

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОХРАННОСТИ КОНЕЧНОСТИ ПРИ ГНОЙНО-НЕКРОТИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ СТОП ИШЕМИЧЕСКОГО ГЕНЕЗА

Малахов Ю.С., Аверьянов Д.А., Иванов А.В.

32 Центральный Военно-морской клинический госпиталь

Резюме

Получена математическая модель, позволяющая прогнозировать вероятность сохранения конечности у больного с гнойно-некротическим поражением нижних конечностей ишемического генеза.

Ключевые слова: прогнозирование исходов операций, облитерирующие заболевания нижних конечностей.

Значительное расширение спектра и количества реконструктивных операций на магистральных сосудах, в том числе в терминальных стадиях облитерирующих заболеваний, требует принятия оптимального решения о целесообразности проведения и выбора метода оперативного вмешательства, в особенности у пожилых и ослабленных больных. Современный хирург должен сформулировать научно обоснованный прогноз результативности предполагаемой операции. Прогнозирование исходов реконструктивных операций в настоящее время осуществляется от интуитивно-эмпирического предсказания до современных компьютерных технологий обработки, визуализации и моделирования медико-биологической информации [1, 2, 3, 4].

Путем выделения достоверных критериев прогнозирования результатов реконструктивных операций на сосудах нижних конечностей в практическом плане наиболее удобной является дискриминантная алгоритмическая модель «дерева классификации», позволяющая сосудистому хирургу прогнозировать исход реконструктивной операции с точностью до 92% случаев без использования дополнительных технических средств и помощи специалистов-математиков [5].

В практическом отношении важным является тот факт, что использование данных ангиографии, УЗИ, дебитометрии, многомерных методов статистики (дискриминантного и логической регрессии) позволяют при помощи математических методов прогнозирования тромбозов определить оптимальную тактику лечения данной категории больных в каждом конкретном случае, в результате частота ранних тромбозов снизилась с 17% до 2% [6]. В других работах с целью прогнозирования осложнений после реконструктивных операций на аорто-подвздошном сегменте использован более перспективный метод искусственных нейронных связей с

PREDICTING LIMB SURVIVAL IN SUPPURATIVE-NECROTIC FOOT DISORDERS OF ISCHAEMIC ORIGIN

Yu.S. Malakhov, D.A. Aver'yanov, A.V. Ivanov

A mathematical model has been developed that allows to predict the chance of limb preservation in a patient with a suppurative-necrotic lower extremity disorder of ischaemic origin.

Keywords: predicting surgical outcomes, obliterating diseases of the lower extremities.

многомодульной организацией. В результате проведенного исследования 661 больного с ХОЗАНК установлено, что данный метод позволяет с высокой точностью прогнозировать такие состояния, как послеоперационный тромбоз, кровотечение, а также летальный исход после аорто-бедренных реконструкций в раннем послеоперационном периоде [7].

Материалы и методы

В исследование вошли 150 пациентов с гнойно-некротическими поражениями нижних конечностей ишемического генеза (IV стадия ХИНК по классификации R. Fontain–Покровского).

Мужчины составили 87,3% (131), а женщины – 12,7% (19). Средний возраст больных составил $58,6 \pm 10,7$ лет. По этиологии сосудистых поражений распределение больных было следующим: изолированные формы атеросклероза – 50% (75) наблюдений, атеросклероз в сочетании с сахарным диабетом – 36% (54), облитерирующий тромбангиит – 9,3% (14) наблюдений. У 56,7% (85) больных диагностирована сопутствующая ишемическая болезнь сердца, причем 14,7% (22) перенесли инфаркт миокарда, а ишемический инсульт – 13 (8,6%) больных, гипертоническая болезнь диагностирована у 58% (87).

С целью оценки гемодинамики в нижних конечностях и топической диагностики поражений артериального русла использовались следующие инструментальные методы исследования: ультразвуковая доплерография, ультразвуковое дуплексное ангиосканирование, цифровая рентгенконтрастная субтракционная ангиография. Оценку путей артериального кровотока по данным ангиографии производили по классификации R. Rutherford (1997). Исследование системы микроциркуляции проводилось при помощи транскутанного напряжения кислорода в тканях ($TcPO_2$) и изотопной сцинтиграфии

стоп гиппураном-йод-131. При оценке тяжести язвенно-некротического процесса использовали классификацию F. Wagner (1979) для оценки диабетических поражений стопы ввиду отсутствия в доступной литературе других классификаций для ишемического поражения.

Результаты

На основании результатов обследования больных сформирована база данных, представляющая собой матрицу наблюдений размером: $n \times (k+1)$, где n – число строк в матрице равно числу случаев наблюдавшихся объектов; k – число входных контролируемых параметров; 1 – число выходных параметров; $(k+1)$ – число столбцов в матрице наблюдений (Юнкеров В.И., Григорьев С.Г., 2002). База данных содержала 70 признаков, из которых 32 являлись дискретными, качественными, и 38 – непрерывными, количественными. Доля пропущенных значений составила менее 1%. Нами использовались следующие методы статистического анализа: анализ таблиц сопряженности, линейный и ранговый корреляционный анализ, логистическая регрессия для двоичных откликов, многомерный регрессионный анализ. Критическое значение уровня значимости принималось равным 5%. Анализ данных производился с помощью пакета прикладных программ Statistica for Windows 6.0 (Боровиков В.П., 1998).

Основой обучающей информации для создания логистической регрессионной модели с целью прогнозирования сохранности конечности стали клинично-лабораторные данные 150 больных из общей базы наблюдений ($n = 150$).

Для определения степени влияния проанализированных факторов на показатель «сохранность конечности» был применен метод логистической регрессии. Метод позволил оценить степень влияния различных факторов и создать математическую модель для прогнозирования сохранности конечности при гнойно-некротических поражениях ишемического генеза.

В качестве признаков, включаемых в модель, как независимые факторы причины, определена совокупность клинично-лабораторных признаков и методов лечения, имеющих статистически значимую, достоверную корреляционную связь с сохранностью конечности. После логического анализа и оценки статистических связей исходных данных, с помощью корреляционного анализа для дальнейшего исследования в обучающую матрицу включено 5 признаков из 70, которые имели умеренную ($0,3 < r < 0,7$) или слабую ($r < 0,3$) статистически значимую ($p < 0,05$) корреляционную связь с сохранностью конечности:

- 1) степень деструктивных изменений на стопе по Wagner ($r_s = -0,3$);
- 2) наличие болей в покое ($\varphi = -0,3$);
- 3) реконструктивная операция на сосудах конечности (прямая реваскуляризация и артериализация венозного русла) ($\varphi = 0,6$);
- 4) транскутанное напряжение кислорода в покровных тканях ($r = 0,7$);
- 5) сроки выполнения гнойного этапа ($r = -0,4$).

Основной задачей моделирования являлась оценка степени влияния различных «входных» факторов на сохранность конечности и выделение из них наиболее весомых. Выделение наиболее значимых факторов дает возможность оптимизировать лечебную тактику при данном заболевании. Второй задачей моделирования являлся прогноз сохранности конечности по данным врачебного осмотра и обязательного лабораторного и инструментального исследования. По сути, такая модель является экспресс-прогнозом, так как строится на основании минимально достаточного числа признаков.

В качестве прогнозируемого «фактора-отклика» оценивались:

- благоприятный исход – конечность сохранена – код 1;
- неблагоприятный исход – конечность ампутирована – код 0.

Расчеты произведены с помощью модуля Logistic Regression из пакета прикладных программ Statistica for Windows 5.5. В логистическую регрессионную модель были включены 5 признаков, перечень которых, коэффициенты модели и уровень их значимости приведены в табл. 1.

Табл. 1. Признаки, включенные в логистическую регрессионную модель прогноза сохранности конечности

№	Наименование и градации признаков	Коды	Коэффициенты модели	Уровень значимости, p
1	Степень деструктивных изменений на стопе по F.Wagner	X_1	- 1,3	0,14
2	Наличие болей в покое	X_2	- 0,8	0,57
3	Реконструктивная операция	X_3	8,0	0,001
4	Транскутанное напряжение кислорода в покровных тканях ($T_k PO_2$)	X_4	5,0	0,04
5	Сроки гнойного этапа	X_5	- 2,6	0,0005
6	Константа	B_0	- 6,4	0,34

Полученная логистическая регрессионная модель имеет вид:

$$CK = \frac{\text{EXP}(-6,4 - 1,3X_1 - 0,8X_2 + 8,0X_3 + 5,0X_4 - 2,6X_5)}{(1 + \text{EXP}(-6,4 - 1,3X_1 - 0,8X_2 + 8,0X_3 + 5,0X_4 - 2,6X_5))},$$

где СК – вероятность сохранности конечности (сохранность конечности ожидается при $СК > 0,5$; ампутация конечности ожидается при $СК \leq 0,5$).

X_1 – степень деструктивных изменений на стопе по F. Wagner (1981):

0 – язвенный дефект отсутствует, но есть сухость кожи, клювовидная деформация пальцев, выступание головок метатарзальных костей, другие костные и суставные аномалии;

1 – поверхностная язва без признаков инфицирования;

2 – глубокая язва, но без вовлечения в процесс костной ткани;

3 – глубокая язва с образованием абсцесса, с вовлечением в процесс костных структур;

4 – ограниченная гангрена (пальца или части стопы);

5 – гангрена всей стопы;

X_2 – наличие болей в покое:

– отсутствие болей в покое – 0 баллов;

– боли в покое – 1 балл;

X_3 – реконструктивная операция:

– не выполнялась – 0 баллов;

– выполнялась – 1 балл;

X_4 – транскутанное напряжение кислорода в покровных тканях ($T_k PO_2$):

– 10–20 мм рт. ст. – 1 балл;

– 21–30 мм рт. ст. – 2 балла;

– 31–40 мм рт. ст. – 3 балла;

– больше 40 мм рт. ст. – 4 балла.

X_5 – сроки гнойного этапа после реконструктивной операции:

– не выполнялся – 0 баллов;

– 1–5 суток – 1 балл;

– 6–10 суток – 2 балла;

– 11–15 суток – 3 балла;

– позже 16 суток – 4 балла.

Далее с помощью вычисленных коэффициентов логистической регрессионной модели мы рассчитали прогностическую вероятность сохранности конечности по каждому случаю и полученные результаты сравнили с реальными данными. В результате определена информационная способность модели (точность прогноза) по совокупности признаков. Результаты анализа приведены в табл. 2.

Табл. 2. Информационная способность логистической регрессионной модели (точность прогноза)

Наблюдаемый исход	Информационная способность модели, %	Ампутация конечности (прогноз)	Конечность сохранена (прогноз)	Итого
Ампутация конечности	94,7	36	2	38
Конечность сохранена	99,1	1	111	112
Всего	96,9	37	113	150

В группе больных с ампутациями исследуемая модель обеспечивает совпадение прогнозируемого исхода с реальным в 94,7% случаев (у 36 из 38 больных с ампутациями конечностей). В группе больных, где конечности были сохранены, совпадение прогнозируемых и реальных исходов отмечено в 99,1% случаев (у 111 из 112 больных с сохраненными конечностями). Общая информационная

способность составила 96,9% (совпадение прогноза с реальными данными наблюдается у 147 больных из 150). Чувствительность логистической регрессионной модели составляет – 94,7%, специфичность – 99,1%, безошибочность 98,0%, доля ложноотрицательных ответов (ошибка первого рода) 5,3%, доля ложноположительных ответов (ошибка второго рода) – 0,9%.

Распределение остатков после сравнения рассчитанных значений по модели с наблюдаемыми соответствует нормальному закону. Данная модель является статистически значимой ($\chi^2 = 142,9$; $df = 5$; $p < 0,0001$) и соответственно достоверной.

По знаку коэффициентов модели (k) и величине отношения шансов (OR) можно судить о степени влияния каждого изучаемого фактора на сохранность конечности (табл. 3).

Табл. 3. Отношение шансов и доверительные интервалы

№ п/п	Наименование и градации признаков	Отношение шансов (OR)	Доверительный интервал (CI)
1	Степень деструктивных изменений на стопе по F. Wagner	0,26	0,04–1,56
2	Наличие болей в покое	0,46	0,03–6,8
3	Реконструктивная операция	2905,5	23,6–357409,9
4	Транскутанное напряжение кислорода в покровных тканях ($T_k PO_2$)	127,0	1,3–12309,1
5	Сроки гнойного этапа	0,07	0,02–0,31

Установлено, что увеличивают риск ампутации конечности:

1) Степень деструктивных изменений на стопе по F. Wagner – в 0,3 раза;

2) Наличие болей в покое – в 0,5 раза;

3) Сроки выполнения гнойного этапа – в 0,07 раза.

Снижают риск ампутации конечности:

1) Реконструктивная операция на артериях конечностей – в 2905,5 раза;

2) Повышенный уровень транскутанного напряжения кислорода в покровных тканях конечности после реконструктивной операции на артериях – в 127,0 раз.

Выводы

Нами получена математическая модель, позволяющая прогнозировать вероятность сохранения конечности у больного с гнойно-некротическими поражениями конечностей ишемического генеза. В результате оценки коэффициентов модели установлено, что наибольшее влияние на сохранность конечности оказывает реконструктивная операция на артериях конечностей, для восстановления магистрального кровотока. Вторым решающим фактором является повышение уровня транскутанного напряжения кислорода в покровных тканях нижней конечности после реконструктивной операции на артериях.

Установлено, что увеличивают риск ампутации конечности высокая степень деструктивных изменений на стопе по F. Wagner, а также наличие болей в покое. Также на сохранность конечности влияют сроки выполнения санирующей операции на стопе. В результате при выборе оптимального срока некрэктомии на стопе в первую очередь необходимо учитывать наличие и вид выполненной реконструктивной операции на артериях – прямая артериальная реконструкция, либо артериализация венозного русла. Следующими по значимости факторами, влияющими на выбор срока некрэктомии являются степень деструктивных изменений на стопе (по F. Wagner) и характеристика путей артериального оттока (по R. Rutherford).

Литература

1. Бураковский В.И., Лищук В.А., Стороженко И.Н. Клинико-математический подход к изучению острых расстройств кровообращения после операции на сердце // Применение математических моделей в клинике сердечно-сосудистой хирургии. – М., 1980. – С. 45–50.
2. Афонин А.А. Прогноз и оптимизация хирургического лечения больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей в стадии критической ишемии // Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Ростов-на-Дону, 2003. – 24 с.
3. Lujon S., Criodo E., Puras E., Izquierdo L.M. Duplex scanning or arteriography for preoperative planning of lower limb revascularization // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2002. – Vol. 24, № 1. – P. 31–36.
4. Avenarius J.K., Breek J.C., Lampmann L.E. et al. The additional value of angiography after colour-coded duplex on decision making in patients with critical limb ischaemia. A prospective study // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2002. – Vol. 23. – № 5. – P. 393–397.
5. Гавриленко А.В., Лисицкий Д.А. Прогнозирование результатов реконструктивных операций на сосудах нижних конечностей. – М., 2001. – 75 с.
6. Хлебов В.Ф. Прогнозирование тромбозов при хирургическом лечении поражений аорто-бедренного и бедренно-подколенного сегментов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2002. – Т. 1, № 3. – С. 14–18.
7. Полянцева А.А., Мозговой П.В., Фролов Д.В., Камаев В.А., Щербakov М.В. Прогнозирование осложнений после реконструктивных операций на аорто-подвздошном сегменте // Хирургия. – 2004. – № 4. – С. 9–12.

Высокие технологии
на страже Вашего здоровья



medante®
группа компаний

ООО “Медантэ” представляет группу компаний -
импортеров инструментов и устройств
для эффективных и безопасных технологий
диагностики и лечения заболеваний
сердечно-сосудистой системы и
опорно-двигательного аппарата



Дистрибьютор инструментов
и расходных материалов
для интервенционной ангиологии
и нейрорадиологии, таких как:

Merit Medical Systems, США

Крупнейший производитель
расходных материалов и аксессуаров
для интервенционной кардиологии:
диагностические и радиологические катетеры,
проводники, индефляторы, шприцы,
пункционные иглы, манифолды,
центезные катетеры и многое другое.

Eucatech Integrated Medicine, Германия

Европейский производитель инструментов
для интервенционной кардиологии:
стенты, баллонные катетеры для
коронарных и периферических артерий,
проводники, многоцелевые катетеры и многое другое.

121609, г.Москва
Рублевское шоссе, д. 28, корп.3
Тел.: +7 (495) 413-76-25, 413-80-01
Факс: +7 (495) 413-96-11
medante@mail.ru, www.medante.ru

