

УДК 616-089.1

**Применение метода логистической регрессии для факторов риска,
влияющих на исход операции в условиях искусственного
кровообращения.**

Симанков Д.С.

*ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследо-
вательский университет)», Москва*

Введение

В литературе представлены многочисленные исследования, в которых оцениваются факторы риска летальности после операций в условиях искусственного кровообращения. Все они важны, несмотря на различия в методах исследования – от статистических до полуэмпирических. Настоящая статья основана на данных о результатах операций с искусственным кровообращением, выполненных в ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, с дальнейшей их обработкой статистическими методами. В процессе лечения пациента кардиохирургического профиля и на всех его этапах собирается много различных сведений, анализ которых возможен с использованием математических методов. В ранних работах автор применял статистический подход, в основе которого был использован метод деревьев классификации (www.statsoft.ru), позволяющий выявить предиктивные факторы риска, влияющие на исход операции. Соавторы работы [2], с медицинской точки зрения, поставили описанную ниже задачу. Именно им принадлежит выделение факторов риска, влияющих на исход операции в условиях искусственного кровообращения для взрослых пациентов.

Материалы и методы.

В период с 2006 по 2009 годы в ФГБУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России заполнялась база данных пациентов кардиохирургического профиля, опери-

рованных в условиях искусственного кровообращения. В анализ включено 1731 пациент.

Были выделены факторы:

а) дооперационные качественные (наличие/отсутствие повторных операций и бактериальный эндокардит) и количественные (возраст),

б) интраоперационные в виде качественных (наличие/отсутствие очагов хронической инфекции, проведение реторакотомии и кровопотеря более 500 мл) и количественных (длительность искусственного кровообращения (ИК) в минутах),

в) послеоперационные качественные (наличие/отсутствие развитие в первые дни после операции полиорганной недостаточности (ПОН) и проведение внутриаортальной контрапульсации (ВАБК)) и количественные (длительность вентиляции лёгких (ИВЛ) в сутках).

Частота встречаемости этих признаков была: возраст старше 60 лет (34% от поступивших больных и 53% от умерших), бактериальный эндокардит (10% и 10%), хронические очаги инфекций (28% и 33%) и наличие в анамнезе проведенных ранее кардиохирургических операций (11% и 24%), длительность ИК более 180 минут (13% и 48%), кровопотеря более 500 мл (11% и 50%), проведение реторакотомии (7% и 25%), развитие полиорганной недостаточности в течение первых суток после операции (9% и 63%), длительность вентиляции легких в течении 2 и более суток (10% и 60%), ВАБК (9% и 37%). Летальность составила 9% (159 пациентов).

Процедуры статистического анализа выполнялись с помощью статистических пакетов SAS 9.2, STATISTICA 10 и SPSS-20. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось равным 0,05. В случае превышения достигнутого уровня значимости статистического критерия этой величины, принималась нулевая гипотеза. Для сравнения групп использовались параметрические и непараметрические методы: дисперсионный анализ, в том числе с критерием Краскела-Уоллиса и ранговыми метками Вилкоксона, медианный критерий, и критерий Ван дер

Вардена [3-4, 8]. Исследование взаимосвязи между парами дискретных качественных признаков проводилось с использованием анализа парных таблиц сопряжённости. Помимо оценок критерия Пирсона χ^2 и достигнутого уровня статистической значимости этого критерия, вычислялись и оценки интенсивности связи анализируемых признаков, такие как коэффициент ϕ , коэффициент контингенции и V-коэффициент Крамера [3-6]. В случае наличия статистически значимых связей между парой качественных признаков проводился углублённый анализ распределения частот в клетках таблицы сопряжённости, позволявший установить структуру выявленной взаимосвязи на уровне сочетаний отдельных градаций обоих признаков. Для анализа взаимосвязи между одним качественным признаком, выступающим в роли зависимого, результирующего показателя, и подмножеством количественных и качественных признаков, использовалась модель логистической регрессии [7-9] с пошаговым алгоритмом включения и исключения предикторов. Результаты оценки уравнений логистической регрессии представлены набором коэффициентов регрессии, достигнутыми уровнями значимости для каждого коэффициента, а также оценкой показателя согласия (Concordant) фактической принадлежности пациента к той или иной из групп, и теоретической принадлежности, полученной по уравнению логит-регрессии. Всего было получено несколько десятков уравнений логит-регрессии, из которых производился отбор уравнений имеющих самые высокие значения (около 80-90%) этого показателя. Ранжирование выделенных предикторов по степени связи с зависимой переменной производилось путём сортировки предикторов по модулю стандартизованных коэффициентов регрессии [7-9]. Для интерпретации структуры уравнений использовались результаты анализа таблиц сопряжённости и результаты сравнения центральных мер для групп зависимого признака. Для зависимых признаков с двумя градациями на основе полученных уравнений логистической регрессии проводился ROC-анализ с построением ROC-кривых [5, 7, 9].

Метод логистической регрессии имеет несколько модификаций (в пакете SAS их четыре. Рассмотренные две модели в этом исследовании формировали уравнение вероятности наступления события по набору факторов в первом случае с пошаговым включением, а во втором с пошаговым исключением их.

Для более полного и детального анализа были сформированы группы качественных признаков, сформированные из двух одновременно наступивших (наблюдаемые у одного пациента) событий, например наличие ПОН и ВАБК. Три количественных признака были закруглены и переведены в качественные по критериям: ИВЛ до двух и более двух суток – это одно значение, которое интерпретируется как патология и в таблице отмечается как наличие ИВЛ; длительность ИК до 180 минут и более 180 минут является патологией и в таблице отмечается как наличие фактора ИК; аналогично для возраста до 60 лет и более 60 лет. Это сделано для того, чтобы можно было сформировать группу качественных признаков, состоящую из двух одновременно наступивших событий (наблюдений) - качественного и количественного признаков, и представить их одновременное появление как качественный признак.

Результаты

Для анализа силы связи между качественными признаками использовался наиболее адекватный показатель интенсивности – V-коэффициент Крамера (стандартные расчёты коэффициентов χ^2 и конкордации менее информативны ввиду того, что данные о пациенте являются качественными). В большинстве случаев была обнаружена очень слабая связь (V-коэффициент Крамера менее 0,35) или уровень значимости превосходил 5%. Общая группа пациентов была так же поделена на две подгруппы: выжившие и с летальным исходом. Результаты представлены в таблице 1. Применительно к этой таблице было выполнено дополнительное исследование – анализ таблиц сопряжённости. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблицу 2 следует читать так: различия по частоте наличия или отсутствия проведённой реторакотомии наиболее контрастны для случая отсутствия кровопотери более 500 мл; тогда как при наличии кровопотери более 500 мл эти относительные частоты значимо не различаются.

Эти результаты подтверждаются по точному критерию Фишера.

Дальнейший анализ выполнялся для проверки гипотез о равенстве групповых средних 3-х количественных признаков с помощью непараметрических критериев: Краскела-Уоллиса с ранговыми метками Вилкоксона, медианного критерия и критерия Ван дер Вардена. В качестве группирующих признаков выступали: бактериальный эндокардит, наличие хронических очагов, повторные операции, проведение реторакотомии, кровопотеря более 500 мл, ВАБК, ПОН, смерть. Цель анализа - выделение набора количественных признаков статистически значимо взаимосвязанных с признаками бактериальный эндокардит, наличие хронических очагов, повторные операции, проведение реторакотомии, кровопотеря более 500 мл, ВАБК, ПОН, смерть. Аналогичные действия были выполнены и для других факторов, не вошедших в таблицу 1. Везде сравнивается значение достигнутого уровня значимости для этих непараметрических критериев. Если он менее 0,05, то нулевая гипотеза о равенстве генеральных средних отклоняется, и принимается гипотеза о неравенстве генеральных (популяционных) средних. Отметим, что критерий Ван дер Вардена самый мощный из используемых непараметрических критериев. Аналогичный анализ был выполнен для двух подгрупп пациентов: выживших и с летальным исходом.

Анализ уровня значимости показал, что почти везде нулевая гипотеза о равенстве генеральных средних (или медиан) отклоняется, и принимается гипотеза о неравенстве генеральных средних (или медиан). Исключение составили пары возраст старше 60 лет и наличие очагов хронической инфекции, возраст старше 60 лет и проведение реторакотомии, ИК более 180 мин и бактериальный эндокардит, ИВЛ более 2 суток и бактериальный эндокардит, ИВЛ более 2 суток и наличие очагов хронической инфекции, возраст старше

60 лет и ИК более 180 мин + хронические очаги + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и хронические очаги + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и ИК более 180 мин + хронические очаги + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и ИК более 180 мин + хронические очаги + кровопотеря более 500 мл, возраст старше 60 лет и ИК более 180 мин + хронические очаги, возраст старше 60 лет и ИК более 180 мин + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и бактериальный эндокардит + проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и хронические очаги + кровопотеря более 500 мл, ИК более 180 мин и бактериальный эндокардит + возраст от старше 60 лет, ИК более 180 мин и бактериальный эндокардит + повторные операции + возраст старше 60 лет, ИВЛ более 2 суток и бактериальный эндокардит + возраст старше 60 лет, ИВЛ более 2 суток и бактериальный эндокардит + повторные операции + возраст старше 60 лет. Полученные сведения в этом анализе пригодятся для более аргументированной интерпретации результатов логистической регрессии.

Анализ уровня значимости для группы пациентов с летальным исходом показал, что почти везде нулевая гипотеза о равенстве генеральных средних (или медиан) отклоняется, и принимается гипотеза о неравенстве генеральных средних (или медиан). Исключение составили пары: возраст старше 60 лет и проведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и повторные операции, возраст старше 60 лет и наличие очагов хронической инфекции, ИК более 180 мин и бактериальный эндокардит, ИВЛ более 2 суток и бактериальный эндокардит, ИВЛ более 2 суток и наличие хронических очагов.

Анализ уровня значимости для группы выживших пациентов показал, что почти везде нулевая гипотеза о равенстве генеральных средних (или медиан) отклоняется, и принимается гипотеза о неравенстве генеральных средних (или медиан). Исключение составили пары: возраст старше 60 лет и про-

ведение реторакотомии, возраст старше 60 лет и повторные операции, возраст старше 60 лет и наличие хронических очагов, ИК более 180 мин и бактериальный эндокардит, ИВЛ более 2 суток и бактериальный эндокардит, ИВЛ более 2 суток и наличие очагов хронической инфекции.

С помощью метода логистической регрессии изучалась взаимосвязь между всеми регистрируемыми факторами риска и факторами, которые были составлены как одновременно наступившие или не наступившие события. Данный анализ производился по всему массиву данных в целом. Основной показатель – процент согласия, конкордации (Percent Concordant) не превосходил 60%. Т.е. уравнение логит-регрессии правильно предсказывает принадлежность к той или иной группе около 60% случаев. Сила связи факта и предсказания выражается коэффициентом D-Зомера (Somers' D) изменяющиеся от нуля (полное несовпадение) до 1 (полное совпадение). D-Зомера находился в районе 0,2. Уровень значимости при проверке гипотезы случайного распределения остатков между фактическими и предсказанными значениями был около 0,95. Следовательно, принимается гипотеза случайного распределения остатков (отсутствие асимметрии в распределении этих остатков).

С помощью метода логистической регрессии изучалась взаимосвязь между зависимыми переменными ВАБК, ПОН и ИВЛ более 2 суток выраженные качественно и всеми качественными и количественными признаками из группы дооперационных и интрооперационных факторов (возраст от 60 лет, бактериальный эндокардит, повторные операции, бактериальный эндокардит + повторные операции, бактериальный эндокардит + повторные операции + возраст старше 60 лет, бактериальный эндокардит + возраст старше 60 лет, повторные операции + возраст старше 60 лет, наличие хронических очагов, ИК более 180 мин, проведение реторакотомии, кровопотеря более 500 мл, наличие очагов хронической инфекции + кровопотеря более 500 мл, бактериальный эндокардит + проведение реторакотомии, кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + хронические очаги,

ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл, ИК более 180 мин + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл, ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов + проведение реторакотомии, наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии). Данный анализ производился по всему массиву данных в целом.

Процент согласия для ВАБК составил 78,3%, ПОН - 84,6%, ИВЛ от 2 суток качественно - 84,2%. Коэффициент D-Зомера для ВАБК составил 0,567, ПОН - 0,691, ИВЛ от 2 суток качественно - 0,685. Уровень значимости при проверке гипотезы случайного распределения остатков между фактическими и предсказанными значениями был для ВАБК - 0,9518, ПОН - 0,8812, ИВЛ от 2 суток качественно - 0,8751. На рисунке 1 изображены ROC-кривые для ВАБК, ПОНа и ИВЛ от 2 суток качественно.

Как известно, логит-регрессия позволяет оценивать вероятность отнесения конкретного наблюдения (пациента) к той или иной подгруппе (ВАБК=1, ПОН=1 и ИВЛ от 2 суток качественно=1). И уравнение для оценки вероятности отнесения наблюдения к подгруппам будет выглядеть следующим образом:
$$p = \frac{\exp(beta)}{1 + \exp(beta)}$$

где величина «beta» есть результат вычисления для конкретного пациента по уравнению логит-регрессии.

Для ВАБК «beta» уравнение логистической регрессии выглядит так:
«beta»= - 5,4217+0,0323 * (возраст от 60 лет) – 2,2308 * (бактериальный эндокардит) – 0,8495 * (повторные операции) + 3,4467 * (бактериальный эндокардит + повторные операции + возраст от 60 лет) + 0,00809 * (ИК более 180 мин) + 2,3355 * (проведение реторакотомии) + 1,2845 * (кровопотеря более 500 мл) – 2,2029 * (кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии)

Для ПОНа «beta» в уравнении логистической регрессии выглядит так:

«beta»= $-6,036 + 0,0281 * (\text{возраст от 60 лет}) + 0,4939 * (\text{повторные операции}) + 0,9197 * (\text{повторные операции} + \text{возраст от 60 лет}) + 0,5798 * (\text{наличие хронических очагов}) + 0,00902 * (\text{ИК более 180 мин}) + 2,1722 * (\text{кровопотеря более 500 мл})$

Проверка гипотезы адекватности фактических и предсказанных значений с помощью критерия Хосмера-Лемешова даёт уровень значимости равный для ВАБК - 0,9136, ПОН - 0,6619, ИВЛ от 2 суток качественно - 0,169. Т.е. имеем адекватную модель везде, кроме ИВЛ более 2 суток качественно.

Проанализируем с помощью метода логистической регрессии взаимосвязь между зависимой переменной смерть и всеми качественными и количественными признаками (возраст от 60 лет, бактериальный эндокардит, повторные операции, бактериальный эндокардит + повторные операции, бактериальный эндокардит + повторные операции + возраст от 60 лет, бактериальный эндокардит + возраст от 60 лет, повторные операции + возраст от 60 лет, наличие хронических очагов, ИК более 180 мин, проведение реторакотомии, кровопотеря более 500 мл, наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл, бактериальный эндокардит + проведение реторакотомии, кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов, ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл, ИК более 180 мин + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл, ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов + проведение реторакотомии, наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИК более 180 мин + наличие хронических очагов + кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии, ИВЛ от 2 суток, ВАБК, ПОН, ВАБК+ПОН, ИВЛ от 2 суток + ВАБК +ПОН, ИВЛ от 2 суток + ВАБК, ИВЛ от 2 суток +ПОН). Данный анализ производился по всему массиву в целом.

Процент согласия для смерти составил 93,9%. Коэффициент Д-Зомера для смерти составил 0,879. Уровень значимости при проверке гипотезы слу-

чайного распределения остатков между фактическими и предсказанными значениями был для смерти - 0,707. На рисунке 2 изображены ROC-кривые для смерти.

Для летального исхода «beta» в уравнении логистической регрессии выглядит так: «beta»= -8,7992 + 0,0464 * (возраст от 60 лет) + 1,2628 * (повторные операции) + 0,0144 * (ИК более 180 мин) + 1,5717 * (кровопотеря более 500мл) + 1,5898 *(ВАБК) + 3,6689 * (ПОН) - 2,4298 * (ВАБК+ПОН) + 0,9063 * (ИВЛ от 2 суток + ВАБК)

Проверка гипотезы адекватности фактических и предсказанных значений с помощью критерия Хосмера-Лемешова даёт уровень значимости равный 0,5271.

Обсуждение.

Для интраоперационных факторов интересно заметить, что при кровопотере более 500 мл наблюдалось одинаковое количество случаев проведения реторакотомий. Следовательно, если не допускать большую кровопотерю, то снизится вероятность (и возможно необходимость) проведения реторакотомии. В свою очередь, при снижении одновременно наступивших этих двух факторов при операции, летальность уменьшится на незначительную, но точно достоверную часть (V-коэффициент Крамера = 0,222 при p=0.05).

Очень сильная и достоверная связь наблюдается между ИВЛ и ПОН. Следовательно, снижая один показатель, будет снижаться и другой. То есть при проведении ИВЛ менее 2 суток вероятность развития полиорганной недостаточности не велика.

Как выяснилось, наблюдается слабая связь между ИК более 180 мин и летальным исходом операции (V- Крамера = 0,3516 при p=0.05) и сильная между ИВЛ и ПОН (V- Крамера = 0,7012 при p=0.05). В данной группе больных возраст как качественный фактор не влияет на исход операции.

Интересно заметить, что по отдельности V-коэффициент Крамера между летальным исходом операции и ПОН или ИВЛ более 2 часов равен 0,6130 и 0,5356 соответственно, в то время как между летальным исходом операции

и одновременным наличием ПОН и ИВЛ более 2 часов равен – 0,5787. Это обстоятельство объясняется сложной структурой взаимосвязей между признаками и дальнейшее предсказание изучение предрасположенности (вероятности) к летальному исходу возможно, если применить метод логистической регрессии.

Как видно из анализа стандартизированных коэффициентов для фактора ВАБК наиболее сильным предиктором является возраст от 60 лет, то есть тот, который известен изначально перед операцией. На втором месте – проведение реторакотомии, фактор который можно контролировать во время операции. Следовательно, направляя усилия на недопущения появления фактора проведение реторакотомии, достоверно можно снизить вероятность наступления послеоперационного фактора ВАБК. Интересно, что на третьем месте по важности является фактор (кровопотеря более 500 мл + проведение реторакотомии), который объединяет одновременное наступление двух событий и, по сути, отражает величину кровопотери, которая также учитывается, но по отдельности не имеет такой силы, как наличие смешанного фактора. Из корреляционного анализа с использованием коэффициентов V- Крамера известно, что есть сильная и достоверная связь между кровопотерей более 500 мл и проведением реторакотомии (коэффициент V-Крамера равен 0,5916). Если не допустить потерю крови более 500 мл, то вероятность наступления ВАБК снизится. На четвёртом месте стоит искусственно загрубленный фактор - ИК более 180 минут.

Аналогичные рассуждения можно провести и для фактора ПОН. Наиболее сильным является интраоперационный фактор (кровопотеря более 500 мл), наличие которого может спровоцировать наличие фактора проведение реторакотомии (хотя самого этого фактора нет в уравнении логистической регрессии). На втором месте по значимости является ИК более 180 минут, который относится также к интраоперационным факторам и его можно контролировать. На третьем месте расположен дооперационный фактор риска – возраст старше 60 лет.

Из выше написанных рассуждений следует, что факторы ВАБК и ПОН взаимосвязаны, но связь их слабая (V-Крамера коэффициент равен 0,3763).

Для фактора ИВЛ более 2 суток не получилось составить уравнение логистической регрессии с большим или средним уровнем значимости, то есть составленные уравнения не адекватно описываются в рамках гипотез полученных уравнений.

Наиболее интересным и имеющим практическую значимость является уравнение логит-регрессии для летального исхода операции, то есть вычисление вероятности наступления летального исхода по факторам риска для пациента. Среди стандартизированных коэффициентов для фактора летального исхода наиболее сильным является ПОН, который очень сильно зависит от фактора ИВЛ более 2 суток качественно (коэффициент V-Крамера равен 0,7012). Интересно заметить, что сам фактор ИВЛ от 2 суток качественно не вошёл в уравнение логистической регрессии, поскольку его достигнутый уровень значимости превзошёл значение 0,05 и был отсеян на некотором шаге при формировании уравнения. На втором месте стоит фактор ИК более 180 мин, на третьем – возраст от 60 лет. Заметим, что согласно предварительной обработки данных в виде построения корреляционной матрицы на основе коэффициентов V- Крамера, этот закругленный фактор в виде возраст от 60 лет качественно совсем не был связан с исходом операции - летальным исходом. На примере этой работы можно ещё раз подтвердить утверждение, что количественные признаки лучше не переводить в качественные, которые являются менее информативными, чем количественные. На четвёртом месте – фактор кровопотеря более 500 мл.

Резюмируя выше написанное, можно сделать условный рисунок 3 взаимосвязей факторов, ведущих к летальному исходу, в котором факторы риска, расположенные ближе к летальному исходу являются более значимыми, чем те, что ниже. Стрелочками указаны корреляционные и весовые связи, о которых было написано выше.

ВЫВОД.

Длительность ИВЛ более 2 суток является статистически достоверным фактором риска развития ПОН, ведущего к летальному исходу больных, оперируемых в условиях ИК.

Для снижения вероятности проведения внутриаортальной контрапульсации в первую очередь надо не допустить проведения рекоратомий. Этим же действием будет снижена вероятность наступления фактора ПОН, поскольку он зависит от проведённой рекоратомии через фактор кровопотери от 500 мл.

Как и было раньше показано, предиктовым фактором влияющим на исход операции, является ПОН, которая часто встречается на фоне ИВЛ от 2 суток. В этом же ряду стоит и фактор длительности ИК в его количественном виде. На третьем месте расположилась группа факторов из возраста пациента выраженного в количественной форме, и интродооперационные взаимосвязанные факторы – проведение рекоратомий и кровопотери от 500 мл.

Имея в своём распоряжении такие уравнения, врач может определить, значения каких конкретно предикторов необходимо скорректировать определёнными вмешательствами, чтобы снизить вероятность нежелательного исхода – наступление летального исхода пациента.

Список литературы.

1. Габриэлян Н.И. Гнойно-септические осложнения в трансплантологии и кардиохирургии: эпидемиология и профилактика. Автореферат д.м.н. Москва, 2011

2. Симанков Д.С., Савостьянова О.А., Мелемука И.В., Габриэлян Н.И. и Толпекин В.Е. «Статистическая модель прогноза летальности пациентов кардиохирургического профиля, оперированных в условиях искусственного кровообращения.» тезисы на конференции 14 съезда сердечно-сосудистых хирургов, Москва, Изд. НЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2008

3. А. Афифи, С. Эйзен. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. - М.:Мир, 1982; 488 с.

4. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. Пер. с англ. М.: Главная редакция физ.-мат. литературы. 1973, с. 899 с.
5. Т. А. Ланг, М. Сесик. Как описывать статистику в медицине. Руководство для авторов, редакторов и рецензентов/пер. с англ. под ред. Леонова В.П. – М.: Практическая Медицина, 2011. – 480 с.
6. Леонов В.П. Обработка экспериментальных данных на программируемых микрокалькуляторах. Томск, изд-во ТГУ. - 1990. – 376 с.
7. В. Леонов. Логистическая регрессия в медицине и биологии. URL: http://www.biometrica.tomsk.ru/logit_1.htm.
8. Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т.1: Пер. с англ./ Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю.Н. Тюрина.- М.: Финансы и статистики, 1989; - 510с. Т. 2: 1990; - 526 с.
9. David W. Hosmer. Jr., Stanley Lemeshow. Applied logistic regression — 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2000, 397 pp.
10. Симанков Д.С., Савостьянова О.Н. Статистические методы для анализа значимости факторов риска послеоперационной летальности у кардиохирургических пациентов, прооперированных в условиях искусственного кровообращения.// Вестник трансплантологии и искусственных органов, Том 14. Материалы 6 всероссийского съезда трансплантологов, 2012, стр 234-235.

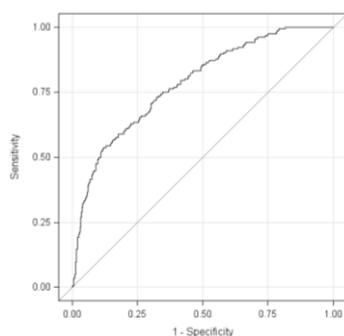
Таблица 1

V-коэффициенты Крамера для связей между факторами риска

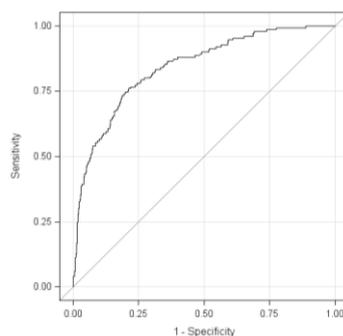
В общей группе.			
кровопотеря более 500 мл и ПОН	0,3751	ВАБК и ПОН	0,3763
кровопотеря более 500 мл и ИВЛ от 2 суток + ПОН	0,3762	ИВЛ качественно и ВАБК + ПОН	0,4427
кровопотеря более 500 мл и смерть	0,4163	смерть и ВАБК + ПОН	0,3754
ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл и ИВЛ от 2 суток + ПОН	0,3674	смерть и ИВЛ от 2 суток+ ВАБК +ПОН	0,3512
ИК более 180 мин качественно и смерть	0,3516	смерть и ИВЛ от 2 суток + ВАБК	0,3612
ВАБК и ИВЛ качественно	0,3723	смерть и ИВЛ от 2 суток + ПОН	0,5787
кровопотеря более 500 мл и проведение реторакотомии	0,5916	ПОН и ИВЛ от 2 суток + ВАБК	0,4580
ИК более 180 мин + кровопотеря более 500 мл и смерть	0,4509	ПОН и смерть	0,6130
ИВЛ качественно и ПОН	0,7012	ИВЛ качественно и смерть	0,5356
В группе выживших больных			
ПОН и ИВЛ от 2 суток + ВАБК	0,4141	ИВЛ качественно и ВАБК + ПОН	0,3643
кровопотеря более 500 мл и проведение реторакотомии	0,6411	ИВЛ качественно и ПОН	0,5245
В группе с летальным исходом.			
кровопотеря более 500 мл и проведение реторакотомии	-0,3449	ИВЛ качественно и ПОН	0,6173

Анализ таблиц сопряжённости

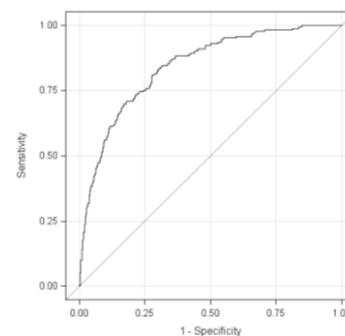
Контрастный фактор риска	Фактор риска, влияющий на контрастный фактор риска
проведение реторакотомии	отсутствие кровопотеря более 500 мл
смерть	наличие ИК >180 мин + кровопотеря >500 мл
ИВЛ качественно	наличие ПОН
ПОН	наличие ИВЛ от 2 суток + ВАБК
смерть	наличие ПОН
смерть	наличие ИВЛ от 2 суток + ПОН
ИВЛ качественно	наличие смерть
кровопотеря >500 мл (для выживших)	наличие проведение реторакотомии
ИВЛ качественно (для выживших)	наличие ПОН
ИВЛ качественно (для умерших)	наличия ПОН



А



Б



В

Рисунок 1. ROC-кривые для внутриартериальной баллонной контрпульсации (А), полиорганной недостаточности (Б) и ИВЛ более 2 суток (В).

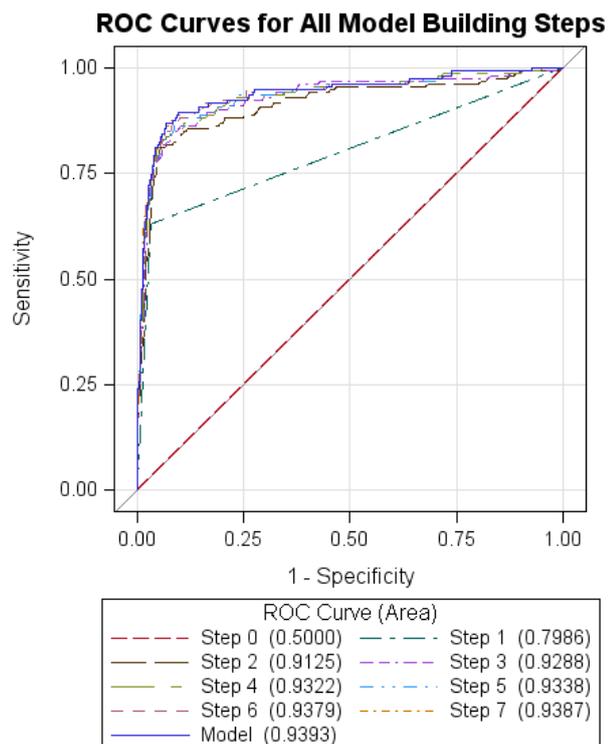


Рисунок 2. ROC-кривые для летального исхода

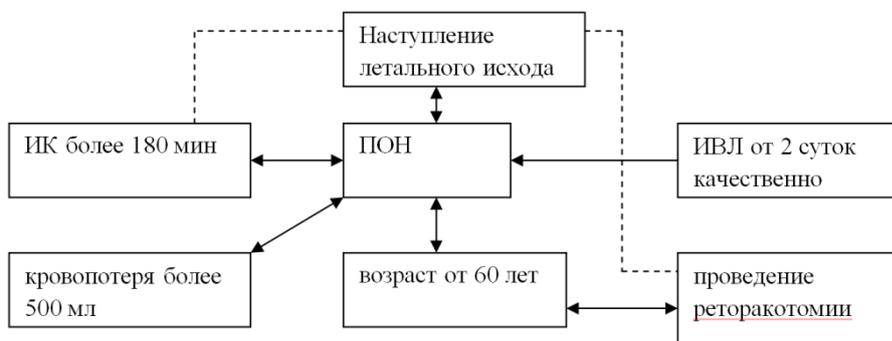


Рисунок 3. Взаимосвязи между факторами и их влияние на исход операции.

В статье рассматриваются факторы риска кардиохирургических операций в условиях искусственного кровообращения. Предварительный статистический анализ выполнялся с помощью непараметрических критериев Ван дер Вандена, Краскела-Валлиса и медианного критерия по всему объёму данных. Оценка интенсивности связей между выделенными факторами риска, влияющих на исход операции, выполнена по V-коэффициенту Крамера. Выявлены признаки и группы признаков, статистически значимо взаимосвязанных между собой и влияющих на исход операций. Статистический анализ выполнялся с помощью модели логистической регрессии с пошаговым алгоритмом включения и исключения предикторов для общей группы пациентов. Для интерпретации структуры уравнений использовались результаты анализа таблиц сопряжённости и результаты сравнения центральных мер для групп зависимого признака. Для зависимых признаков с двумя градациями на основе полученных уравнений логистической регрессии проводился ROC-анализ с построением ROC-кривых.

Ключевые слова: факторы риска, кардиохирургия, статистический анализ, летальность, логистическая регрессия.

APPLICATION OF LOGISTIC REGRESSION FOR RISK FACTORS AFFECTING THE OUTCOME OF SURGERY UNDER EXTRACORPOREAL CIRCULATION

Simankov D.S.

Federal government budgetary institution of higher education "Moscow Aviation Institute (a national research university)", Moscow, Russia (125993, Moscow, Volokolamskoe highway, 4), pegasds1@mail.ru.

This article discusses risk factors for cardiac surgery under extracorporeal circulation. Advance statistical analysis was performed using the nonparametric Van der Wanda, Kruskal-Wallis and median criterion over the entire volume of data. Assessment of the intensity relations between the selected risk factors affecting the outcome of the operation, performed on V-Cramer coefficient. The signs and symptoms of significantly inter-related and affect the outcome of operations. Statistical analysis was performed using a logistic regression model with step by step algorithm of inclusion and exclusion of predictors for the overall group of patients. To interpret the structure of the equations used in the analysis of contingency tables and the results of the comparison groups for the central action of the dependent variable. For dependent characteristics of the two grades on the basis of the equations of logistic regression was performed ROC-analysis with the construction of ROC-curves.

Keywords: risk factors, a heart surgery, the statistical analysis, a lethality, a logistic regression.

Контакты: Симанков Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры «Физика» МАИ, лаборант-исследователь лаборатории вспомогательного кровообращения и искусственного сердца ФНЦ ТиИО имени академика В.И. Шумакова.

Тел. 8 (926) 173 38 80, e-mail: pegasds1@mail.ru