

## ПРОФИЛАКТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ ОТКРЫТОЙ РЕПОЗИЦИИ И НАКОСТНОЙ ФИКСАЦИИ ПРИ ЗАКРЫТЫХ НЕОСЛОЖНЕННЫХ ВНУТРИСУСТАВНЫХ ПЕРЕЛОМАХ ПЯТОЧНОЙ КОСТИ

Савгачев В.В.<sup>1</sup>, Литвинов И.И.<sup>1</sup>, КORYSHKOV Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ярославль, e-mail: [hirurg2288@mail.ru](mailto:hirurg2288@mail.ru), [litorthorus@mail.ru](mailto:litorthorus@mail.ru), [nik-koryshkov@yandex.ru](mailto:nik-koryshkov@yandex.ru)

Открытый корректно выполненный экстракортикальный остеосинтез пяточной кости, по мнению специалистов, является на сегодняшний день основным способом лечения ее переломов с вовлечением задней суставной таранной поверхности со смещением. Однако проблема данного способа состоит в высоком риске развития гнойно-некротических осложнений. Цель исследования — изучение эффективности профилактики осложнений открытой репозиции и накостной фиксации при закрытых неосложненных внутрисуставных переломах пяточной кости на основе логистических регрессионных моделей. Выполнено проспективное контролируемое исследование 48 пациентов в возрасте от 26 до 47 лет, которым в клинической больнице скорой медицинской помощи имени Н.В. Соловьева в 2019–2021 гг. были произведены открытая репозиция и накостная фиксация при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с вовлечением задней таранной суставной поверхности. Тактика лечения определялась на основе анализируемых логистических регрессионных моделей. У одного пациента (2,1%) выявлено осложнение в виде лигатурного свища. Данное осложнение купировано амбулаторно и не отразилось на сроках восстановления двигательной активности. Средняя оценка по шкале Американского ортопедического общества стопы и голеностопного сустава (AOFAS) у обследованных через 3 месяца пациентов составила  $78,5 \pm 17,1$ , что соответствует хорошему ближайшему результату. Таким образом, проведенное исследование свидетельствует о достаточной высокой эффективности предложенных на основе логистических регрессионных моделей способов прогнозирования риска возникновения послеоперационных осложнений у отобранных с помощью системы критериев пациентов, которым планируются и выполняются открытая репозиция и накостная фиксация при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с вовлечением задней суставной таранной поверхности.

Ключевые слова: травма пяточной кости, профилактика, осложнения, прогнозы.

## PREVENTION OF COMPLICATIONS OF OPEN REPOSITION AND BONE FIXATION IN CLOSED UNCOMPLICATED INTRAARTICULAR FRACTURES OF THE CALCANEUS

Savgachev V.V.<sup>1</sup>, Litvinov I.I.<sup>1</sup>, Koryshkov N.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Yaroslavl, e-mail: [litorthorus@mail.ru](mailto:litorthorus@mail.ru), [hirurg2288@mail.ru](mailto:hirurg2288@mail.ru), [nik-koryshkov@yandex.ru](mailto:nik-koryshkov@yandex.ru)

Open correctly performed extracortical osteosynthesis of the calcaneus, according to experts, is today the main method of treating its fractures involving the posterior articular talus surface with displacement. However, the problem with this method is the high risk of purulent-necrotic complications. The aim of the study was to study the effectiveness of prevention of complications of open reposition and bone fixation in closed uncomplicated intraarticular fractures of the calcaneus on the basis of a logistic regression models. A prospective controlled study was performed on 48 patients aged 26 to 47 years, who underwent open reposition and bone fixation in 2019-2021 at the N. V. Solovyov Clinical Hospital of Emergency Medical Care with closed uncomplicated fractures of the calcaneus involving the posterior talus articular surface. Treatment tactics were determined on the basis of analyzed logistic regression models. One patient (2.1%) had a complication in the form of a ligature fistula. This complication was stopped on an outpatient basis and did not affect the timing of recovery of motor activity. The average score on the scale of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society (AOFAS) in patients examined after 3 months was  $78.5 \pm 17.1$ , which corresponds to a good immediate result. Thus, the conducted study testifies to the sufficiently high efficiency of the methods proposed on the basis of logistic regression models for predicting the risk of postoperative complications in patients selected using a system of criteria for whom open reposition and bone fixation are planned and performed with closed uncomplicated fractures of the calcaneus involving the posterior articular talus surface.

Keywords: injury of the calcaneus, prevention, complications, forecasts.

Среди всех переломов костей скелета человека повреждения пяточной кости составляют 2–6%, среди переломов костей предплюсны – 60%, при этом 75–91% переломов пяточной кости – внутрисуставные [1, 2]. Данные травмы чаще всего происходят вследствие высокоэнергетических инцидентов – падений с высоты [1]. Выбор наиболее рационального способа коррекции повреждений пяточной кости является предметом дискуссии [1, 3]. Задача-минимум при лечении данных травм со значимым смещением – обеспечение подобающей формы и положения стопы. Решение этой задачи достигается с помощью широкого спектра инвазивных (открытых) и малоинвазивных технологий [1, 2, 4]. Задача-максимум состоит в восстановлении формы стопы и всех ее функций. При этом степень восстановления функции высококонгруэнтного подтаранного сочленения сильно коррелирует с качеством репозиции задней суставной таранной поверхности пяточной кости и стабильностью фиксации. По данным современных сравнительных исследований, качество суставной репозиции при накостном остеосинтезе переломов пяточной кости из латерального L-образного доступа оказывается существенно лучшим в сравнении с менее инвазивными технологиями [5, 6]. Поэтому открытый корректно выполненный накостный остеосинтез пяточной кости, по мнению многих специалистов, является на сегодняшний день основным способом лечения ее переломов с вовлечением задней суставной таранной поверхности со смещением [6, 7]. Проблема данного способа состоит в высоком риске гнойно-некротических осложнений, которые встречаются в 16,1–34,04% наблюдений [3, 8, 9]. Фактически риски возникновения осложнений значительно варьируют у разных пациентов и определяются действием различного сочетания многих конкретных факторов [10, 11, 12]. Очевидно, что анализ большого числа факторов риска с целью количественной оценки совокупного влияния этих факторов на вероятность послеоперационных осложнений невозможен без применения математических моделей достаточной прогностической мощности [11, 12]. При этом оценка эффективности разработанных математических прогностических систем исключительно актуальна в современных условиях.

Цель исследования: изучение эффективности профилактики осложнений открытой репозиции и накостной фиксации при закрытых неосложненных внутрисуставных переломах пяточной кости на основе логистических регрессионных моделей.

#### **Материал и методы исследования**

Изучена эффективность разработанного способа прогнозирования успешности и целесообразности применения открытой репозиции и накостной фиксации при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с вовлечением задней таранной суставной поверхности со смещением. Данный способ обоснован и последовательно разработан путем

выполнения современных методов статистического анализа. Описательная статистика и статистическая оценка, проверка статистических гипотез с вычислением критерия хи-квадрат, оценка факторов риска и вычисление отношения шансов, анализ зависимостей с вычислением непараметрического коэффициента тау по методу Кендалла, применение логистической регрессии позволили оценить возможность выбора метода лечения на основании учета достоверно связанных переменных с фактом возникновения осложнения, а для оценки качества созданных регрессионных моделей для до- и послеоперационного этапов применена процедура ROC-анализа. Несомненно, данный подход обладает научной новизной и в полной мере статистически доказан [11, 12]. Реализация данного способа предполагает решение двух логистических регрессионных уравнений с вычислением прогностического коэффициента эффективности выбора метода лечения и риска осложнений после проведенного лечения, интегрированных в компьютерные оболочки (рис. 1).

Рис. 1. Скриншот интерфейса программы (выбор оперативного метода лечения пациента А., 36 лет). Синей скобкой отмечены учитываемые показатели

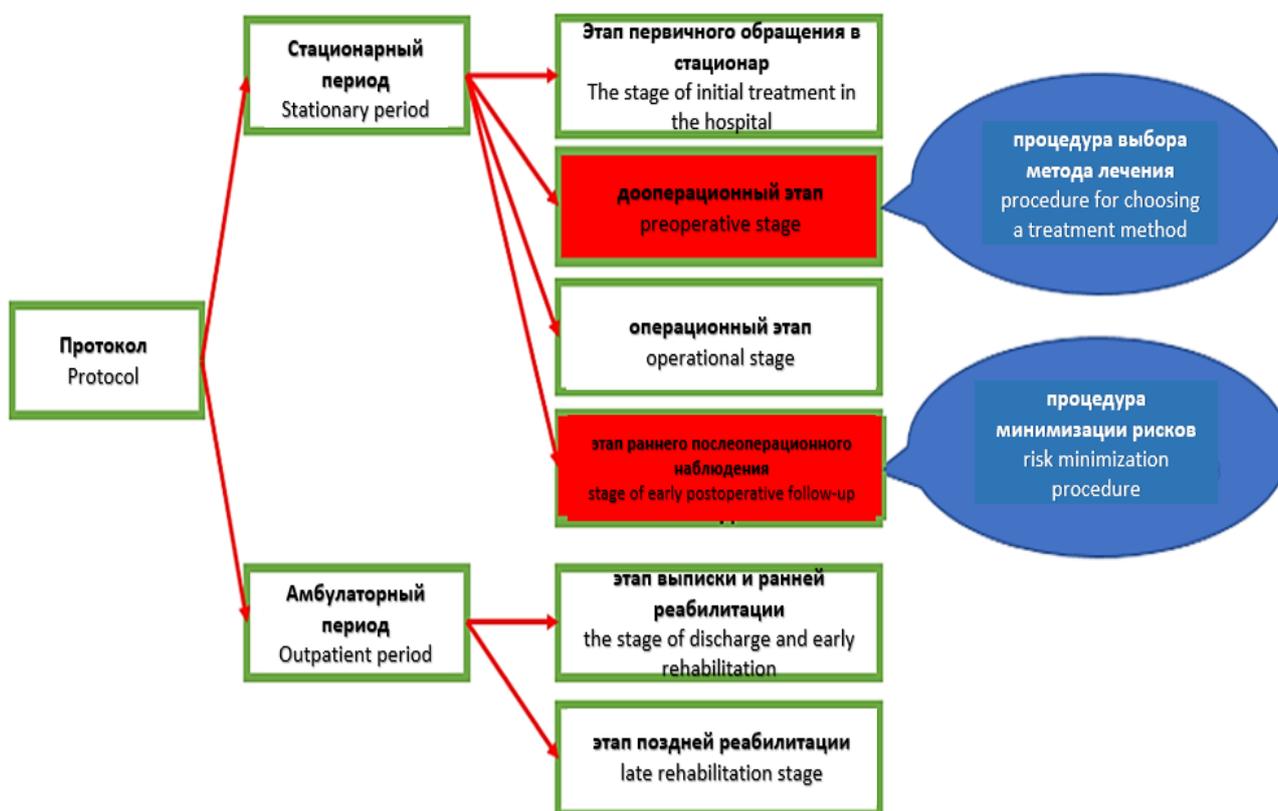
Непосредственно само уравнение на примере определения эффективности выбора метода лечения выглядит следующим образом:  $ПКЭвмл = АД \times ЗнП_1 + ПАП \times ЗнП_2 + ВП \times ЗнП_3 + ГЛ \times ЗнП_4 + ГЕМ \times ЗнП_5 + ЛК \times ЗнП_6 + ОЗП \times ЗнП_7 + ПТИ \times ЗнП_8 + УЗДС \times ЗнП_9 + Кон$ , где ПКЭвмл – прогностический коэффициент эффективности выбора метода лечения;

учитываемые параметры: АД – артериальное систолическое давление (мм рт. ст.); ПАП – предоперационная антибиотикопрофилактика (101 – наличие, 102 – отсутствие); ВП – вредные привычки (101 – отсутствие, 102 – наличие); ГЛ – глюкоза крови (ммоль/л); ГЕМ – уровень гемоглобина при госпитализации (г/л); ЛК – уровень лейкоцитов при госпитализации ( $10^9$ /л); ОЗП – отек области перелома в день операции по данным «winkle»-теста (образование (102) или отсутствие (101) «морщин» на коже заднего отдела стопы при подошвенной флексии); ПТИ – протромбиновый индекс (%); УЗДС – результат ультразвукового дуплексного сканирования сосудов нижней конечности (101 – отсутствие патологии, 102 – наличие патологии); Кон – константа для данной совокупности (-1055,6817); ЗнП<sub>1...9</sub> – значения (коэффициенты) для каждого учитываемого параметра: ЗнП<sub>1</sub> = 0,12474; ЗнП<sub>2</sub> = 2,33815; ЗнП<sub>3</sub> = 2,67957; ЗнП<sub>4</sub> = 0,63475; ЗнП<sub>5</sub> = (-0,034328); ЗнП<sub>6</sub> = 0,12933; ЗнП<sub>7</sub> = 3,02061; ЗнП<sub>8</sub> = (-0,045522); ЗнП<sub>9</sub> = 2,36430. ПКЭвмл  $\geq$  0,2496 – условие успешности и целесообразности применения открытой репозиции и наkostной фиксации при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с вовлечением задней таранной суставной поверхности со смещением. При ПКЭвмл  $<$  0,2496 рекомендуется прибегнуть к малоинвазивному оперативному или консервативному способу лечения.

В свою очередь, уравнение определения риска осложнений после лечения выглядит следующим образом:  $\text{ПКропл} = \text{УЗДС} \times \text{ЗнП}_1 + \text{ПАП} \times \text{ЗнП}_2 + \text{ОЗП} \times \text{ЗнП}_3 + \text{Т} \times \text{ЗнП}_4 + \text{ЛК} \times \text{ЗнП}_5 + \text{СОЭ} \times \text{ЗнП}_6 + \text{ГЛ} \times \text{ЗнП}_7 + \text{Кон}$ , где ПКропл – прогностический коэффициент риска осложнений после лечения; учитываемые параметры: УЗДС – результат ультразвукового дуплексного сканирования сосудов нижней конечности (101 – отсутствие патологии, 102 – наличие патологии); ПАП – предоперационная антибиотикопрофилактика (101 – наличие, 102 – отсутствие); ОЗП – выраженный отек в области операции на 3-й день после нее по данным «winkle»-теста (образование (102) или отсутствие (101) «морщин» на коже заднего отдела стопы при подошвенной флексии); Т – температура тела (°C) в 1-е сутки после операции; ЛК – уровень лейкоцитов в крови пациента 1-е сутки после операции ( $10^9$ /л); СОЭ – значение скорости оседания эритроцитов в контрольном анализе крови после операции (мм/час), ГЛ – глюкоза крови 1-е сутки после операции (ммоль/л); Кон – константа для данной совокупности (-534,7493); ЗнП<sub>1...7</sub> – значения (коэффициенты) для каждого учитываемого параметра: ЗнП<sub>1</sub> – 1,89311; ЗнП<sub>2</sub> – 1,19203; ЗнП<sub>3</sub> – 1,66888; ЗнП<sub>4</sub> – 1,23340; ЗнП<sub>5</sub> – 0,12861; ЗнП<sub>6</sub> – 0,037543; ЗнП<sub>7</sub> – 0,58267. При ПКропл ниже 0,4109 имеет место высокий риск возникновения осложнений после проведенного оперативного лечения, необходимо предпринять дополнительные меры для предотвращения этих осложнений.

Полученный результат автоматического счета «операция» указывает на выполнение условия ПКЭвмл  $\geq$  0,2496, т.е. прогнозирует высокую эффективность открытой репозиции и

фиксации пяточной кости пластиной и винтами. Данная операция произведена стандартно после предварительной антибиотикопрофилактики. Таким же образом проведена процедура автоматического прогнозирования риска осложнений после проведенного лечения. ПКропл составил  $>0,4202$ , что указывает на низкий риск. В ходе дальнейшего наблюдения за пациентом осложнений не выявлено, что подтвердило верность прогноза с помощью логистической регрессионной модели и правильность избранной на основе этого прогноза лечебной тактики, которая прописана в оригинальном протоколе ведения таких пациентов. Упрощенная схема разработанного протокола и этапы, на которых применяются процедуры оценки рисков развития осложнений, показаны на рисунке 2.



*Рис. 2. Схема протокола ведения пациентов с закрытой травмой пяточной кости со смещением и этапы оценки риска развития осложнений*

Проведено клиническое исследование эффективности способов прогнозирования результатов применения открытой репозиции и накостной фиксации при закрытых неосложненных переломах пяточной кости. Критериями включения в исследование были следующие: 1) наличие закрытых неосложненных переломов пяточной кости с вовлечением задней суставной таранной поверхности со смещением; 2) возраст пациента – 18–59 лет; 3) рассчитанный прогностический коэффициент в соответствии с приведенным выше способом прогнозирования успешности и целесообразности применения открытой репозиции и накостной фиксации при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с

вовлечением задней таранной суставной поверхности ПКЭвмл  $\geq 0,2496$ ; 4) открытая репозиция и наkostная фиксация перелома пяточной кости. Критериями исключения из исследования явились: 1) давность перелома – 3 недели и больше; 2) множественная, сочетанная травма любого генеза и локализации; 3) сахарный диабет 1-го и 2-го типов с HbA1c  $> 8,5\%$ ; 4) иммунодефицит; 5) псориаз; 6) некомпенсированная артериальная и/или венозная недостаточность конечности; 7) непредсказуемость поведения больного, в том числе вследствие психических заболеваний, алкогольной и наркотической зависимости; 8) табакокурение со стажем 20 лет и больше.

В проспективное контролируемое исследование вошли 48 пациентов в возрасте от 26 до 47 лет (средний возраст –  $38 \pm 2,24$  года), которым в ГАУЗ ЯО «Клиническая больница скорой медицинской помощи имени Н.В. Соловьева» в 2019–2021 гг. были произведены открытая репозиция и наkostная фиксация при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с вовлечением задней таранной суставной поверхности. Мужчин было 42 (87,5%), женщин – 6 (12,5%), работающих – 47 (98%). Обстоятельства травмы: падение с высоты. В 1-е сутки после травмы доставлены (обратились) в клинику 45 (94%) пострадавших, во 2-е сутки – 3 (6%). Имели место следующие типы переломов пяточной кости: Sanders II – 39 (81%); Sanders III – 9 (19%). Сроки до операции варьировали от 2 до 6 дней. Ассоциативный критерий при расчете ПКЭвмл составил  $> 0,3769$  (доверительный интервал (ДИ)  $-95\% > 0,3646$ ; ДИ  $+95\% > 0,6846$ ), ПКропл составил  $> 0,4203$  (ДИ  $-95\% > 0,4189$ ;  $+95\% > 0,4323$ ).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В течение 1 месяца после операции, в период наибольшего риска развития гнойно-некротических осложнений, все пациенты анализируемой группы были подвергнуты мониторингу. В течение 3 месяцев до момента восстановления полной нагрузки на ногу наблюдались и обследованы 36 (75%) из 48 больных. По итогам исследования на этапе амбулаторного ведения у одного пациента (2,1%) выявлено осложнение в виде лигатурного свища, что было расценено как возможный дефект шовного материала. Данное осложнение купировано амбулаторно и не отразилось на сроках восстановления двигательной активности. Каких-либо других осложнений обнаружено не было, что свидетельствует об эффективности направленного на предотвращение рассматриваемых осложнений анализируемого математического алгоритма. Средняя оценка по шкале Американского ортопедического общества стопы и голеностопного сустава (AOFAS) у обследованных через 3 месяца пациентов составила  $78,5 \pm 17,1$ , что соответствует хорошему результату.

Обсуждая полученные положительные результаты применения описанного подхода к профилактике осложнений у пациентов с закрытой внутрисуставной травмой пяточной кости со смещением, следует отметить, что данный подход базируется исключительно на анализе

индивидуальных особенностей пациентов, выявляемых в ходе их опроса и осмотра, и параметров их стандартного стационарного обследования, всего 44 пункта необходимых мероприятий с момента поступления в стационар и до полной реабилитации. Подробнейшая детализация оказания травматологической помощи на каждом этапе, с комплексным применением инновационных программ прогнозирования рисков позволит оказать пациентам с закрытой травмой пяточной кости качественную и эффективную помощь. Известный подход к прогнозированию и профилактике осложнений, такой как шкала ABCDEF оценки рисков возможного хирургического лечения переломов пяточной кости [10] по учитываемым параметрам, указывает на правильность подходов, примененных в выявлении возможных причин развития осложнений у данной категории пациентов. Однако по полученным данным весьма затруднительно, а порой просто невозможно сделать однозначно верное заключение – какую в каждом конкретном случае необходимо выбрать тактику лечения и ведения. Это обстоятельство является характерным, когда решением существующей проблемы занимаются специалисты, имеющие недостаточный навык ведения таких пациентов. Затруднения и субъективизм на уровне принятия решения возникают ввиду большого количества одновременно учитываемых параметров и возможных вариантов их взаимного комбинирования. Подобной работы, основанной на этапном многомерном моделировании с последующим созданием математических алгоритмов принятия решений у пациентов с травмой пяточной кости, не было найдено ни в зарубежной, ни в отечественной литературе.

### **Заключение**

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует о достаточно высокой эффективности предложенных на основе логистических регрессионных моделей способов прогнозирования риска возникновения послеоперационных осложнений у отобранных с помощью системы критериев пациентов, которым планируются и выполняются открытая репозиция и накостная фиксация при закрытых неосложненных переломах пяточной кости с вовлечением задней суставной таранной поверхности.

### **Список литературы**

1. Кoryшков Н.А. Лечение переломов пяточной кости с применением устройства для репозиции отломков // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2005. № 4. С. 33-35.
2. Epstein N., Chandran S., Chou L. Current concepts review: Intra-articular fractures of the calcaneus. Foot. Ankle. 2012. Vol. 33. P. 79-86.

3. Kline A.J., Anderson R.B., Davis W.H., Jones C.P., Cohen B.E. Minimally invasive technique versus an extensile lateral approach for intraarticular calcaneal fractures. *Foot Ankle*. 2013 Vol. 34 (6). P. 773-780. DOI: 10.1177/1071100713477607.
4. Bernasconi A., Iorio P., Ghani Y., Argyropoulos M., A., Smeraglia F., Balato G., Welck M. Use of intramedullary locking nail for displaced intraarticular fractures of the calcaneus: what is the evidence? *Trauma Surgeon*. 2021. Vol. 2. P. 256-261 DOI: 10.1007/s00402-021-03944-7.
5. Busel G., Mir H.R., Merimee S., Patel R., Atassi O., De La Fuente G., Donohue D., Maxson B., Infante A., Shah A., Watson D., Downes K., Sanders R.W. Quality of Reduction of Displaced Intra-articular Calcaneal Fractures Using a Sinus Tarsi Versus Extensile Lateral Approach. *J. Orthop. Trauma*. 2021. Vol. 35 (6). P. 285-288. DOI: 10.1097/BOT.0000000000001971.
6. Rastegar S., Ravanbod H., Moradi M., Moradi N. Extensile approach versus minimally invasive technique in management of calcaneus fractures. *Burns Trauma*. 2021. Vol. 11 (1). P. 27-33.
7. Волошин В.П., Шевырев К.В., Симаков А.Ю. Выбор оптимального метода лечения больных с внутрисуставными переломами пяточной кости в зависимости от эффективности восстановления анатомических параметров // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. № 4 (20). С. 12-16.
8. Lin J., Xie C., Chen K., Sun S., Zhou K., Zhou C., Shui X., Kong J. Comparison of sinus tarsi approach versus extensile lateral approach for displaced intra-articular calcaneal fractures Sanders type IV. *Orthopaedics*. 2019. Vol. 43 (9). P. 2141-2149. DOI: 10.1007/s00264-019-04318-w.
9. Zeman J., Matějka T., Zeman P., Belatka J., Matějka J. Outcomes of Treatment of Calcaneal Fractures Using Locking Compression Plate with or without Augmentation. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae Traumatologicae*. 2019. Vol. 86 (6). P. 413-418.
10. Лантух Т.А., Волна А.А., Загородний Н.В. ABCDEF-шкала оценки риска развития хирургических осложнений при оперативном лечении внутрисуставных переломов пяточной кости со смещением // Вестник КРСУ. 2013. № 13 (4). С. 122- 124.
11. Савгачев В.В. Обоснование выбора тактики лечения при повреждении пяточной кости на основе аналитических моделей риска развития осложнений: дис.... канд. мед. наук. Москва, 2018. 234 с.
12. Савгачев В.В., Литвинов И.И., Ключевский В.В., Бобылева М.Н. Редукция осложнений лечения переломов пяточной кости // Медицинский вестник Северного Кавказа. 2020. № 15 (4). С. 531-534. DOI: 10.14300/ mnnc. 2020.15125.