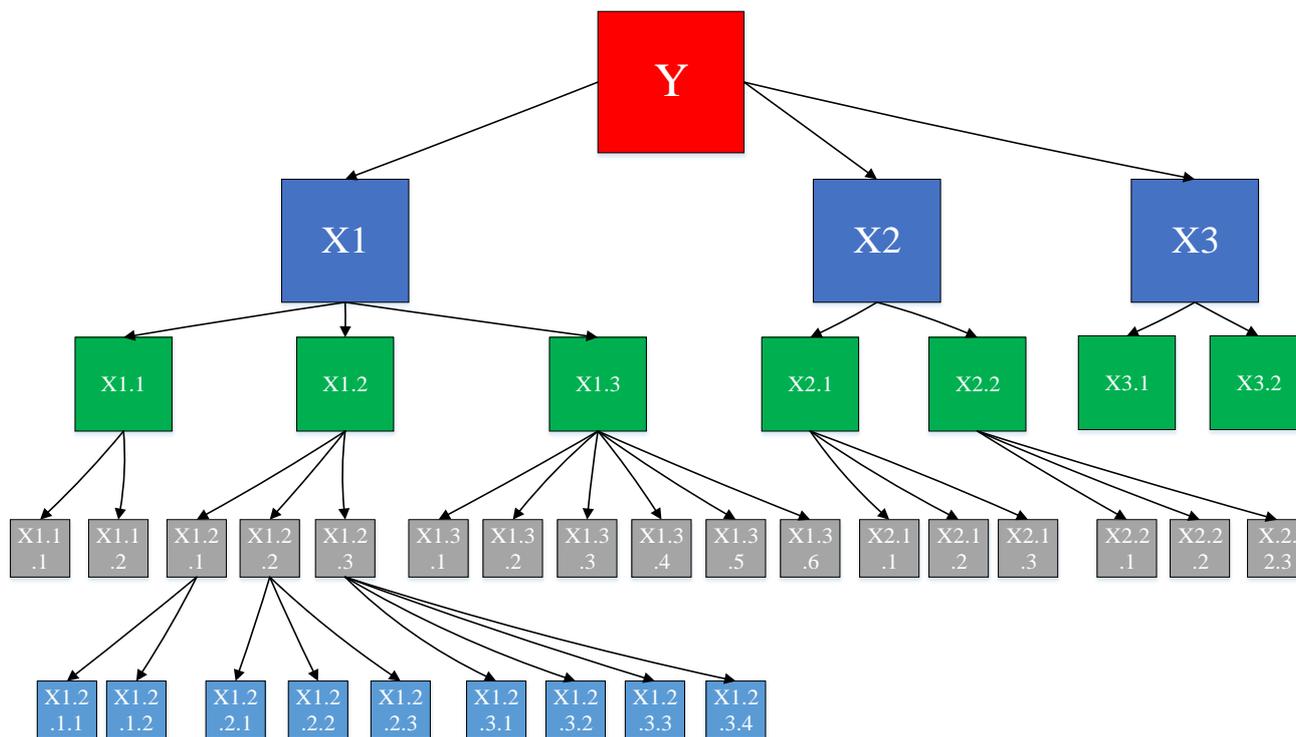


Рисунок 1. Иерархическая структура математической модели оценки риска неблагоприятного исхода ТБ/ВИЧ–коинфекции

Третий уровень иерархии: *X1.1.1* – употребление внутривенных наркотических веществ, *X1.1.2* – наличие активных вторичных ВИЧ-ассоциированных заболеваний, *X1.2.1* – показатели исследования иммунного статуса, *X1.2.2* – показатели полного анализа крови *X1.2.3* – показатели биохимического анализа крови; *X1.3.1* – наличие гепатомегалии, *X1.3.2* – наличие лихорадки, *X1.3.3* – наличие лимфаденопатии, *X1.3.4* – наличие тахикардии, *X1.3.5* – наличие спленомегалии, *X1.3.6* – наличие нарушений сердечного ритма (за исключением синусовой тахикардии), *X2.1.1* – формы туберкулёзного процесса: двусторонний инфильтративный ТБ с поражением более двух долей лёгкого, диссеминированный ТБ, внелегочные формы ТБ (за исключением ТБ центральной нервной системы), *X2.1.2* – хронические формы ТБ: кавернозный ТБ, фиброзно-кавернозный ТБ, цирротический ТБ), *X2.1.3* – наиболее злокачественные и остро прогрессирующие формы ТБ: милиарный ТБ, казеозная пневмония, ТБ центральной нервной системы, *X2.2.1* – наличие бактериовыделения, *X2.2.2* – наличие деструкции ткани (полостей распада), *X2.2.3* – настоящее заболевание является рецидивом ТБ процесса.

Четвёртый уровень иерархии представлен переменными: *X1.2.1.1* – уровень CD-4 менее 88 кл/мкл, *X1.2.1.2* – уровень вирусной нагрузки РНК ВИЧ выше 600000 коп/мл, *X1.2.2.1* – уровень гемоглобина менее 117 г/л, *X1.2.2.2* – число лимфоцитов менее 17,5%, *X1.2.1.3* – уровень СОЭ выше 37,5 мм/ч, *X1.2.2.1* – значение уровня АЛТ выше 57 ме/л, *X1.2.2.2* – значение уровня АСТ выше 192 ме/л, *X1.2.2.3* – значение общего билирубина выше 25,05 ммоль/л, *X1.2.2.4* – значение креатинина выше 180,6 ммоль/л.

Для определения весовых значений выявленных предиктивных факторов летального исхода госпитализированного пациента с коинфекцией ТБ/ВИЧ расчёты велись с построением матриц парных сравнений признаков и оценкой согласованности мнений экспертов (таблицы 2,3,4).

Таблица 2

Матрица парных сравнений «Заболевания, определяющие летальный исход пациента с коинфекцией ТБ/ВИЧ»

Критерии	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	ω_i	НВП (<i>q</i>)
X1	1	2	7	2,410	0,5821
X2	1/2	1	6	1,442	0,3483
X3	1/7	1/6	1	0,287	0,0694
Сумма	1,642	3,167	14	4,139	1,0

Оценка согласованности мнений экспертов: $\Delta_{\max}(C3) = 3,0323$, ИС = 0,0161, ОС = 0,0279

Таблица 3

Матрица парных сравнений «Объективный статус пациента»

Критерии	X.1.3.1	X1.3.2	X1.3.3	X1.3.4	X1.3.5	X.1.3.6	ω_i	НВП
X.1.3.1	1	1/3	3	4	1/2	1/4	0,890	0,103
X1.3.2	3	1	3	5	1/3	1/4	1,246	0,144
X1.3.3	1/3	1/3	1	4	1/4	1/7	0,501	0,055
X1.3.4	1/4	1/5	1/3	1	1/5	1/8	0,273	0,032
X1.3.5	2	3	4	5	1	1/5	1,698	0,197
X.1.3.6	4	4	7	8	5	1	4,060	0,469
Сумма	10,583	8,867	18,333	27,000	7,283	1,968	8,670	1,0

Таблица 4

Матрица парных сравнений «Форма туберкулёза»

<i>Критерии</i>	<i>X2.1.1</i>	<i>X2.1.2</i>	<i>X2.1.3</i>	ω_i	<i>НВП (q)</i>
X2.1.1	1	2	1/3	0,873	0,23
X2.1.2	1/2	1	1/5	0,464	0,122
X2.1.3	3	5	1	1,442	0,648
Сумма	4,5	4	1,534	2,780	1,0

Оценка согласованности мнений экспертов: $\Delta_{\max} (C3) = 3,003$, ИС = 0,002, ОС = 0,003

Таблица 5

Предиктивные факторы неблагоприятного исхода коинфекции ТБ/ВИЧ и их весовые коэффициенты, рассчитанные МАИ

<i>n/n</i>	<i>Показатель</i>	<i>Оптимальная граница разбиения</i>	<i>Весовой коэффициент (%)</i>
1	Наличие ВИЧ - ассоциированных заболеваний	Выше 0,5	16,083
2	Количество СД4 (кл /мл)	Ниже 88	14,213
3.1	Форма туберкулеза 3	Выше 0,5	6,866
3.2	Форма туберкулеза 4	Выше 0,5	3,642
3.3	Форма туберкулеза 5	Выше 0,5	19,345
4	Вирусная нагрузка (коп./мкл)	Выше 600000	7,322
5	Нарушения сердечного ритма	Выше 0,5	5,345
6	Наличие парентеральных микст-гепатитов	Выше 0,5	5,205
7	Рецидив туберкулёзного процесса	Выше 0,5	2,968
8	Спленомегалия	Выше 0,5	2,245
9	Наркомания	Выше 1,5	2,008
10	Лимфоциты(%)	Ниже 17,5	1,935
11	Наличие сахарного диабета	Выше 0,5	1,735
12	Лихорадка	Выше 0,5	1,641
13	Бактериовыделение	Выше 0,5	1,375
14	АЛТ (ме/л)	Выше 57	1,342
15	АСТ (ме/л)	Выше 192	1,270
16	Гепатомегалия	Выше 0,5	1,174
17	СОЭ (мм/ч)	Выше 37,5	0,707
18	Креатинин	Выше 180,6	0,703
19	Деструкция легочной ткани	Выше 0,5	0,638
20	Лимфаденопатия	Выше 0,5	0,627
21	Гемоглобин (г/л)	Ниже 117	0,588
22	Тахикардия	Выше 0,5	0,365
23	Общий билирубин	Выше 25,05	0,272

Обсуждение результатов. Таким образом, сумма весовых значений установленных наиболее значимых факторов превышает сумму остальных 18 предикторов неблагоприятного исхода ВИЧ/ТБ-коинфекции. Кроме того, наличие у пациента «ведущих» факторов неблагоприятного исхода заболевания во многом патогенетически определяет наличие остальных.

В исследовании установлено, что обширные, хронические и остро прогрессирующие клинические формы туберкулёза являются признаками неблагоприятного прогноза заболевания, что соответствует данным научной литературы [16].

Определено ведущее значение низких показателей иммунного статуса и наличия оппортунистических заболеваний, обусловленных прогрессированием ВИЧ-инфекции, в развитии патологии.

В литературных источниках имеются данные о непосредственном воздействии сердечно-сосудистую систему ВИЧ, что обуславливает высокую распространённость у ВИЧ-инфицированных болезней системы кровообращения [17], что подтверждает полученный результат о ведущем значении в неблагоприятном прогнозе наличия аритмий.

Знание факторов, определяющих прогноз коинфекции ТБ/ВИЧ в практическом здравоохранении может применяться своевременного выявления прогрессирования патологии и коррекции лечебно-диагностических и организационных мероприятий, что особенно важно при стёртой клинической картине заболевания. В свою очередь это позволит оптимизировать лечебно-организационную работу медицинской службы пенитенциарных учреждений и может быть одним из методов профилактики госпитальной летальности.

Заключение. В ходе расчётов МАИ весовых коэффициентов предикторов exitus letalis стационарного больного коинфекцией ТБ/ВИЧ из числа лиц, содержащихся в пенитенциарных учреждениях, наиболее значимыми стали следующие показатели: наличие активных ВИЧ-ассоциированных заболеваний, обширные, хронические и остро прогрессирующие клинические формы туберкулёзного процесса, низкий уровень CD 4 лимфоцитов (менее 88 кл./мл), высокая вирусная нагрузка ВИЧ (Выше 600000), нарушения сердечного ритма.

Список литературы

1. Стерликов С.А., Пономарёв С.Б., Аверьянова Е.Л. Эпидемическая ситуация по коинфекции ВИЧ-туберкулез в уголовно-исполнительной системе Российской Федерации. Уральский медицинский журнал. 2018; 8: 95-97.
2. Васильева И.А., Стерликов С.А., Белиловский Е.М., Борисов С.Е., Пономарёв С.Б. Туберкулез в учреждениях уголовно-исполнительной системы в странах Европы и в Российской Федерации. Туберкулез и болезни легких. 2018; 5: 6-13.
3. Коломиец В.М. Патоморфоз туберкулеза в контингентах пенитенциарной системы. М.: 2013. 240 с.
4. Нечаева О. Б. Эпидемическая ситуация по туберкулезу среди лиц с ВИЧ-инфекцией в Российской Федерации. Туберкулёз и болезни лёгких. 2017; 3: 13-19.
5. Пшеничникова-Пеленёва И.М., Цгоева Е.А. Динамика летальности от туберкулёза среди осуждённых в специализированной больнице ФСИН. Уральский медицинский журнал. 2018; 8 :101-106.
6. Золин А.Г., Силаева А.Ю. Применение нейронных сетей в медицине. В сборнике «Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века»; 2012: 264-271
7. Аверьянова Е.Л. Горохов М.М., Пономарев С.Б., Пономарева А.С. Проблемы информационного мониторинга социально значимых заболеваний (на примере ВИЧ-инфекции в уголовно-исполнительной системе). Псков: ООО Печатный Двор «Стерх». 2016: 116
8. Мешков И.О. Ревякина О.В., Краснов В.А. Применение методов многомерной статистической обработки данных для выявления закономерностей течения туберкулеза в сибирском и дальневосточном федеральных округах. Туберкулез и болезни легких. 2018; 6: 30-37.
9. Чумаченко Г.В. Бабаева И.Ю. Факторы, влияющие на прогноз 5-летней выживаемости у больных ВИЧ-ассоциированным туберкулезом. Туберкулез и болезни легких. 2015; 6: 74-75.
10. Пономарев С.Б., Горохов М.М., Аверьянова Е.Л. Разработка модели на основе искусственной нейронной сети для прогнозирования развития СПИД у осуждённых. В сборнике: Пенитенциарная медицина в России и за рубежом. – М.: издательство ФКУ НИИ ФСИН России. 2019: 97-99

11. Дюжева Е.В., Кузнецова А.В., Сенько О.В. Определение факторов риска сердечно-сосудистой летальности в учреждениях уголовно-исполнительной системы с использованием методов машинного обучения. *Врач и информационные технологии*. 2017; 2: 25-49.
12. Гулиев Р.Р., Сенько О.В., Затейщиков Д.А., Носиков В.В., Упоров И.В., Кузнецова А.В. и др. Применение оптимальных разбиений для многопараметрического анализа данных в клинических исследованиях. *Математическая биология и биоинформатика*. 2016; 1: 46-63.
13. Бондаренко В.Н., Демидова Е.В. Анализ стационарной летальности у больных ВИЧ-ассоциированным туберкулезом. *Проблемы здоровья и экологии*. 2008; 4: 91-94.
14. Вострокнутов М.Е., Дюжева Е.В., Пономарев С.Б. Показатели риска летального исхода пациентов с коморбидной инфекцией ВИЧ и туберкулёз, содержащихся в пенитенциарных учреждениях. *Уральский медицинский журнал*. 2018; 8: 29-32.
15. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе М.: Радио и связь. 1993. 278 с.
16. Мишина А.В., Мишин В.Ю., Собкин А.Л., Осадчая О.А. Диссеминированный и генерализованный туберкулез легких и оппортунистические заболевания у больных на поздних стадиях ВИЧ-инфекции с иммуносупрессией. *Туберкулез и болезни легких*. 2018; 12: 68-70.
17. Ватутин Н.Т., Калинина Н.В., Лагуnenкова О.И., Шевелек А.Н. Поражение сердечнососудистой системы при ВИЧ-инфекции. *Сердце и сосуды*. 2013; 4: 116-122.

References

1. Sterlikov S.A., Ponomaryov S.B., Aver`yanova E.L. E`pidemicheskaya situaciya po koinfekcii VICH-tuberkulez v ugovovno-ispolnitel`noj sisteme Rossijskoj Federacii [Epidemic situation of HIV-TB co-infection in the penitentiary system of the Russian Federation]. *Ural`skij medicinskij zhurnal [Ural Medical Journal]*. 2018; 8: 95-97. (In Russian).
2. Vasil`eva I.A., Sterlikov S.A., Belilovskij E.M., Borisov S.E., Ponomaryov S.B. Tuberkulez v uchrezhdeniyax ugovovno-ispolnitel`noj sistemy` v stranax Evropy` i v Rossijskoj Federacii. [Tuberculosis in penitentiary institutions in Europe and in the Russian Federation]. *Tuberkulez i bolezni legkix [Tuberculosis and lung disease]*. 2018; 5: 6-13. (In Russian).
3. Kolomicz V.M. Patomorfoz tuberkuleza v kontingentax penitenciarnoj sistemy` [Pathomorphosis of tuberculosis in the contingent of the penitentiary system]. Moscow: 2013. 240 p. (In Russian).

4. Nechaeva O. B. E`pidemicheskaya situaciya po tuberkulezu sredi licz s VICH-infekciej v Rossijskoj Federacii [The epidemic situation of tuberculosis among persons with HIV infection in the Russian Federation]. *Tuberkulyoz i bolezni lyogkix* [Tuberculosis and lung disease]. 2017; 3: 13-19. (In Russian).
5. Pshenichnikova-Pelenyova I.M., Czgoeva E.A. Dinamika letal`nosti ot tuberkulyoza sredi osuzhdyonny`x v specializirovannoj bol`nice FSIN [The dynamics of mortality from tuberculosis among convicts in the specialized hospital FSIN]. *Ural`skij medicinskij zhurnal* [Ural Medical Journal]. 2018; 8:101-106. (In Russian).
6. Zolin A.G., Silaeva A.Yu. Primenenie nejronny`x setej v medicine [The use of neural networks in medicine]. V sbornike «Aktual`ny`e problemy` nauki, e`konomiki i obrazovaniya XXI veka» [in the collection "Actual problems of science, economics and education of the XXI century"]; 2012: 264-271. (In Russian).
7. Aver`yanova E.L. Goroxov M.M., Ponomarev S.B., Ponomareva A.S. Problemy` informacionnogo monitoringa social`no znachimy`x zabolevanij (na primere VICH-infekcii v ugovolno-ispolnitel`noj sisteme) [Problems of information monitoring of socially significant diseases (for example, HIV infection in the penitentiary system)]. Pskov: OOO Pechatny`j Dvor «Sterx». 2016. 116 s. (In Russian).
8. Meshkov I.O. Revyakina O.V., Krasnov V.A. Primenenie metodov mnogomernoj statisticheskoj obrabotki danny`x dlya vy`yavleniya zakonomernostej techeniya tuberkuleza v sibirskom i dal`nevostochnom federal`ny`x okrugax [Application of methods of multidimensional statistical data processing to identify patterns of tuberculosis in the Siberian and Far Eastern federal districts]. *Tuberkulez i bolezni legkix* [Tuberculosis and lung disease]. 2018; 6: 30-37. (In Russian).
9. Chumachenko G.V. Babaeva I.Yu. Faktory`, vliyayushhie na prognoz 5-letnej vy`zhivaemosti u bol`ny`x VICH-associirovanny`m tuberkulezom [Factors affecting the prognosis of 5-year survival in patients with HIV-associated tuberculosis]. *Tuberkulez i bolezni legkix* [Tuberculosis and lung disease]. 2015; 6: 74-75. (In Russian).
10. Ponomarev S.B., Goroxov M.M., Aver`yanova E.L. Razrabotka modeli na osnove iskusstvennoj nejronnoj seti dlya prognozirovaniya razvitiya SPID u osuzhdyonny`x [Development of a model based on an artificial neural network to predict the development of AIDS in convicts.] V sbornike: Penitenciarnaya medicina v Rossii i za rubezhom [In the collection: Penitentiary medicine in Russia and abroad]. – M.: izdatel`stvo FKU NII FSIN Rossii. 2019: 97-99. (In Russian).

11. Dyuzheva E.V., Kuzneczova A.V., Sen`ko O.V. Opredelenie faktorov riska serdechno-sosudistoj letal`nosti v uchrezhdeniyax ugovovno-ispolnitel`noj sistemy` s ispol`zovaniem metodov mashinnogo obucheniya [Identify risk factors for cardiovascular mortality in penitentiary institutions using machine learning techniques]. Vrach i informacionny`e texnologii [Doctor and information technology]. 2017; 2: 25-49. (In Russian).

12. Guliev R.R., Sen`ko O.V., Zatejshhikov D.A., Nosikov V.V., Uporov I.V., Kuzneczova A.V. i dr. Primenenie optimal`ny`x razbienij dlya mnogoparametricheskogo analiza danny`x v klinicheskix issledovaniyax [The use of optimal partitions for multiparameter data analysis in clinical studies]. Matematicheskaya biologiya i bioinformatika [Mathematical biology and bioinformatics]. 2016; 1: 46-63. (In Russian).

13. Bondarenko V.N., Demidova E.V. Analiz stacionarnoj letal`nosti u bol`ny`x VICH-associirovanny`m tuberkulezom [Analysis of stationary mortality in patients with HIV-associated tuberculosis]. Problemy` zdorov`ya i e`kologii [Health and ecology problems]. 2008; 4: 91-94. (In Russian).

14. Vostroknutov M.E., Dyuzheva E.V., Ponomarev S.B. Pokazateli riska letal`nogo isxoda pacientov s komorbidnoj infekciej VICH i tuberkulyoz, sodержashhixsya v penitenciarny`x uchrezhdeniyax [Indicators of the risk of death of patients with comorbid infection of HIV and tuberculosis contained in penitentiaries]. Ural`skij medicinskij zhurnal [Ural Medical Journal]. 2018; 8: 29-32. (In Russian).

15. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarxij: per. s angl. R.G. Vachnadze [Decision Making. Hierarchy Analysis Method: Per. from English R.G. Vachnadze] M.: Radio i svyaz`. 1993. 278 s. (In Russian).

16. Mishina A.V., Mishin V.Yu., Sobkin A.L., Osadchaya O.A. Disseminirovanny`j i generalizovanny`j tuberkulez legkix i opporunisticheskie zabolevaniya u bol`ny`x na pozdnix stadiyax VICH-infekcii s immunosupressiej [Disseminated and generalized pulmonary tuberculosis and opportunistic diseases in patients with advanced HIV infection with immunosuppression]. Tuberkulez i bolezni legkix [Tuberculosis and lung disease]. 2018; 12: 68-70. (In Russian).

17. Vatutin N.T., Kalinina N.V., Lagunenkov O.I., Shevelek A.N. Porazhenie serdechnososudistoj sistemy` pri VICH-infekcii [The defeat of the cardiovascular system in HIV infection]. Serdce i sosudy` [Heart and vessels]. 2013; 4: 116-122. (In Russian).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

Сведения об авторах

Вострокнутов Михаил Евгеньевич – старший научный сотрудник филиала (г. Ижевск) Федерального казенного учреждения «Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний» Российской Федерации, e-mail: 89128762926@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-0973-9640; SPIN – код: 8375-8998.

Пономарёв Сергей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник филиала (г. Ижевск) Федерального казенного учреждения «Научно-исследовательский институт Федеральной службы исполнения наказаний» Российской Федерации, Россия, г. Ижевск, ул. Коммунаров, д. 216, Россия, e-mail: docmedsb@yandex.ru; ORCID ID 0000-0002-9936-0107; SPIN – код: 4646-6870.

About the authors

Vostroknutov Mikhail Evgenievich - Senior Researcher of the branch (Izhevsk) of the Federal State Institution "Research Institute of the Federal Penitentiary Service" of the Russian Federation; e-mail: 89128762926@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0973-9640, SPIN - code: 8375-8998.

Ponomarev Sergey Borisovich - doctor of medical sciences, professor, chief researcher of the branch (Izhevsk) of the Federal state institution "Research Institute of the Federal Penitentiary Service" of the Russian Federation, Russia, Izhevsk, ul. Kommunarov, 216; e-mail: docmedsb@yandex.ru; ORCID ID 0000-0002-9936-0107; SPIN - code: 4646-6870.

Статья получена: 25.06.2019 г.
Принята в печать: 02.08.2019 г.