

ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ПРИ ТРАВМЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ СОСУДОВ КОНЕЧНОСТЕЙ

Яменсков В.В.¹, Зиновьев П.А.¹, Абросимов А.А.*¹,
Дубровских С.Н.¹, Батрашов В.А.², Ахиев М.И.¹,
Иванов А.В.¹, Джалаев Ф.Ш.²

DOI: 10.25881/20728255_2025_20_4_35

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий им. А.А. Вишневого» Министерства обороны России, Красногорск

² ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова», Москва

Резюме. Травма как мирного, так и военного времени всегда сопровождается сложностью в диагностике. Осложнения, развивающиеся при попытках сохранить пострадавшую конечность, приводят к увеличению летальности до 15%. Частота септических осложнений у пострадавших с травмой сосудов увеличивается на 30–40%.

Цель исследования: определить информативность и специфичность диагностических методов у пациентов, подвергшихся травматическому воздействию ранящих элементов с высокой кинетической энергией, приведшей к травме магистральных сосудов.

Материалы и методы: использовался весь спектр инструментальной диагностики на этапе специализированной помощи, включая инновационную оценку жизнеспособности мышечной ткани посредством ультразвуковой диагностики.

Результаты: были проанализированы результаты КТ как нативной, так и с контрастированием, селективной ангиографии, МРТ, скintiграфии, флуоресцентной ангиографии, лазерной доплерографической флоуметрии, термографии, дуплексного сканирования сосудов и энергетической доплерографии с исследованием микроциркуляции. Выявлены положительные аспекты каждой методики.

Заключение: лучевая диагностика с применением рентгеноконтрастных веществ является золотым стандартом в обследовании пострадавших с травмой магистральных сосудов, но в условиях критического состояния пациента важно иметь в арсенале методы, позволяющие с минимальной травматичностью оценить кровоснабжение конечности и степень ишемического повреждения мышечной ткани.

Ключевые слова: травма, магистральные артерии, ишемическое повреждение мышечной ткани, компартмент-синдром, микроциркуляция, жизнеспособность мышц.

Введение

Травма верхних и нижних конечностей наиболее часто встречается как в мирное, так и военное время и характеризуется высокой вариабельностью повреждений. В мирное время наиболее серьезные повреждения бывают при автополитравме и зачастую связаны с кинетическим воздействием окружающих предметов. В военное время преобладают осколочные ранения конечностей, которые существуют на протяжении длительного времени периодически возникающих глобальных и локальных военных конфликтов с применением огнестрельного оружия и снарядов различной степени мощности. При этом разнообразия форм и размеров ранящих осколков определяют различные вариации от изолированных до

DIAGNOSTIC POSSIBILITIES IN CASE OF INJURY TO THE MAIN VESSELS OF THE EXTREMITIES

Yamenskov V.V.¹, Zinovev P.A.¹, Abrosimov A.A.*¹, Dubrovskih S.N.¹,
Batrashov V.A.², Ahiev M.I.¹, Ivanov A.V.¹, Dzhalayev F.Sh.²

¹ Central Military Clinical Hospital A.A. Vishnevsky, Krasnogorsk

² Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. Trauma in both peacetime and wartime is always accompanied by difficulty in diagnosis. Complications that develop when trying to preserve the affected limb lead to an increase in mortality of up to 15%. The incidence of septic complications in patients with vascular injury increases by 30–40%.

Aim: the purpose of this study was to determine the information content and specificity of diagnostic methods in patients who were exposed to traumatic effects with high kinetic energy and resulted in injury to the main vessels.

Materials and methods: we used the entire range of instrumental diagnostics at the stage of specialized care, including an innovative assessment of the viability of muscle tissue using ultrasound diagnostics.

Results: the results of computed tomography, both native and contrast, selective angiography, magnetic resonance imaging, scintigraphy, fluorescent angiography, laser Doppler flowmetry, thermography, duplex vascular scanning and energy Doppler with microcirculation studies were analyzed. The positive aspects of each technique are revealed.

Conclusion: radiation diagnostics using X-ray contrast agents is the gold standard in the examination of patients with major vascular injury, but in a critical patient condition, it is important to have methods in your arsenal that allow you to assess the blood supply to the limb and the degree of ischemic damage to the muscle tissue with minimal trauma.

Keywords: injury, main arteries, ischemic damage to muscle tissue, compartment syndrome, microcirculation, muscle vitality.

комбинированных повреждений сосудов, костей и нервов [1–6].

Выбор оптимальной тактики лечения раненых с повреждениями конечностей является одной из актуальной проблем, который целиком зависит от своевременности и объективности современной инструментальной диагностики [7; 8]. Рассмотрены наиболее часто используемые методы исследования, позволяющие диагностировать повреждения магистральных сосудов и ишемию мягких тканей конечностей.

Материалы и методы

В НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневого в период с 2020 по 2025 гг. на лечении находились пострадавшие

* e-mail: dok.abrosimov@mail.ru

с комбинированными травмами, включающие в себя и повреждение магистральных сосудов. Были проанализированы истории болезни пострадавших с ключевым упором на диагностические мероприятия, направленные на выявление сосудистых повреждений и последствий компартмент-синдрома. Большинству из пациентов проводился весь спектр доступного обследования. КТ выполняли на мультиспиральном 120-срезовом аппарате «General Electric». При необходимости контрастирования сосудов в области травмы использовали болюсное внутривенное введение неионогенного контрастного препарата «Омнипак». При поражении дистальных сегментов конечностей применяли цифровую субтракционную ангиографию, выполняемую на аппарате «Phillips Allura FD20». Однофотонная эмиссионная КТ с внутривенным введением ^{99m}Tc -Пирофосфата проводилась на аппарате «Электрон». Дуплексное ангиосканирование выполняли на ультразвуковом аппарате « Esaote». Дополнительно с 2024 года у пациентов с массивной травмой мышечной ткани и длительным позиционным сдавлением проводили количественную оценку микроциркуляции с применением метода энергетической доплерографии и цифровой технологии обработки полученных картограмм. Дополнительно по показаниям применялись МРТ, флуоресцентная ангиография, лазерная доплеровская флоуметрия, термография.

Результаты

Применение КТ без контрастирования (нативная) дало возможность одновременно диагностировать переломы костей, напряженные гематомы по ходу крупных магистральных артерий и вен, а также определить изменения мышц, свидетельствующие об их ишемическом повреждении (Рис. 1).

Дополнительное введение контрастного вещества позволило идентифицировать поражение сосудов, сопровождающееся формированием пульсирующей гематомы, ложной аневризмы, артерио-венозной фистулы или заподозрить венозный тромбоз (Рис. 2).

Селективную ангиографию применяли для диагностики ранений артерий малого диаметра, в основном расположенных в дистальных сегментах конечностей или в труднодоступных местах. Проводили одномоментное эндоваскулярное устранение повреждения сосудов с помощью установки стент-графта или эмболизации (Рис. 3).

Сцинтиграфия показала положительную роль в оценке ишемии конечностей. С помощью этого метода изучалось состояние магистрального кровотока и микроциркуляторного русла особенно при оценке эффективности реваскуляризирующих вмешательств. Отмечалось снижение накопления радиофармпрепарата в поврежденных участках мышц (Рис. 4).

Комплексное УЗИ мышц дало возможность на более ранних этапах после ранения заподозрить проявления метаболических нарушений и выявить признаки нежиз-

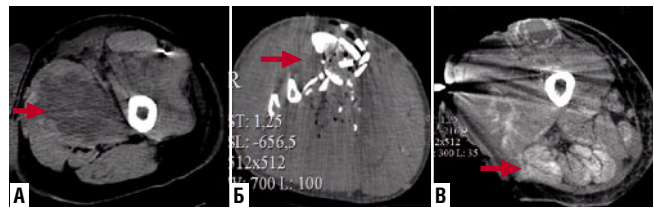


Рис. 1. КТ-исследование (нативное). Стрелки: изменение плотности мягких тканей, как косвенный признак нежизнеспособности мягких тканей (А); многооскольчатый перелом большеберцовой кости (Б); изменение плотности мышц в результате оссифицирующего миозита (В).

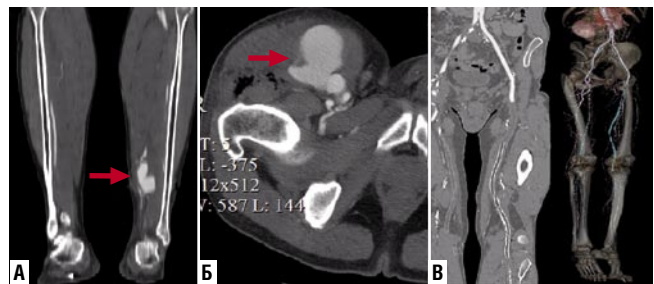


Рис. 2. КТ-исследование с контрастированием. Стрелки: ложная аневризма задней большеберцовой артерии (А); пульсирующая гематома общей бедренной артерии (Б). КТ-ангиография магистральных артерий с 3D-реконструкцией (В).



Рис. 3. Рентгенограммы: ангиограмма бедренно-подколенного сегмента в норме (А); ангиограмма подколенного сегмента с формирующейся артерио-венозной фистулой (Б); имплантация стент-графта в зону артерио-венозной фистулы подколенной артерии (В).

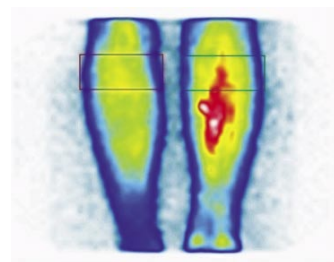


Рис. 4. Сцинтиграмма нижних конечностей: асимметрия накопления радиофармпрепарата в мышцах голени.

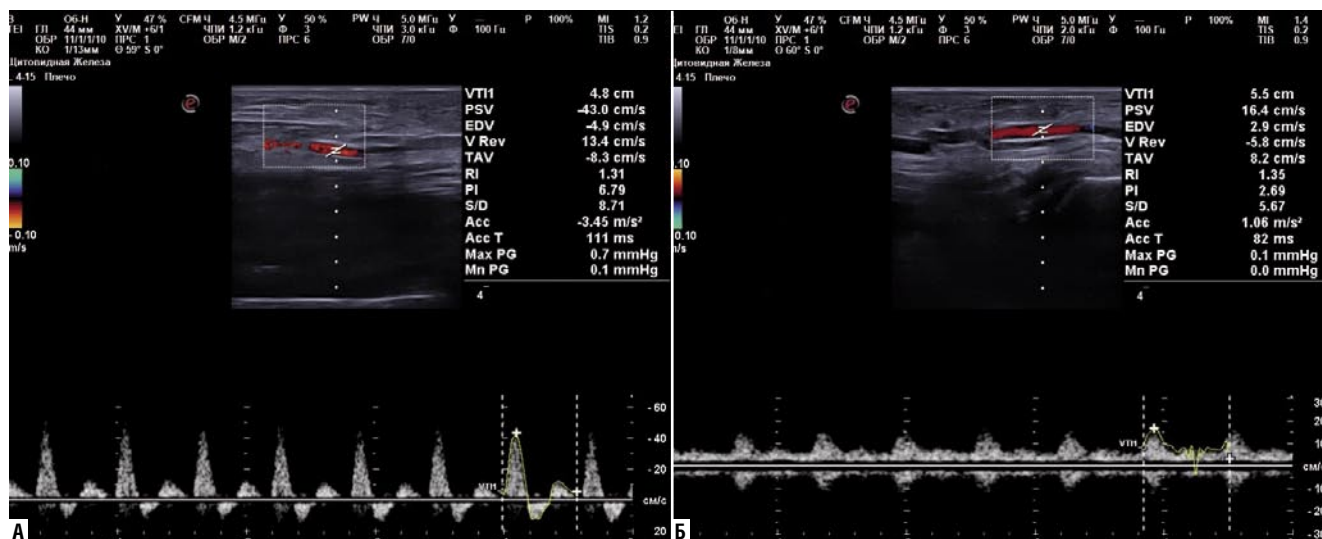


Рис. 5. Дуплексное сканирование: магистральный кровоток по задней большеберцовой артерии здоровой конечности (А); коллатеральный кровоток по задней большеберцовой артерии при посттравматической окклюзии поверхностной бедренной артерии (Б).

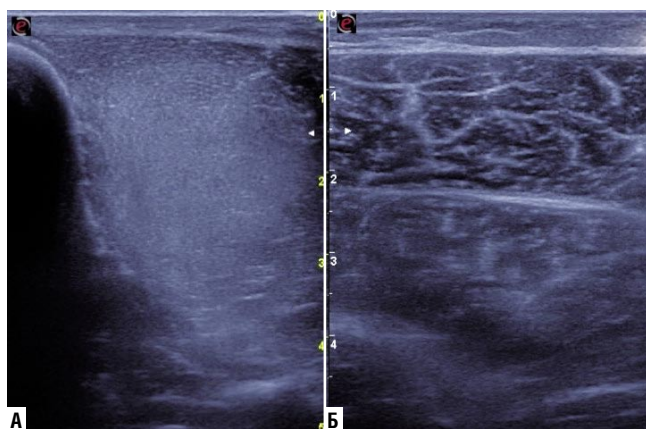


Рис. 6. Сонограммы скелетных мышц: нарушение структуры по типу «матового стекла» (А), петлистая структура за счет экзогенного перимизия и тонких гиперэхогенных прослоек эндомизия внутри здоровой мышцы (Б).

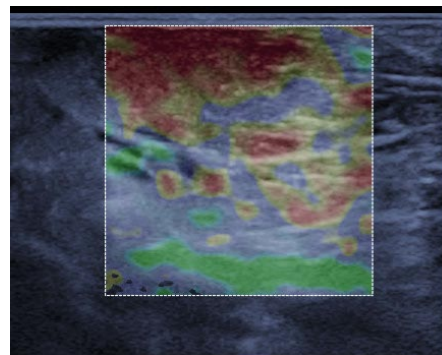


Рис. 7. Эластограмма: снижение эластичности мягких тканей – косвенный признак повреждения мышцы. Зеленый цвет соответствует мягким, более эластичным тканям, а красный – жестким, менее эластичным тканям.

неспособности мягких тканей. Это повлияло на выбор хирургической тактики в отношении каждого отдельного случая, либо в выполнении сосудистой реконструкции, либо в пользу ампутации конечности. Стандартное дуплексное сканирование позволяло диагностировать травму сосудов на всех этапах медицинской эвакуации (Рис. 5).

Дополнительно при помощи УЗИ определяли структуру, экзогенность и жесткость мышц. Увеличение толщины, нарушение структуры по типу «матового стекла» напрямую свидетельствовали об отеке мышц, что являлось одним из признаков их нежизнеспособности (Рис. 6).

Для оценки жесткости мышц использовали метод компрессионной эластографии с применением цветовой шкалы. Это оказалось особенно важным у пациентов с минно-взрывной травмой, у которых в результате ком-

партмент-синдрома различной степени выраженности повышалось давление в фасциальном футляре, что в конечном итоге снижало эластичность мышечной ткани (Рис. 7).

Энергетическая доплерография и обработка полученных картограмм с применением цифровой технологии позволили получить количественные значения микроциркуляции и оценить степень перфузии мышечной ткани. Так, в норме суммарный кровоток по артериям мышц графически был представлен ритмичными, остроконечными пиками (Рис. 8).

Значение суммарного кровотока в измененной мышце уменьшалось и графически кровоток приобретал хаотичный характер (Рис. 9). Данное изменение связано с нарушением целостности и отеком мышцы, тромбозом мелких сосудов и изменением архитектоники сосудистого русла.

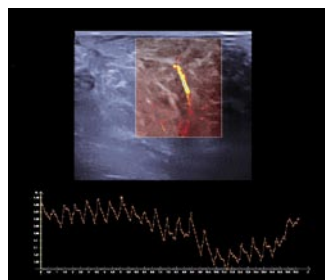


Рис. 8. Определение суммарного кровотока в мышцах голени. Кровоток в неизменной мышце: ритмичный, магистральный суммарный кровоток составил 3,5%.

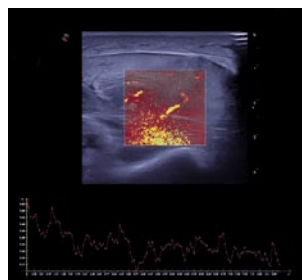


Рис. 9. Определение суммарного кровотока в мышцах голени. Кровоток в пораженной мышце: хаотичный, суммарный кровоток составил 0,1%.

Обсуждение

Для диагностики сочетанных повреждений мягких тканей конечностей используются различные методы, но, к сожалению, не представляется возможным использовать большинство из них на всех этапах медицинской эвакуации [8]. Поиск доступного, миниинвазивного и наиболее точного способа диагностики ишемического повреждения мышц явилось частью нашего исследования. Возможности каждого из методов мы представили в таблице 1.

КТ нижних конечностей с внутривенным болюсным контрастированием по-прежнему является «золотым» стандартом для диагностики сочетанного повреждения костей и сосудов конечностей. Исследование показало положительную роль данного метода в обнаружении ишемического поражения скелетных мышц, но, в то же время, ограничено эффектом «засвечивания» интересующей области множественными металлическими осколками и аппаратом внешней фиксации. Кроме того, у части пациентов выполнение КТ с использованием контрастных веществ, которые обладают нефротоксичным действием, невозможно ввиду острого почечного повреждения вследствие тяжёлого повреждения тканей и рабдомиолиза [9; 10].

Выполнение селективной ангиографии конечностей с возможностью одномоментного устранения поврежде-

дения сосудов является малоинвазивным методом при боевой травме сосудов, но ввиду необходимости использования С-дуги возможно только в крупных медицинских центрах. К сожалению, данный метод не обладает возможностью диагностики ишемии мышц.

Наиболее безопасным, неинвазивным и доступным методом диагностики оказалось УЗИ в сочетании с дуплексным сканированием сосудов конечностей, что, по нашему мнению, позволяет использовать данный метод на всех этапах медицинской эвакуации. С его помощью можно диагностировать на ранних сроках пульсирующую гематому, артериовенозную фистулу, ложную аневризму сосудов и тромбозы глубоких вен [11; 12]. Метод позволяет диагностировать на ранних сроках нежизнеспособность мягких тканей (изменения по типу «матового стекла» и отек глуболежащих мышц), что позволяет в кратчайшие сроки избрать наиболее приемлемую тактику лечения данного пациента и избежать развития жизнеугрожающих осложнений [13].

В результате комплексного применения указанных методов исследований с объективной инструментальной диагностикой повреждения магистральных сосудов и ишемии скелетных мышц, во многом наряду с оценкой общеклинического состояния пациента, позволили предотвратить такие жизнеугрожающие осложнения, как рабдомиолиз и полиорганную недостаточность.

Выводы

Для диагностики повреждений мягких тканей нижних конечностей предложены различные методы, однако до сих пор ведется поиск наиболее мобильного, миниинвазивного и доступного метода, позволяющего выполнить максимально возможную диагностику повреждений. В настоящее время УЗИ мягких тканей конечностей является наиболее доступным методом, позволяющим определить тактику лечения, однако при сочетанных повреждениях сосудов и костей необходимо выполнение рентгеноконтрастных методов исследования, что возможно только в медицинских центрах с возможностью оказания эндоваскулярной помощи. Сочетание различных методов диагностики в настоящее время обеспечивает наиболее исчерпывающую диагностику травмы конечностей.

Табл. 1. Сравнительные преимущества и недостатки методов инструментальной диагностики состояния мышечной ткани конечностей

Инструментальные методы	Время исследования	Лучевая нагрузка	Доступность к больному	Контрастный препарат	Специфичность	Чувствительность
Магнитно-резонансная томография	-	+	-	+	-	-
Компьютерная томография	+	-	-	-	-	+
Флуоресцентная ангиография	-	+	+	-	+	-
Сцинтиграфия	-	-	-	-	+	+
УЗИ	+	+	+	+	+	+
Термография	+	+	+	+	-	-

Примечание: «+» – преимущества метода обозначены; «-» – негативные особенности.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооружённых конфликтов. / Под ред. Гуманенко Е.К., Самохвалова И.М. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. [Voenno-polevaya khirurgiya lokal'nykh voyn i vooruzhennykh konfliktov. Gumanenko EK, Samokhvalov IM, editors. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (In Russ.)]
2. Крайнюков П.Е., Кочиш А.Ю., Кокорин В.В. и др. Вклад Н.И. Пирогова в развитие хирургии конечностей // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова. – 2020. – Т.15. – №3(часть 1). – С.56-61. [Krainyukov PE, Kochish AY, Kokorin VV, et al. N.I. Pirogov's contribution to the development of limb surgery. Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova. 2020; 15(3 Pt 1): 56-61. (In Russ.)] doi: 10.25881/BPNMSC.2020.43.83.011.
3. Травматическая болезнь и её осложнения. / Под ред. Селезнёва С.А., Багненко С.Ф., Шалота Ю.Б., Курыгина А.А. – СПб.: Политехника, 2004. [Travmaticheskaya bolezn' i ee oslozheniya. Seleznev SA, Bagnenko SF, Shapota YuB, Kurygin AA, editors. Saint Petersburg: Politekhnik; 2004. (In Russ.)]
4. Pourzand A, Fakhri BA, Azhough R, et al. Management of high-risk popliteal vascular blunt trauma: clinical experience with 62 cases. Vasc Health Risk Manag. 2010; 9(6): 613-8. doi: 10.2147/vhrm.s11733.
5. Rai KM, Mohanty SK, Kale R, et al. Management of vascular injuries in a forward hospital. Med J Armed Forces India. 2006; 62(3): 246-51. doi: 10.1016/S0377-1237(06)80012-2.
6. Самохвалов И.М. Военно-полевая хирургия. Национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. [Samokhvalov IM. Voenno-polevaya khirurgiya. Natsional'noe rukovodstvo. Moscow: GEOTAR-Media; 2023. (In Russ.)]
7. Есипов А.В., Пинчук О.В., Яменсков В.В. Лечение сочетанных костно-сосудистых повреждений конечностей в многопрофильном военном госпитале // Военно-медицинский журнал. – 2020. – Т.341. – №1. – С.34-38. [Esipov AV, Pinchuk OV, Obratsov AV, et al. Treatment of bone-vascular polytrauma of limbs in a multidisciplinary military hospital. Voenno-meditsinskij zhurnal. 2020; 341(1): 34-38. (In Russ.)]
8. Есипов А.В., Фокин Ю.Н., Пешехонов Э.В. и др. Дорожная политравма: опыт организации лечебно-диагностического процесса в многопрофильном стационаре // Военно-медицинский журнал. – 2020. – Т.341. – №6. – С.9-15. [Esipov AV, Fokin YuN, Peshekhonov EV, et al. Road polytrauma: the experience of organizing a diagnostic and treatment process in a multidisciplinary hospital. 2020; 341(6): 9-15. (In Russ.)]
9. Смирнов А.В., Добронравов В.А., Румянцев А.Ш., Каюков И.Г. Острое повреждение почек. – М.: Медицинское информационное агентство, 2015. [Smirnov AV, Dobronravov VA, Rumyantsev AS, Kayukov IG. Ostroe povrezhdenie почек. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2015. (In Russ.)]
10. Бояринцев В.В., Кутепов Д.Е., Пасечник И.Н., Федорова А.А. Рабдомиолиз. Междисциплинарный подход. / Под ред. Бояринцева В.В. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2023. [Boyarintsev VV, Kutevov DE, Pasechnik IN, Fedorova AA. Rhabdomyoliz. Mezhdistsiplinarnyi podkhod. Boyarintsev VV, editor. Moscow: GEOTAR-Media; 2023. (In Russ.)]
11. Рева В.А. Травмы и ранения кровеносных сосудов: открытые, эндоваскулярные и гибридные методы лечения: Автореф. дисс. ... док. мед. наук. – СПб.: 2020. [Reva V.A. Travmy i raneniya krovenosnykh sosudov: otkrytye, endovaskulyarnye i gibridnye metody lecheniya. [autoreferat dissertation] Saint Petersburg; 2020. (In Russ.)]
12. Яменсков В.В., Ушаков С.А., Филиппов А.В., и др. Современные возможности лечения посттравматических ложных аневризм на этапе оказания специализированной медицинской помощи // Медицинский вестник МВД. – 2024. – Т.128. – №1. – С.11-16. [Yamenskov V, Ushakov S, Filippov A, et al. Modern options for treating post-traumatic pseudoaneurysms at the stage of specialized medical care. Meditsinskij vestnik MVD. 2024; 128(1): 11-16. (In Russ.)] doi: 10.52341/20738080_2024_128_1_11.
13. Есипов А.В., Яменсков В.В., Пинчук О.В. и др. Ультразвуковая диагностика жизнеспособности мышц // Военно-медицинский журнал. – 2024. – Т.345. – №2. – С.28-34. [Esipov AV, Yamenskov VV, Pinchuk OV, et al. Ultrasound diagnostics of muscle viability in case of combat limb injury. Voenno-meditsinskij zhurnal. 2024; 345(2): 28-34. (In Russ.)] doi: 10.52424/00269050_2024_345_2_28.