

© Кулик Н.Г., Ващенко В.В., Хомянец В.В., Остапченко А.А., 2020

УДК 616.718.72-001.513-089.168.1-06-047.38

DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-1-6-12

Прогностическое значение объективного обследования больных с внутрисуставными переломами пяточной кости

Н.Г. Кулик¹, В.В. Ващенко², В.В. Хомянец¹, А.А. Остапченко³

¹Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Медицинский информационно-аналитический центр», г. Санкт-Петербург, Россия

³ООО «Технологии здоровья», г. Санкт-Петербург, Россия

Prognostic value of objective examination of patients with intra-articular fractures of the calcaneus

N.G. Kulik¹, V.V. Vashchenkov², V.V. Khominets¹, A.A. Ostapchenko³

¹Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation

²Medical Information-and-Analytical Center, St. Petersburg, Russian Federation

³Health Technology LLC, St. Petersburg, Russian Federation

Введение. Объём обследования пострадавших с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости на фоне сопутствующей патологии обсуждается по настоящее время. **Целью** проводимого исследования явилось повышение точности прогнозирования характера заживления послеоперационной раны при остеосинтезе внутрисуставных переломов пяточной кости из расширенного латерального доступа на фоне хронических облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей различной этиологии, табакокурения и сочетания этих факторов. **Материалы и методы.** Анализ наблюдений 69 пациентов, курящих и/или страдающих ХОЗАНК, с 74 закрытыми внутрисуставными переломами пяточных костей. Всем пациентам при поступлении выполнено комплексное клинично-инструментальное обследование, состоящее из рентгенографии и компьютерной томографии пяточной кости, а также определения проксимально-дистального градиента (ПДГ), лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и транскutánной оксиметрии (ТрОк). Экспертная оценка признаков проведена после однофакторного дисперсионного анализа с апробацией различных прогностических моделей, имеющих отличающиеся наборы признаков. **Результаты.** Проведенный дисперсионный анализ в отношении 74 наблюдений группы профильных пациентов позволил получить две модели: первая с уровнем статистической значимости $p_0 < 0,001$ ($\chi^2 - 82,63$; $df = 7$) и прогностической эффективностью 97,3 % в отношении возникновения осложнений после открытой репозиции с внутренней фиксацией; вторая – с уровнем статистической значимости $p_0 < 0,001$ ($\chi^2 - 34,76$; $df = 7$) и прогностической эффективностью 93,24 % в отношении риска повторных хирургических вмешательств. **Выводы.** Предложенный способ прогнозирования развития осложнений в ближайшем послеоперационном периоде после внутреннего остеосинтеза пяточной кости позволяет на основании вычисления ПДГ, ЛПИ и проведения ТрОк с высокой эффективностью (97,3 %) оценить риск развития осложнений. Предложенная дискриминантная модель прогнозирует необходимость в повторных хирургических вмешательствах с эффективностью 93,24 %, определяя целесообразность оперативного лечения с применением расширенного латерального доступа.

Ключевые слова: пяточная кость, внутрисуставный перелом, транскutánная оксиметрия, лодыжечно-плечевой индекс, ближайшие послеоперационные осложнения, хронические болезни периферических артерий

Introduction The scope of examination of patients with closed intra-articular fractures of the calcaneus against the background of concomitant pathology has been discussed up to date. The aim of the study was to improve the accuracy of predicting the nature of postoperative wound healing after osteosynthesis of intra-articular fractures of the calcaneus from the extended lateral approach on the background of chronic obliterating diseases of the lower limb arteries of different etiology, smoking and a combination of these factors. **Material and methods** Sixty-nine patients who were smokers and/or suffered from chronic obliterating diseases with a total of 74 closed intra-articular fractures of the heel bones were analyzed. All patients received a comprehensive clinical and instrumental examination consisting of radiography and computed tomography of the calcaneus to determine the proximal-distal gradient (PDG), ankle-brachial index (ABI) and transcutaneous oximetry (TrOc). A single-factor analysis of variance was performed, after which an expert evaluation of the features was performed, as well as testing of models with different sets of signs. **Results** The disperse analysis of variance in respect of 74 cases for the relevant group of patients allowed us to obtain two models: the first with a level of statistical significance $p_0 < 0,001$ ($\chi^2 - 82,63$; $df = 7$) and the predictive efficiency of 97.3 % in regard to possible complications after open reduction with internal fixation; the second level of statistical significance $p_0 < 0,001$ ($\chi^2 - 34,76$; $df = 7$) and prognostic effectiveness of 93.24 % related to the risk of repeated surgical interventions. **Conclusions** The proposed method of predicting the development of complications in the immediate postoperative period after internal osteosynthesis of the calcaneus allows estimation of the risks of complications by calculating PDG, ABI and TrOc with high efficiency (97.3 %). The proposed discriminant model predicts the need for repeated surgical interventions with an efficiency of 93.24 %, and feasibility of surgical treatment with an extended lateral approach.

Keywords: intra-articular fracture of the calcaneus, transcutaneous oximetry, ankle-brachial index, immediate postoperative complications, chronic peripheral artery disease

ВВЕДЕНИЕ

Пяточная кость – самая большая среди костей стопы. Около 5 % от всех переломов костей скелета человека и до 60 % от общего числа переломов костей предплюсны приходится на её долю [1–4], до 92 % из них являются внутрисуставными [1, 5, 6].

По данным различных источников, хроническими облитерирующими заболеваниями артерий нижних ко-

нечностей (ХОЗАНК), приводящими к нарушениям в микроциркуляторном русле, в Российской Федерации (РФ) страдает до 3 % трудоспособного населения, а с учётом «доклинической» формы их численность может быть в четыре раза больше [7–9].

Табакокурение, приводящее к ХОЗАНК, среди лиц трудоспособного возраста РФ зарегистрировано у

50,9 % мужчин и до 14,3 % женщин [10]. При этом ряд исследователей указывает на отрицательное воздействие табакокурения на заживление ран [11].

Для выражения тяжести ишемии нижних конечностей нами использована рабочая классификация хронической артериальной недостаточности нижних конечностей (ХАННК) R. Fontaine (1954) – А.В. Покровского (1979) [8].

В настоящее время известно об использовании травматологами-ортопедами методов объективного определения степени нарушения кровотока в нижних конечностях, которые позволяют сделать аргументированный выбор конкретной методики лечения пациентов с рассматриваемой патологией и определить вероятность развития осложнений со стороны мягких тканей в области хирургического вмешательства [12]. Однако до настоящего времени эти способы не нашли широкого применения в многопрофильных стационарах.

Отказ от использования хирургических доступов, обеспечивающих выполнение открытой анатомической репозиции и стабильно-функциональной внутренней фиксации костных отломков, в пользу минимально инвазивных вмешательств или консервативного лечения вследствие опасности воспалительных, а затем и инфекционных осложнений, влечет за собой раннее развитие артроза подтаранного сустава и необходимость в последующем его артродезировании [6, 13].

Для оценки риска развития осложнений в ближайшем послеоперационном периоде у пострадавших с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости, наряду с данными анамнеза, состояния кожного покрова, результатов компьютерной томографии, наличия вредных привычек и заболеваний периферических сосудов, было предложено включать

в предоперационное исследование ультразвуковое доплеровское сканирование (УЗДС) сосудов нижних конечностей [14, 15]. Однако УЗДС является «операторозависимым методом», требующим специальных навыков. Таким образом, сравнение сведений при выполнении УЗДС нижних конечностей, полученных разными специалистами, будет затруднено. Объем выполняемой диагностической программы не дает достоверной информации о состоянии микроциркуляции, т.е. состоянии тканевого метаболизма.

Е.Н. Щурова с соавт. (2011) указывают на транскутанную оксиметрию как на метод, имеющий высокую диагностическую ценность для пациентов травматологического профиля, позволяющий прогнозировать развитие осложнений в ближайшем послеоперационном периоде [16].

Проведена оценка состояния кровообращения области предполагаемого хирургического доступа у профильных пациентов с оценкой результатов физикального и инструментального методов исследования [17]. Однако отсутствие параметрических критериев, определяющих объем диагностических исследований при лечении пострадавших с внутрисуставными переломами пяточной кости на фоне ХОЗАНК, связанными с риском развития осложнений в ближайшем послеоперационном периоде, определяют целесообразность настоящего исследования.

Целью проводимого исследования явилось повышение точности прогнозирования характера заживления послеоперационной раны при остеосинтезе внутрисуставных переломов пяточной кости из расширенного латерального доступа на фоне хронических облитерирующих заболеваний артерий нижних конечностей различной этиологии, табакокурения и сочетания этих факторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом проводимого исследования послужил анализ наблюдений 69 пациентов с закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости на фоне ХОЗАНК, табакокурения, а также сочетания этих факторов. Всем пациентам был выполнен расширенный латеральный доступ к пяточной кости с последующей открытой репозицией и внутренней фиксацией (open reduction and internal fixation – ORIF) с костной аутопластикой. Все пострадавшие были прооперированы хирургами с опытом оперативного лечения переломов пяточной кости более 10 лет. Всем пациентам при поступлении выполнено комплексное клинико-инструментальное обследование, направленное как на определение характера и морфологии перелома пяточной кости, так и на целенаправленное изучение состояния регионарного кровотока нижних конечностей. С этой целью протокол обследования был дополнен комплексом специализированных инструментальных методик, включавшим дистанционную инфракрасную полипозиционную термометрию (ДИПТ) с определением проксимально-дистального градиента (ПДГ); сегментарную манометрию с определением лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и транскутанную оксиметрию (ТрОк). При выполнении ТрОк по достижении «плато» определяли компенсаторные возможности микроциркуляторного русла путём выполнения ортостатических проб (ОртПр) с поднятием нижней ко-

нечности (1-ая ОртПр) и опусканием её ниже уровня кровати (2-ая ОртПр). Для изучения регионарного кровотока использовали ЛПИ – цифровой тонометр AND UA-787; ДИПТ – инфракрасный термометр «Sensitec» NF3101; ТрОк – систему мониторинга ТСМ – 4/40 «Radiometer». Критериями исключения из исследования являлись наличие трофических язв, гнойных заболеваний, экскориации кожи, эпидермальных пузырей, не эпителизировавшихся к предполагаемому моменту операции; сахарный диабет; алкоголизм, наркомания, психические заболевания; возраст моложе 35 лет или старше 60 лет; ХАННК III и IV стадии по R. Fontaine – А.В. Покровскому; наличие иной соматической патологии, в том числе в стадии обострения, являющейся противопоказанием к проведению оперативного вмешательства вследствие высокого операционно-анестезиологического риска; выполненные ранее оперативные пособия после перелома пяточной кости; беременность и лактация; продолжение курения на этапах проведения исследования; политравма; отсутствие у пациента признаков ХОЗАНК, курения и сочетания этих факторов в анамнезе.

На проведение исследования было получено положительное заключение независимого Этического комитета при ВМедА имени С.М. Кирова № 163 от 30.06.2015. Исследования проводились в соответствии с этическими стандартами, изложенными в Хельсинкской

декларации Всемирной медицинской ассоциации «Рекомендации для врачей, участвующих в биомедицинских исследованиях на людях» (в редакции 2013 года). Получено письменное информированное согласие от всех лиц, включённых в исследование. Материалы исследования формализованы по общепринятым принципам и сведены в матрицу данных с использованием табличного процессора Excel 13.0 пакета Microsoft Office.

Статистический анализ выполнялся в пакетах программ STATISTICA for Windows и IBM SPSS Statistics 22. При статистической обработке данных с целью разработки способов прогнозирования возникновения осложнений после остеосинтеза пяточной кости, а также нуждаемости в проведении повторного хирургического вмешательства был использован математико-статистический метод пошагового дискриминантного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В качестве закономерного результата изучения особенностей характера заживления операционной раны после ORIF пяточной кости из расширенного латерального доступа на фоне ХАННК мы рассмотрели математическую многомерную модель прогнозирования возникновения ближайших осложнений. Для этого нами был использован дискриминантный анализ [18], позволяющий классифицировать объекты к одному из классов по отобранному набору признаков.

В дискриминантную модель была включена группа самых информативных признаков, чья информативность была оценена методом однофакторного дисперсионного анализа. Проведена экспертная оценка признаков, а также апробированы различные модели, отличающиеся наборами признаков [19].

Зарегистрированные в нашем исследовании показатели были измерены в количественной и порядковой шкале. Результаты дисперсионного анализа для прогнозирования возникновения осложнений после ORIF представлены в таблице 1.

При оценке результатов дисперсионного анализа были отобраны следующие показатели с наибольшим вкладом в дисперсию, а также те, которые имеют статистически значимую связь с возникновением осложнений в ближайшем послеоперационном периоде: с показателями базального значения уровня кислорода $TrOk$ ($F = 24,699$; $p < 0,0001$), уровня кислорода при 1-ой ОртПр ($F = 40,408$; $p < 0,0001$), плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр ($F = 29,754$; $p < 0,0001$), уровень кислорода 2-ой ОртПр ($F = 31,453$; $p < 0,0001$), разница уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр ($F = 15,084$; $p < 0,0001$), плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр ($F = 28,350$; $p < 0,0001$), а также с возрастом пациента на момент госпитализации ($F = 7,311$; $p < 0,01$), результаты ПДГ ($F = 8,605$; $p < 0,01$), ЛПИ ($F = 10,434$; $p < 0,01$), разница уровней кислорода между базальным значением и 1-ой ОртПр ($F = 4,121$; $p < 0,05$).

По результатам дискриминантного анализа окончательная модель прогнозирования возникновения осложнений после ORIF включала 7 показателей (табл. 2).

Таблица 1

Вклады показателей в дисперсию показателя вероятности возникновения осложнений после ORIF

Показатель	Обусловленная влиянием контролируемого фактора дисперсия	Обусловленная неконтролируемыми факторами дисперсия	F-критерий Фишера	Уровень значимости F-критерия Фишера, p
voz	333,6	3285,0	7,311	0,008547
rtr	4,9020	41,0185	8,6046	0,004495
abi	0,30896	2,13191	10,434	0,001865
torb	801,30	2336,16	24,6958	0,000004
toll	1144,658	2039,558	40,4084	0,000000
dtll	30,532	533,414	4,1212	0,046044
ponk	1418,58	3432,78	29,7537	0,000001
pall	2226,79	5097,33	31,4534	0,000000
dtrp	356,517	1701,767	15,08384	0,000226
pfin	1638,65	4161,72	28,3496	0,000001

Где: voz – возраст пациента на момент госпитализации, полных лет; rtr – ПДГ, °C; abi – ЛПИ, отн. ед.; torb – базальные значения уровня кислорода при $TrOk$, мм рт. ст.; toll – уровень кислорода при 1-ой ОртПр, мм рт. ст.; dtll – разница уровней кислорода между базальным значением и 1-ой ОртПр, мм рт. ст.; ponk – плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр, мм рт. ст.; pall – уровень кислорода 2-ой ОртПр, мм рт. ст.; dtrp – разница уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр, мм рт. ст.; pfin – плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр, мм рт. ст.

Таблица 2

Показатели, включённые в модель прогнозирования возникновения осложнений после ORIF

Показатель	Значение F-критерия	Уровень значимости показателя (p_0)
rtr	0,236	0,30
abi	3,481	0,29
toll	2,690	0,21
ponk	7,190	0,07
pall	0,190	0,03
dtrp	0,740	0,14
pfin	21,067	0,08

Были получены следующие линейные классификационные дискриминантные функции:

$$F_1 = -99,7797 + 28,8609*rtr + 93,4742*abi - 0,1600*toll - 1,0444*ponk + 1,3016*pall - 2,0030*dtrp + 1,6116*pfm,$$

$$F_2 = -94,9773 + 29,4140*rtr + 102,4331*abi - 0,4991*toll - 0,3221*ponk + 1,4669*pall - 2,2658*dtrp + 0,4620*pfm.$$

Функция F_1 соответствует группе пациентов без осложнений после ORIF, функция F_2 – пациентов с осложнениями после ORIF.

Полученная модель прогнозирования возникновения осложнений после ORIF статистически значима (критерий $F(7,66) = 22,07$; $p_0 < 0,00001$).

В полученной дискриминантной модели самыми информативными для прогнозирования варианта возникновения осложнений после ORIF оказались показатели плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр ТрОк ($p_0 < 0,07$) и уровень кислорода 2-ой ОртПр ТрОк ($p_0 < 0,03$).

С целью прогнозирования возникновения осложнений после ORIF у пациента рассчитывают ПДГ после проведения ДИПТ. Далее проводят посегментарную манометрию с определением ЛПИ и ТрОк. По результатам ТрОк измеряют уровень кислорода при 1-ой ОртПр, плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр, уровень кислорода 2-ой ОртПр, разницу уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр, плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр. Затем, используя полученные значения, рассчитывают линейные классификационные дискриминантные функции по вышеприведенным формулам.

На следующем этапе сравнивают выявленные значения двух дискриминантных функций. На принадлежность пациента к соответствующей группе больных без осложнений или с осложнениями после ORIF перелома пяточной кости на фоне ХАННК указывает та функция, значение которой оказывается больше.

Качество дискриминантной модели оценено методом «складного ножа» дискриминантного анализа (табл. 3).

Таблица 3

Оценка качества рассчитанной дискриминантной модели

Показатель	Значение, %
Чувствительность	95,83
Специфичность	98,00
Эффективность	97,30
Уровень ложноотрицательных ответов	4,17
Уровень ложноположительных ответов	2,00

Значение эффективности полученной модели в 97,3 % доказывает высокую степень вероятности прогнозирования возникновения осложнений после ORIF пяточной кости.

Канонический анализ позволил получить каноническую линейную дискриминантную функцию (КЛДФ) с уровнем статистической значимости $p_0 < 0,001$ (критерий $\chi^2 - 82,63$; $df = 7$). Оценена факторная нагрузка КЛДФ (табл. 4).

Таблица 4

Факторная нагрузка канонической функции

Показатель	Каноническая функция
rtr	-0,228036
abi	0,176761
toll	0,608104
ponk	0,514241
pall	0,711757
dtrp	0,550586
pfm	0,726307

КЛДФ рассчитывается по следующей формуле:

$$КЛДФ = -0,69566 - 0,17158*rtr - 2,77896*abi + 0,10517*toll - 0,22406*ponk - 0,05126*pall + 0,08155*dtrp + 0,35659*pfm.$$

Данную каноническую функцию можно интерпретировать как фактор плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр, так как она имеет наиболее тесную корреляционную связь с вышеуказанной канонической функцией ($r_{xy} = 0,73$).

Анализ координат центроидов групп, матрицы факторной нагрузки классификационных переменных и коэффициентов канонической линейной дискриминантной функции выявил ряд факторов, свидетельствующих о высокой вероятности развития осложнений после ORIF, таких как высокое значение ПДГ, плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр, уровня кислорода 2-ой ОртПр, а также низкие значения уровня кислорода при 1-ой ОртПр, разницы уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр, плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр.

Для оценки риска развития осложнений после ORIF рассчитанное значение КЛДФ сравнивают с критическими значениями КЛДФ. КЛДФ менее -1,05 свидетельствует о высоком риске развития осложнений после ORIF; относительный риск (ОР), вычисленный после анализа матрицы наблюдений, выявлен при значении 29,8. В случае, если КЛДФ от -1,05 до 2,18, риск возникновения осложнений после ORIF умеренный (ОР = 20,9). Минимальный риск (ОР = 0,03) – при значениях КЛДФ более 0,42.

Для прогнозирования развития гнойных осложнений после остеосинтеза пяточной кости из расширенного латерального доступа на фоне хронической артериальной недостаточности нижних конечностей и выполнения повторного хирургического вмешательства (ПХВ) была разработана дискриминантная модель прогнозирования нуждаемости в ПХВ.

Затем была оценена информативность каждого признака методом однофакторного дисперсионного анализа для отбора в группу наиболее информативных, которые будут включены в дискриминантную модель. Кроме этого была выполнена экспертная оценка признаков, а также апробированы различные модели с отличающимися наборами признаков.

Показатели, собранные в данном исследовании, измерялись как в количественной, так и порядковой шкале. На основании дисперсионного анализа определен вклад показателей в прогнозирование возникновения осложнений после ORIF пяточной кости (табл. 5).

При анализе результатов дисперсионного анализа были отобраны следующие показатели с наибольшим вкладом в дисперсию, а также те, которые имеют статистически значимую связь с возникновением нуждаемости в проведении ПХВ. Наиболее тесная связь выявлена с показателями базального уровня кислорода при ТрОк ($F = 41,254$; $p < 0,0001$), уровня кислорода при 1-ой ОртПр ($F = 62,323$; $p < 0,0001$), плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр ($F = 44,569$; $p < 0,0001$), уровня кислорода при 2-ой ОртПр ($F = 85,380$; $p < 0,0001$), разницей уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр ($F = 51,091$; $p < 0,0001$), плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр ($F = 88,907$; $p < 0,0001$). Несколько менее значимы такие показатели как ПДГ ($F = 8,764$; $p < 0,01$) и ЛПИ ($F = 5,266$; $p < 0,05$).

По результатам дискриминантного анализа окончательная модель прогнозирования возникновения осложнений после ORIF включала 7 показателей (табл. 6).

Таблица 5

Вклады показателей в дисперсию показателя вероятности ПХВ

Показатель	Обусловленная влиянием контролируемого фактора дисперсия	Обусловленная неконтролируемыми факторами дисперсия	F-критерий Фишера	Уровень значимости F-критерия Фишера, p
rtr	4,9830	40,9375	8,7640	0,004158
abi	0,16635	2,27451	5,266	0,024665
torb	1142,85	1994,60	41,254	0,000000
toll	1477,41	1706,81	62,3232	0,000000
ponk	1854,86	2996,50	44,569	0,000000
pall	3973,41	3350,71	85,380	0,000000
dtrp	854,325	1203,958	51,09100	0,000000
pfin	3204,92	2595,46	88,907	0,000000

Таблица 6

Показатели, включённые в модель прогнозирования возникновения нуждаемости в ПХВ

Показатель	Значение F-критерия	Уровень значимости показателя (p ₀)
rtr	0,264	0,61
abi	0,062	0,80
toll	8,574	0,005
ponk	2,560	0,11
pall	1,983	0,16
dtrp	3,003	0,09
pfin	0,152	0,70

Были получены следующие линейные классификационные дискриминантные функции:

$$F_1 = -97,8556 + 29,7001 \cdot rtr + 101,6612 \cdot abi - 0,0459 \cdot toll - 0,1662 \cdot ponk + 1,0880 \cdot pall - 1,8754 \cdot dtrp + 0,5974 \cdot pfin,$$

$$F_2 = -94,5315 + 29,2303 \cdot rtr + 100,7026 \cdot abi - 0,5313 \cdot toll - 0,5118 \cdot ponk + 1,5190 \cdot pall - 2,2998 \cdot dtrp + 0,6757 \cdot pfin.$$

Функция F_1 соответствует группе пациентов, не требующих ПХВ, функция F_2 – пациентов, требующих ПХВ.

Полученная модель прогнозирования нуждаемости в проведении ПХВ статистически достоверна (критерий $F(7,66) = 6,232; p_0 < 0,00001$).

В полученной дискриминантной модели самым информативным показателем прогнозирования нуждаемости в проведении ПХВ оказался уровень кислорода первой ортопедической пробы ($p_0 < 0,01$). Этот показатель имеет наибольшие отношения внутригрупповой и межгрупповой дисперсий.

С целью прогнозирования возникновения осложнений после ORIF у пациента рассчитывают ПДГ после проведения ДИПТ. Далее проводят посегментарную манометрию с определением ЛПИ и ТрОк. После определения базального уровня кислорода выполняют ОртПр, измеряя и фиксируя уровень кислорода на этапах проведения при 1-ой ОртПр, плато уровня кислорода после 1-ой ОртПр, уровень кислорода 2-ой ОртПр, разницу уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр, плато уровня кислорода после 2-ой ОртПр. После этого, используя значения, полученные из результатов анализа, рассчитывают классификационные линейные дискриминантные функции (КЛДФ) по вышеуказанным формулам.

Затем сравнивают расчетные значения двух дискриминантных функций. Функция, значение которой оказывается больше, указывает на принадлежность пациента к соответствующей группе больных, не нуждающихся или нуждающихся в ПХВ после ORIF пере-

лома пяточной кости на фоне хронических нарушений кровообращения нижних конечностей (Патент РФ на изобретение № 2657945).

Для оценки качества рассчитанной дискриминантной модели использовался метод «складного ножа» дискриминантного анализа (табл. 7).

Таблица 7

Оценка качества рассчитанной дискриминантной модели

Показатель	Значение, %
Эффективность	93,24
Специфичность	87,50
Чувствительность	94,83
Уровень ложноположительных ответов	12,5
Уровень ложноотрицательных ответов	5,17

Эффективность полученной модели составила 93,24 %, что доказывает высокую степень вероятности прогнозирования нуждаемости в ПХВ после ORIF пяточной кости. Результатом канонического анализа явилась КЛДФ с уровнем статистической значимости $p_0 < 0,001$ (критерий $\chi^2 - 34,76; df = 7$) (табл. 8).

Таблица 8

Факторная нагрузка канонической функции

Показатель	Каноническая функция
rtr	-0,425224
abi	0,468259
toll	0,921488
ponk	0,790722
pall	0,812994
dtrp	0,563001
pfin	0,771839

Данную каноническую функцию можно интерпретировать как фактор уровня кислорода при 1-ой ОртПр, так как она имеет наиболее тесную корреляционную связь с вышеуказанной канонической функцией ($r_{xy} = 0,92$).

КЛДФ рассчитывается по следующей формуле:

$$КЛДФ = -2,92032 + 0,24117*rt + 0,49211*abi + 0,24917*toll + 0,17745*ponk - 0,22125*pal + 0,21787*dtrp - 0,04021*pfm.$$

Анализ координат центроидов групп, матрицы факторной нагрузки классификационных переменных и коэффициентов канонической линейной дискриминантной функции выявил, что в пользу высокой вероятности нуждаемости в ПХВ свидетельствуют высокие значения уровня кислорода 2-ой ОртПр и плато уровня кислорода после 2-й ОртПр, а также низкие значения ПДГ, ЛПИ, уровня кислорода при 1 ой ОртПр, плато

уровня кислорода после 1-ой ОртПр и разницы уровней кислорода между базальным значением и 2-ой ОртПр.

Для оценки риска выполнения ПХВ после ORIF пяточной кости рассчитанное значение КЛДФ сравнивают с критическими значениями КЛДФ. При значении КЛДФ, меньшем -1,53, риск нуждаемости в ПХВ высок. Рассчитанный по результатам оценки имеющейся матрицы наблюдений ОР составил 25,8. Минимальный риск нуждаемости в ПХВ – при значениях КЛДФ более 0,42 (ОР = 0,03). При значениях КЛДФ в интервале от -1,53 до 0,42 – риск умеренный (ОР = 4,8).

ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на широкое внедрение методов объективного обследования состояния периферического кровообращения, ряд авторов [14] продолжает рекомендовать мнемонические шкалы для выбора лечебной тактики при переломах пяточной кости и прогнозе осложнений, основанные на физикальном обследовании и антропологических данных.

Неудовлетворённость таким подходом побудила ряд исследователей к выработке критериев определения тактики лечения дискриминантным анализом и созданию прогностической модели [15]. Однако в качестве признаков дискриминантной модели эти авторы выбрали показатели СОЭ, гемоглобина, интерпретации УЗДС, показатели систолического артериального давления и другие характеристики, крайне далекие от объективной оценки периферического кровотока, а наблюдения не были дифференцированы по характеру травмы и последующему вмешательству.

Наиболее близко в выработке параметрических критериев подошли исследователи [12], указывающие на эффективность транскутанной оксиметрии. Прогностическая эффективность транскутанной оксиметрии

была изучена достаточно подробно, но не исследовалась прицельно в отношении закрытых внутрисуставных переломов пяточной кости и проигрывает в прогностической эффективности моделям, включающим и другие параметры, кроме последней.

Проведение исследования с использованием транскутанной оксиметрии, дистанционной инфракрасной полипозиционной термометрии и сегментарной манометрии позволило провести дисперсионный анализ в отношении 69 пациентов с 74 закрытыми внутрисуставными переломами пяточной кости, которым выполнен внутренний остеосинтез, и получить 2 модели: первая – с уровнем статистической значимости $p_0 < 0,001$ ($\chi^2 - 82,63$; $df = 7$), с прогностической эффективностью 97,3 %, позволяющая прогнозировать развитие воспалительных и гнойных осложнений в ближайшем послеоперационном периоде; вторая – с уровнем статистической значимости $p_0 < 0,001$ ($\chi^2 - 34,76$; $df = 7$) с прогностической эффективностью 93,24 %, позволяющая определять вероятность развития в ближайшем послеоперационном периоде осложнений, требующих ПХВ.

ВЫВОДЫ

Предложенный способ прогнозирования развития осложнений в ближайшем послеоперационном периоде после внутреннего остеосинтеза пяточной кости позволяет на основании вычисления ПДГ, ЛПИ и проведения ТрОк с высокой эффективностью (97,3 %) оценить риск

развития осложнений. Предложенная дискриминантная модель прогнозирует нуждаемость в повторных хирургических вмешательствах с эффективностью 93,24 %, определяя целесообразность оперативного лечения с применением расширенного латерального доступа.

ЛИТЕРАТУРА

- Иванов П.В. Оптимизация тактики хирургического лечения и послеоперационной реабилитации пациентов с переломами пяточной кости : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.22. Саратов, 2006. 29 с.
- Корышков Н.А. Травма стопы : [монография]. Ярославль; Рыбинск : Рыбинский дом печати, 2006. 207 с.
- Современные аспекты лечения последствий переломов костей заднего отдела стопы / Р.М. Тихилов, Н.Ф. Фомин, Н.А. Корышков, В.Г. Емельянов, А.М. Привалов // Травматология и ортопедия России. 2009. № 2 (52). С. 144-149.
- Outcome Determining Factors for displaced Intra-articular Calcaneal Fractures treated operatively / S.A. Nawfar, K.L.Chan, H.M. Idham, I.M. Izani, T. Nahulan // Malays. Orthop. J. 2015. Vol. 9, No 3. P. 8-16. DOI: 10.5704/MOJ.1511.001.
- Multidetector CT evaluation of calcaneal fractures / K. Badillo, J.A. Pacheco, S.O. Padua, A.A. Gomez, E. Colon, J.A. Vidal // Radiographics. 2011. Vol. 31, No 1. P. 81-92. DOI: 10.1148/rg.311105036.
- Schepers T. Displaced Intra-articular Fractures of the Calcaneus: with an emphasis on minimally invasive surgery. Rotterdam: Erasmus MC, University Medical Center. 2009. 166 p. URL: <https://doi.org/10.1007/BF03081728>.
- Опыт использования ангиогенной терапии в лечении больных с хронической ишемией нижних конечностей / Е.Ю. Белоусов, В.В. Сорока, С.П. Нохрин, А.Н. Рязанов // Трудный пациент. 2014. Т. 12, № 10. С. 40-43.
- Клиническая ангиология : рук. для врачей : в 2 т. / под ред. А.В. Покровского. М. : Медицина, 2004. Т. 2. 886 с.
- Национальные рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ) / Российское о-во ангиологов и сосудистых хирургов, Ассоц. сердечно-сосудистых хирургов России, Всероссийское науч. о-во кардиологов ; [подгот.: отв. А.А. Карпенко [и др.]]. М. : Изд-во НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2010. URL: http://www.angiologysurgery.org/events/2010/11/22/arteries_lower_extremities.pdf (дата обращения: 15.07.2018).
- Опрос GATS. Глобальный опрос взрослого населения о потреблении табака. Российская Федерация: краткий обзор 2016 : [страновой отчет] / ВОЗ, Европейское региональное бюро. [Б. м.] : [б. и.], 2016. 10 с. URL: https://www.who.int/tobacco/surveillance/survey/gats/gats_2016-rus-executive-summary-Ru.pdf (дата обращения: 11.04.2018).
- Волгас Д.А., Хардер И. Мягкие ткани в травматологии. Принципы обращения и клинические случаи : [пер. с англ.] / пер. на рус. яз. А. Ситника. [Германия] : ВассаМедиа, 2016. 318 с.
- Диагностическая значимость транскутанной полярографии при травматическом повреждении тканей / Е.Н. Щурова, Т.И. Долганова, В.А.

- Щуров, Е.С. Тарелкин // Забайкальский медицинский вестник. 2015. № 3. С. 115-120.
13. Marsh J.L. Percutaneous reduction, screw fixation, and calcium sulfate cement grafting was effective for displaced intra-articular calcaneal fractures // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2012. Vol. 94, No 10. P. 941. DOI: 10.2106/JBJS.JBJS.9410.ebo478.
14. ABCDEF-шкала оценки риска развития хирургических осложнений при оперативном лечении внутрисуставных переломов пяточной кости со смещением / Т.А. Лантух, А.А. Волна, Н.В. Загородний, М.А. Панин, Р.Н. Алиев // Вестник КРСУ. 2013. Т. 13, № 4. С. 122-124.
15. Савгачев В.В. Обоснование выбора тактики лечения при повреждении пяточной кости на основе аналитических моделей риска развития осложнений : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.15. М., 2018. 21 с.
16. Щурова Е.Н., Долганова Т.И., Меншикова Т.И. К вопросу об информативности чрескожного определения напряжения кислорода и углекислого газа у травматологических и ортопедических больных // Гений ортопедии. 2011. № 1. С. 124-133.
17. Определение прогностической эффективности показателей оценки кровообращения в отношении ближайшего исхода оперативного лечения больных с переломами пяточной кости / Н.Г. Кулик, В.В. Хоминец, А.А. Остапченко, М.В. Резванцев, М.А. Козлов, З.Г. Хуцпураули // Здоровье и образование в XXI веке. 2017. Т. 19, № 1. С. 16-25.
18. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г., Резванцев М.В. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. Изд. 3-е, доп. СПб. : ВМедА, 2011. 518 с.
19. Способ прогнозирования возникновения осложнений после остеосинтеза пяточной кости : пат. 2692952 Рос. Федерация / Кулик Н.Г., Ващенко В.В., Хоминец В.В., Остапченко А.А., Аболин А.Б. № 2018127245 ; заявл. 24.07.18 ; опубл. 28.06.2019, Бюл. № 19.

REFERENCES

- Ivanov P.V. *Optimizatsiia taktiki khirurgicheskogo lecheniia I posleoperatsionnoi reabilitatsii patients s perelomami piatochnoi kosti*. Avtoref. Diss. kand. med. nauk [Optimization of the tactics of surgical treatment and postoperative rehabilitation of patients with calcaneal fractures. Synopsis of Cand. Diss.]. Saratov, 2006, 29 p. (in Russian)
- Koryshkov N.A. *Travma Stopy: monografiia* [Foot Injury: monograph]. Iaroslavl, Rybinsk, Rybinskii Dom Pechati, 2006, 207 p. (in Russian)
- Tikhilov R.M., Fomin N.F., Koryshkov N.A., Emelianov V.G., Privalov A.M. *Sovremennye aspekty lecheniia posledstviia perelomov kostei zadnego otdela stopy [Modern aspects of treating hindfoot fracture consequences]*. *Travmatologiya i Ortopediia Rossii*, 2009, no. 2 (52), pp. 144-149. (in Russian)
- Nawfar S.A., Chan K.L., Idham H.M., Izani I.M., Nahulan T. *Outcome Determining Factors for displaced Intra-articular Calcaneal Fractures treated operatively*. *Malays. Orthop. J.*, 2015, vol. 9, no. 3, pp. 8-16. DOI: 10.5704/MOJ.1511.001.
- Badillo K., Pacheco J.A., Padua S.O., Gomez A.A., Colon E., Vidal J.A. *Multidetector CT evaluation of calcaneal fractures*. *Radiographics*, 2011, vol. 31, no. 1, pp. 81-92. DOI: 10.1148/rg.311105036.
- Schepers T. *Displaced Intra-articular Fractures of the Calcaneus: with an emphasis on minimally invasive surgery*. Rotterdam, Erasmus MC, Univesity Medical Center, 2009, 166 p. URL: <https://doi.org/10.1007/BF03081728>.
- Belousov E.Iu., Soroka V.V., Nokhrin S.P., Riazanov A.N. *Opyt ispolzovaniia angiogennoi terapii v lechenii bolnykh s khronicheskoi ishemiei nizhnikh konechnostei* [The experience of using angiogenic therapy in treatment of patients with chronic ischemia of the lower limbs]. *Trudnyi Patsient*, 2014, vol. 12, no. 10, pp. 40-43. (in Russian)
- Pokrovskii A.V. *Klinicheskaia Angiologiya: manual for physicians*. In 2 Vol. M., Meditsina, 2004, vol.2, 886 p. (in Russian)
- Karpenko A.A. et al., comp. *Natsionalnye Rekomendatsii po Vedeniiu Patsientov s Sosudistoi Arterialnoi Patologiei (Rossiiskii soglasitelnyi dokument)* [National Recommendations on Management of Patients with Vascular Arterial Pathology]. Rossiiskoe O-vo Angiologov i Sosudistykh Khirurgov, Assots. Serdechno-Sosudistykh Khirurgov Rossii, Vserossiiskoe Nauch. O-vo Kardiologov. M., Izd-vo NTSSSKh im. a.n. Bakuleva RAMN, 2010. (in Russian) Available at: http://www.angiologysurgery.org/events/2010/11/22/arteries_lower_extremities.pdf (accessed 15.07.2018).
- Opros GATS. *Globalnyi Opros Vzroslogo Naseleniia o Potreblenii Tabaka. Rossiiskaia Federatsiia: kratkii obzor 2016: (stranovoi otchet)* [GATS survey. Global survey of adults on tobacco consuming. RF: Overview 2016 (Country Report)]. VOZ, Evropeiskoe Regionalnoe Biuro [WHO, Regional Office for Europe], 2016, 10 p. (in Russian). Available at: https://www.who.int/tobacco/surveillance/survey/gats/gats_2016-rus-executive-summary-Ru.pdf (accessed 11.04.2018).
- Volgas D.A., Harder Y. *Manual of Soft-Tissue Management in Orthopaedic Trauma*. Davos, AO Publishing, 2011, 336 p. (Russ. ed.: Volgas D.A., Kharder I. *Miagkie tkani v travmatologii. Printsipy obrashcheniia i klinicheskoe sluchai*. Germany, VassaMedia, 2016, 318 p.) DOI: 10.1055/b-0034-84270.
- Shchurova E.N., Dolganova T.I., Shchurov V.A., Tarelkin E.S. *Diagnosticheskaia znachimost transkutannoi poliarografii pri travmaticheskom povrezhdenii tkanei* [Diagnostic significance of transcutaneous polarography for traumatic tissue injury]. *Zabaikalskii Meditsinskii Vestnik*, 2015, no. 3, pp. 115-120. (in Russian)
- Marsh J.L. Percutaneous reduction, screw fixation, and calcium sulfate cement grafting was effective for displaced intra-articular calcaneal fractures. *J. Bone Joint Surg. Am.*, 2012, vol. 94, no. 10, pp. 941. DOI: 10.2106/JBJS.JBJS.9410.ebo478.
- Lantukh T.A., Volna A.A., Zagorodnii N.V., Panin M.A., Aliev R.N. *ABCDEF-shkala otsenki riska razvitiia khirurgicheskikh oslozhnenii pri operativnom lechenii vntrisustavnykh perelomov piatochnoi kosti so smeshcheniem* [ABCDEF-scale for evaluation of the risk of developing surgical complications when surgical treatment of intra-articular displaced calcaneal fractures]. *Vestnik KRSU*, 2013, vol. 13, no. 4, pp. 122-124. (in Russian)
- Savgachev V.V. *Obosnovanie vybora taktiki lecheniia pri povrezhdenii piatochnoi kosti na osnove analiticheskikh modelei riska razvitiia oslozhnenii*. Avtoref. diss. kand. med. nauk [The rationale for the choice of treatment tactics for calcaneal injury based on analytical models of complication risk. Synopsis of cand. med. sci. diss.]. M., 2018, 21 p. (in Russian)
- Shchurova E.N., Dolganova T.I., Menshikova T.I. *K voprosu ob informativnosti chreskozhnogo opredeleniia napriazheniia kisloroda i uglekislogo gaza u travmatologicheskikh i ortopedicheskikh bolnykh* [Informative potential of the transcutaneous determination of oxygen and carbon dioxide tensions in traumatological and orthopaedic patients]. *Genij Ortopedii*, 2011, no. 1, pp. 124-133. (in Russian)
- Kulik N.G., Khominets V.V., Ostapchenko A.A., Rezvantsev M.V., Kozlov M.A., Khutsurauli Z.G. *Opreделение prognosticheskoi effektivnosti pokazatelei otsenki krovoobrashcheniia v otoshenii blizhaishego iskhoda operativnogo lecheniia bolnykh s perelomami piatochnoi kosti* [Determination of prognostic effectiveness of circulatory assessment values in relation to the immediate outcome of surgical treatment of patients with calcaneal fractures]. *Zdorove i Obrazovanie v XXI Veke*, 2017, vol. 19, no. 1, pp. 16-25. (in Russian)
- Iunkеров V.I., Grigorev S.G., Rezvantsev M.V. *Matematiko-statisticheskaiia obrabotka dannykh meditsinskikh issledovaniia* [Mathematical and statistical processing of medical research data]. 3rd Ed. Spb., VMedA, 2011, 518 p. (in Russian)
- Kulik N.G., Vashchenko V.V., Khominets V.V., Ostapchenko A.A., Aboлин A.B. *Sposob prognozirovaniia vozniknoveniia oslozhnenii posle osteosinteza piatochnoi kosti* [The way to predict the occurrence of complications after calcaneal osteosynthesis]. Patent RF, no. 2692952, 2018. (in Russian)

Рукопись поступила 10.10.2019

Сведения об авторах:

- Кулик Никодим Геннадьевич, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия, Email: 011078n@mail.ru
- Ващенко Владислав Владимирович, к. м. н., СПб ГБУЗ МИАЦ, г. Санкт-Петербург, Россия
- Хоминец Владимир Васильевич, д. м. н., профессор, Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия
- Остапченко Андрей Александрович, к. м. н., ООО «Технологии здоровья», г. Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors:

- Nikodim G. Kulik, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation, Email: 011078n@mail.ru
- Vladislav V. Vashchenkov, M.D., Ph.D., Medical Information-and-Analytical Center, St. Petersburg, Russian Federation
- Vladimir V. Khominets, M.D., Ph.D., Professor, Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russian Federation
- Andrey A. Ostapchenko, M.D., Ph.D., Health Technology LLC, St. Petersburg, Russian Federation