

© Коллектив авторов, 2022

УДК 616-005.6

DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17072>

ISSN – 2073-8137

СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ (МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ) ХАРАКТЕРИСТИКА СОСУДОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ПРИ ПЕРЕЛОМАХ СЕГМЕНТОВ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

В. Н. Борщевская¹, И. А. Коломоец², В. Ю. Дерибас²,
Д. Ю. Чистяков³, С. С. Сасько⁴, Д. П. Березовский⁵

¹ Ставропольский государственный медицинский университет,
Российская Федерация

² Ростовский государственный медицинский университет,
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³ Бюро судебно-медицинской экспертизы, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

⁴ Областная клиническая больница № 2, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

⁵ Первый Московский государственный медицинский университет
им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Российская Федерация

FORENSIC (MORPHOMETRIC) CHARACTERISTICS OF MICROCIRCULATORY BLOODSTREAM VESSELS IN FRACTURES OF LOWER LIMB SEGMENTS

Borshchevskaya V. N.¹, Kolomoec I. A.^{2,3}, Deribas V. Yu.²,
Chistyakov D. Yu.³, Sas'ko S. S.⁴, Berezovskiy D. P.⁵

¹ Stavropol State Medical University, Russian Federation

² Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

³ Bureau of Forensic Medicine Expertise, Rostov-on-Don, Russian Federation

⁴ Regional Clinical Hospital № 2, Rostov-on-Don, Russian Federation

⁵ I. M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),
Russian Federation

В исследовании проводилось изучение морфометрических показателей сосудов микроциркуляторного русла у пациентов с переломами сегментов нижней конечности. Обследовано 54 пациента, из которых мужчин было 17, женщин – 37 в возрасте $57,33 \pm 2,53$ года с переломами сегментов нижней конечности сроком 1–1,5 недели. В ходе операции изымался биопсийный материал в виде мягких тканей из зоны оперативного вмешательства и на отдалении. Осуществлялось морфометрическое изучение сосудов мягких тканей. Статистически значимые результаты были получены в зоне механического воздействия для диаметра и толщины стенки артерии и вены малого калибра.

Ключевые слова: механическая травма, тромбоз, морфометрия, судебно-медицинская экспертиза

In the research was to study the morphometric parameters of the microvascular vessels in patients with fractures of the lower extremities segments. The study involved 54 patients (17 men, 37 women) aged 57.33 ± 2.53 years with fractures of the lower limb segments for a period of 1–1.5 weeks. During the operation, biopsy material was sampled in the form of soft tissues from the area of surgery and at a distance. The morphometric study of soft tissue vessels was carried out. Statistically significant results were obtained in the zone of mechanical impact for the diameter and wall thickness of the artery and small vein.

Keywords: mechanical injury, thrombosis, morphometry, forensic medical examination

Для цитирования: Борщевская В. Н., Коломоец И. А., Дерибас В. Ю., Чистяков Д. Ю., Сасько С. С., Березовский Д. П. СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКАЯ (МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ) ХАРАКТЕРИСТИКА СОСУДОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА ПРИ ПЕРЕЛОМАХ СЕГМЕНТОВ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2022;17(3):295-298. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17072>

For citation: Borshchevskaya V. N., Kolomoec I. A., Deribas V. Yu., Chistyakov D. Yu., Sas'ko S. S., Berezovskiy D. P. FORENSIC (MORPHOMETRIC) CHARACTERISTICS OF MICROCIRCULATORY BLOODSTREAM VESSELS IN FRACTURES OF LOWER LIMB SEGMENTS. *Medical News of North Caucasus*. 2022;17(3):295-298. DOI – <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17072> (In Russ.)

ВТЭО – венозные тромбозомболические осложнения
ДА – диаметр артерии малого калибра
ДВ – диаметр вены малого калибра
ДК – диаметр капилляра
ДППМ – диаметр поперечнополосатого скелетного миоцита
ДЯМ – диаметр ядра миоцита
МТ – механическая травма
МЦР – микроциркуляторное русло

ТГВНК – тромбоз глубоких вен нижних конечностей
ТСА – толщина стенки артерии
ТСВ – толщина стенки вены
ТСК – толщина стенки капилляра
ТЭА – толщина эндотелиальной выстилки артерии
ТЭВ – толщина эндотелиальной выстилки вены
ТЭК – толщина эндотелиальной выстилки капилляра
ТЭЛА – тромбозомболия легочной артерии

Судебно-медицинская экспертиза механической травмы (МТ) – наиболее распространенный вид экспертиз [1, 2]. Вопросам определения механизма травмы, давности её причинения посвящено большое количество работ. Тем не менее существуют определенные сложности в формировании суждения при возникновении осложнений МТ в различные временные промежутки после её причинения. Одним из таких осложнений являются венозные тромбозомболические осложнения (ВТЭО).

ВТЭО представляют глобальную медико-социальную проблему. МТ относится к приобретенным факторам повышенного тромбообразования. Закономерно прослеживается патогенетическая цепочка: МТ → повышенное тромбообразование → тромбоз глубоких вен нижних конечностей (ТГВНК) → тромбозомболии легочной артерии (ТЭЛА). ТЭЛА характеризуется тяжелым исходом: инвалидизацией пациента либо наступлением его смерти.

В структуре летальности лечебных учреждений хирургического профиля ТЭЛА занимает второе-третье место [3]. Риск развития ТЭЛА в зависимости от выполненного хирургического вмешательства составляет от 0,7 до 30 %, при этом в 0,1–3,0 % случаев ТЭЛА заканчивается летальным исходом [4].

Интерес к изучению наследственных и приобретенных факторов развития ТГВНК и ТЭЛА сохраняется [5]. Стоит отметить, что само оперативное вмешательство считается независимым фактором риска развития ВТЭО, особенно при наличии коморбидных состояний [6–8].

За последнее десятилетие появились работы, в которых была предпринята попытка систематизации случаев ВТЭО в практике судебно-медицинского эксперта, предложен комплексный подход к оценке причин возникшей ТЭЛА после МТ и интервенционных способов лечения [9]. Вместе с тем экспертная оценка ВТЭО после выполненного оперативного вмешательства у пациентов (потерпевших) с МТ по-прежнему вызывает сложности в интерпретации полученных результатов и формировании экспертных выводов. Не исключено, что количественная оценка реакции сосудов МЦР в зоне МТ позволит конкретизировать экспертные выводы МТ, осложненной ВТЭО.

Целью настоящего исследования стало изучение морфометрических показателей сосудов микроциркуляторного русла у пациентов с переломами сегментов нижней конечности.

Материал и методы. В проспективное исследование были отобраны клинические случаи пациентов с переломами сегментов нижней конечности, причиненных в результате удара тупым предметом. Критериями включения явились: давность образования перелома (не более 7 дней), наличие показаний к оперативному вмешательству по поводу перелома в виде открытой репозиции и накостного или внеочагового чрескостного металлоостеосинтеза. Критерии исключения: застарелые переломы, наличие гнойно-септических осложнений.

Всего обследовано 54 пациента, мужчин 17, женщин 37. Средний возраст составил $57,33 \pm 2,53$ года.

В пред- и послеоперационном периоде пациенты получали стандартную тромбопрофилактику [10].

Забор биопсийного материала осуществлялся на основании положительного решения локального этического комитета Ростовского государственного медицинского университета (протокол заседания № 18/12). Изъятые кусочки мягких тканей фиксировали в 10 % нейтральном формалине. Окраску препаратов проводили гематоксилином и эозином. Микроскопию препаратов осуществляли с использованием микроскопа МИКМЕД 6 (АО «ЛОМО», Россия) с тринокулярной насадкой с использованием окуляр-микрометра МОВ-1-16 (АО «ЛОМО», Россия).

Были изучены следующие морфометрические показатели: диаметры миоцита поперечно-полосатой мускулатуры и его ядра, капилляра, артерии и вены малого калибра; толщина стенки и эндотелиальной выстилки капилляра, артерии и вены малого калибра, наличие или отсутствие тромба в просвете сосудов – как в зоне непосредственного механического повреждения (I группа), так и вне зоны механического повреждения (II группа).

Результаты измерений были статистически обработаны с помощью программы Microsoft Excel 2016 (США). Для каждой из групп сравнения рассчитывали среднее арифметическое, ошибку среднего. Достоверность отличий учитываемых показателей в группах определяли по величине t-критерия Стьюдента после проверки распределения на нормальность. Статистически достоверными считались различия, соответствующие оценке достоверности $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Полученные морфометрические результаты из зон механического повреждения и вне ее представлены в таблице.

Из приведенной таблицы видно, что девять показателей, таких как ДППМ макс, ДЯМ мин, ДЯМ макс, ДК мин, ТСК мин, ТСК макс, ТЭК мин, ТЭК макс, ТСВ мин, были в зоне травмирования снижены по сравнению с интактной зоной в диапазоне от 0,78 до 10,75 %. Другие 13 показателей, наоборот, были увеличены в диапазоне от 1,14 % до 94,04 %. Это ДППМ мин, ДК макс, ДВ мин, ДВ макс, ТСВ макс, ТЭВ мин, ТЭВ макс, ДА мин, ДА макс, ТСА мин, ТСА макс, ТЭА мин, ТЭА макс. Статистически значимые отличия были выявлены для 4 показателей: толщины стенки вены (ТСВ макс), диаметра вены (ДВ макс), диаметра артерии (ДА макс) и толщины стенки артерии (ТСА макс). Данные значения в зоне травмирования по отношению к интактной зоне соответственно были увеличены на 56,1 %, 38,1 %, 94,04 % и 92,81 %.

Дополнительно произведен подсчет соотношения диаметра артерии к диаметру вены (макс), толщины стенки артерии к толщине стенки вены (макс) в I и II группах исследования. Значения полученных коэффициентов в сравниваемых группах не различались.

Многочисленными исследованиями установлено, что ВТЭО являются многофакторным патологиче-

ским процессом [11, 12]. МТ, оперативное вмешательство по поводу травмы опорно-двигательного аппарата на нижних конечностях являются независимыми приобретенными (модифицируемыми) факторами риска повышенного тромбообразования. Нивелирование влияния этих факторов – залог профилактики ВТЭО.

Таблица

Морфометрические показатели сосудов микроциркуляторного русла поперечнополосатой мускулатуры биопсийного материала из зон механической травмы и на отдалении

Показатель	Зоны сравнения		Динамика показателя в % по отношению к интактной зоне
	I (интактная)	II (непосредственно перелома)	
	M±m	M±m	
ДППМ мин	49,79±2,64	50,36±2,80	1,14↑
ДППМ макс	84,88±3,80	80,03±3,68	-5,71↓
ДЯМ мин	4,38±0,19	4,06±0,26	-7,30↓
ДЯМ макс	7,67±0,26	7,00±0,34	-8,70↓
ДК мин	14,65±1,04	14,19±0,83	-3,16↓
ДК макс	29,17±1,73	31,98±1,75	9,65↑
ТСК мин	2,96±0,19	2,89±0,21	-2,50↓
ТСК макс	5,17±0,34	4,80±0,29	-7,17↓
ТЭК мин	1,72±0,11	1,54±0,08	-10,75↓
ТЭК макс	3,15±0,14	2,89±0,11	-8,24↓
ДВ мин	105,25±8,97	116,40±11,58	10,60↑
ДВ макс	199,17±20,37	275,06±36,01	38,10↑
ТСВ мин	17,04±2,53	16,91±2,96	-0,78↓
ТСВ макс	33,87±4,74	52,87±7,68	56,10↑
ТЭВ мин	2,32±0,11	2,42±0,11	4,07↑
ТЭВ макс	3,79±0,16	4,19±0,17	10,45↑
ДА мин	83,76±7,31	108,12±20,15	29,07↑
ДА макс	139,39±12,56	270,48±56,34	94,04↑
ТСА мин	30,45±3,87	33,92±4,37	11,40↑
ТСА макс	42,02±4,37	81,02±13,15	92,81↑
ТЭА мин	2,18±0,10	2,42±0,14	11,33↑
ТЭА макс.	3,82±0,16	4,25±0,25	11,15↑

Примечание. Жирным выделены статистически значимые показатели (p<0,05).

Специфичная задача судебно-медицинского эксперта при проведении экспертизы в случаях свершившегося ВТЭО – определение наличия (отсутствия) прямой причинно-следственной связи между механическим воздействием и развитием ВТЭО, с одной стороны, выполненным оперативным вмешательством и развившимся ВТЭО – с другой. Экспертный анализ неблагоприятного исхода МТ и проведенного лечения лежит в пределах оценки клинических и морфологических данных. В настоящем исследовании 4 из 22 морфометрических показателей в зоне МТ и последовавшего оперативного

вмешательства имели статистически значимые различия при сравнении двух условно выделенных зон – интактной зоны мягких тканей (I) и зоны МТ (II). При этом два морфометрических показателя имели отношение к характеристике артерии малого калибра, два – к характеристике вены малого калибра.

Изменения морфометрических показателей в отношении артерии вполне объяснимы предшествующим механическим воздействием, последующей реакцией воспаления с гиперемией мягких тканей в зоне травмирования [13]. Увеличение притока крови в зону механического повреждения закономерно обусловило и венозное полнокровие. Венозным полнокровием объясняется увеличение диаметра (макс) вены во II зоне по сравнению с I зоной на 38,1 %. В то же время было отмечено статистически значимое увеличение толщины стенки вены на 56,1 % во II зоне по отношению к I зоне (табл.). Надо полагать, увеличение толщины стенки вены является закономерным ответом на механическое воздействие в остром периоде травматической болезни. Увеличение толщины и диаметра вены малого калибра предполагает увеличение объема вены, приводит к снижению скорости кровотока либо к стазу, как одному из факторов тромбообразования в венозном русле.

Во многом регуляция тонуса сосуда, изменение его диаметра определено функциональной активностью эндотелиальных клеток его внутреннего слоя, гемодинамическим напряжением сдвига и восприятием эндотелиальными клетками механического давления, которое оказывает движущаяся кровь (скорость кровотока) [14–16]. В настоящее время активно изучаются механизмы регуляции тонуса сосудов за счет механочувствительности эндотелиальных клеток [15, 16]. Нарушение регуляции тонуса сосудов вносит существенный вклад в развитие различных патологических состояний, в том числе в процесс тромбообразования.

Полученные морфометрические данные отражают закономерную реакцию со стороны сосудов микроциркуляторного русла на механическое воздействие. Количественные значения могут быть маркером закономерного ответа на воздействие твердого тупого предмета с формированием перелома сегментов нижней конечности. С учетом того, что в исследованных случаях не наблюдалось повышенного тромбообразования, надо полагать, что полученные морфометрические данные можно взять за основу (точку отсчета) при анализе экспертных случаев с неблагоприятным исходом после МТ и выполненного оперативного вмешательства с развитием ВТЭО.

Закключение. Механическое воздействие твердым тупым предметом вызывает реакцию со стороны сосудов микроциркуляторного русла в виде изменений диаметра и толщины стенки артерии и вены малого калибра.

В срок 1–1,5 недели после причиненной механической травмы с переломами сегментов нижней конечности толщина, диаметр артерии и вены малого калибра увеличены в зоне механического воздействия по сравнению с интактной зоной в 1,5–2 раза.

Данные морфометрические показатели могут быть использованы в рамках проведения судебно-медицинской экспертизы при оценке реакции сосудов микроциркуляторного русла в ответ на механическое воздействие.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Kovalev A. V., Makarov I. Y., Samokhodskaya O. V., Kuprina T. A. The structure of the fatal mechanical injury in Russia (the analysis of the materials for the period from 2003 to 2017). *Sud. Ekspert.* 2019;62(2):11. <https://doi.org/10.17116/sudmed20196202111>
2. Milling L., Mikkelsen S., Astrup B. S. Characteristics of mechanical CPR-related injuries: A case series. *J. Forens. Legal Med.* 2020;70:101918. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2020.101918>
3. Цибульский Н. А., Фролова Э. Б., Абдрахманова А. И., Тухватуллина Г. В. Современные проблемы патогенеза и диагностики тромбоэмболии легочной артерии. *Практическая медицина.* 2020;18(1):8-12. [Cibul'skin N. A., Frolova E. B., Abdrahmanova A. I., Tuhvatullina G. V. Modern problems of the pathogenesis and diagnosis of pulmonary embolism. *Prakticheskaya medicina. – Practical medicine.* 2020;18(1):8-12. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2020-1-8-12>
4. Кириенко А. И., Лебедев И. С., Поляно Н. И., Орехов О. О., Ракша А. П. [и др.]. Тромбоэмболия лёгочных артерий в многопрофильном стационаре: результаты патологоанатомического исследования. *Вестник хирургии им. И. И. Грекова.* 2017;176(4):60-66. [Kirienko A. I., Lebedev I. S., Polyanko N. I., Orekhov O. O., Raksha A. P. [et al.]. Pulmonary embolism in a multidisciplinary hospital: the results of postmortem examination. *Vestnik hirurgii im. I. I. Grekova. – Bulletin of surgery named after I. I. Grekov.* 2017;176(4):60-66. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2017-176-4-60-66>
5. Yan C., Wang X., Su H., Ying K. Recent progress in research on the pathogenesis of pulmonary thromboembolism: an old story with new perspectives. *Biomed. Res. Int.* 2017;2017:1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/6516791>
6. Ezugbaia B. S., Sholin I. Y., Avetisyan V. A., Koryachkin V. A., Baturin D. A. Perioperative assessment of cardiologic risk in non-cardiac surgical interventions. *Innov. Med. Kuban.* 2020;(1):61-65. <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2020-17-1-61-65>
7. Akinshina S., Makatsariya A., Bitsadze V., Khizroeva J., Khamani N. Thromboprophylaxis in pregnant women with thrombophilia and a history of thrombosis. *J. Perinat. Med.* 2018;46(8):893-899. <https://doi.org/10.1515/jpm-2017-0329>
8. Тиммербулатов В. М., Тиммербулатов Ш. В. Обеспечение безопасности в хирургии. *Вестник хирургии им. И. И. Грекова.* 2017;176(2):83-85. [Timmerbulatov V. M., Timerbulatov Sh. V. Ensuring safety in surgery. *Vestnik hirurgii im. I. I. Grekova. – Bulletin of surgery named after I. I. Grekov.* 2017;176(2):83-85. (In Russ.)] <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2017-176-2-83-85>
9. Pigolkin Y. I., Nikityuk D. B., Asanov A. Y., Berezovskii D. P., Bachurin S. S., Sas'ko S. S. Model of moderate hyperhomocysteinemia associated with mechanical injury: dynamics of morphometric parameters of microcirculatory vessels. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2019;167(4):533-535. <https://doi.org/10.1007/s10517-019-04567-0>
10. Национальный стандарт Российской Федерации. Клинические рекомендации (протоколы лечения). Профилактика тромбоэмболических синдромов. 2016. [National standard of the Russian Federation. Clinical recommendations (Treatment protocols). Prevention of thromboembolic syndromes. 2016. (In Russ.)].
11. Heit J. A. Epidemiology of venous thromboembolism. *Nat. Rev. Cardiol.* 2015;12(8):464-474. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2015.83>
12. Kounis N. G., Konari I., Patsouras N., Koutsogiannis N., Hahalis G. Bioresorbable scaffold thrombosis. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2017;70(12):1535-1536. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.05.081>
13. Vanhoutte P. M., Shimokawa H., Feletou M., Tang E. H. C. Endothelial dysfunction and vascular disease – a 30th anniversary update. *Acta Physiol.* 2017;219(1):22-96. <https://doi.org/10.1111/apha.12646>
14. Kolomoets I. A., Todorov S. S., Sidorov R. V., Bachurin S. S., Berezovskii D. P. Forensic expert evaluation problems of early and late complications of interventional methods of treating coronary heart disease (systematic literature review). *Kardiologiya.* 2021;61(5):82-88. <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.5.n1003>
15. Gimbrone M. A., García-Cardeña G. Endothelial cell dysfunction and the pathobiology of atherosclerosis. *Circ. Res.* 2016;118(4):620-636. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.306301>
16. Todorov S. S., Deribas V. J., Kazmin A. S., Todorov (jr.) S. S. Morphological and molecular-biological changes in the coronary arteries after stenting. *Kardiologiya.* 2021;61(7):79-84. <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.7.n1211>

Поступила 30.12.2021

Сведения об авторах:

Борщевская Виктория Николаевна, ассистент кафедры судебной медицины с курсом ДПО;
тел.: 89624344882; e-mail: vera.borshhevskaya@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9798-2607>

Коломеев Ирина Анатольевна, ассистент кафедры судебной медицины;
тел.: 89188589791; e-mail: ira.kolomoets.73@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8530-1245>

Дерибас Виктория Юрьевна, ассистент кафедры патологической анатомии;
тел.: (8863)2014457; e-mail: deribasv@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4541-6707>

Чистяков Дмитрий Юрьевич, судебно-медицинский эксперт;
тел.: 89064549106; e-mail: dchistjakov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7109-8215>

Сасько Сергей Сергеевич, врач-травматолог;
тел.: 89185989953; e-mail: sergej-sasko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9637-8950>

Березовский Дмитрий Павлович, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры судебной медицины;
тел.: 89381609681; e-mail: drpb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8502-1331>