

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626173>

# Ультразвуковая оценка структурных изменений периферических нервов конечностей после ампутации при огнестрельной травме

Э.А. Гумерова<sup>1</sup>, С.Н. Дубровских<sup>1</sup>, А.В. Татарина<sup>1</sup>, Ю.А. Степанова<sup>2</sup>, А.Д. Корягина<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — Центральный военный клинический госпиталь имени А.А. Вишневого, Красногорск, Россия;

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр хирургии имени А.В. Вишневого, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Учитывая большое количество раненых с ампутациями конечностей при огнестрельной травме в условиях военных действий, важна ранняя диагностика терминальных невром с целью адекватного протезирования конечностей.

**Цель** — определить возможности ультразвукового исследования в оценке концов периферических нервов и выявлении терминальных невром у пациентов после ампутации конечностей при огнестрельной травме.

**Материалы и методы.** Обследован 71 пациент (мужчины 20–57 лет), 179 периферических нервов. Ультразвуковое исследование проводили по стандартной методике с использованием сканера ACUSON S2000 (Siemens Healthineers, Германия) линейным датчиком с частотой 7–17 МГц после установки программы исследования опорно-двигательного аппарата. Причина ампутации: огнестрельная травма. Давность огнестрельной травмы — от 11 до 362 дней, оперативного вмешательства — от 11 до 340 дней. Показание к исследованию: боли в культих конечностей.

**Результаты.** При осмотре 179 периферических нервов выявлено 149 травмированных концов для оценки. Распределение частоты повреждений: на верхних конечностях лидировал уровень плеча, на нижних — бедра. В обоих случаях преобладали поражения на левой стороне. Все изменения концов разделены на три группы: 1-я группа (60%) — структурные изменения без признаков терминальной невромы, 2-я группа (25%) — структурные изменения с терминальной невромой, 3-я группа (15%) — структурные изменения с потенциальной (формирующейся) терминальной невромой.

Ультразвуковые признаки структурных изменений без терминальной невромы: утолщение конца нерва с сохранённой фасцикулярностью строения, снижение эхогенности и усиление васкуляризации конца нерва при цветовом доплеровском картировании.

Ультразвуковые признаки потенциальной терминальной невромы: то же + наличие шаровидного гипозоногенного образования, исходящего из конца нерва, отсутствие дифференцировки на фасцикулы в образовании, последнее занимает не всю площадь поперечного сечения конца нерва, образование аваскулярно при цветовом доплеровском картировании.

Ультразвуковые признаки сформированной терминальной невромы: то же + наличие булавовидного или шаровидного гипозоногенного образования, превосходящего площадь поперечного сечения нерва проксимальнее в 2 и более раз, исходящего из конца нерва; отсутствие в образовании дифференцировки на фасцикулы; образование занимает всю площадь поперечного сечения конца нерва и также аваскулярно при цветовом доплеровском картировании.

Сроки формирования терминальных невром: потенциальные выявляли в среднем на сроке 109,9 дня (14–362) после огнестрельной травмы и через 98,2 дня (14–340) после оперативного вмешательства. Сформированные терминальные невромы выявляли в среднем на сроке 153,3 дня (31–341) после огнестрельной травмы и через 139,5 дня (14–327) после оперативного вмешательства.

**Заключение.** Ультразвуковое исследование является эффективным методом выявления терминальных невром как потенциальной причины болевого синдрома на ампутированных конечностях при огнестрельной травме. Для диагностики терминальных невром ультразвуковую диагностику следует проводить не ранее, чем через 31 день от момента оперативного вмешательства, при этом необходим ультразвуковой контроль в динамике.

**Ключевые слова:** ультразвуковое исследование; периферические нервы; терминальная неврома; повреждение периферического нерва; огнестрельная травма.

## Как цитировать:

Гумерова Э.А., Дубровских С.Н., Татарина А.В., Степанова Ю.А., Корягина А.Д. Ультразвуковая оценка структурных изменений периферических нервов конечностей после ампутации при огнестрельной травме // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 43–46. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626173>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов А.В., Бадалов В.И., Крайнюков П.Е., и др. Структура и характер современной боевой хирургической травмы // Военно-медицинский журнал. 2021. Т. 342, № 9. С. 12–20. EDN: XGUMHF doi: 10.52424/00269050\_2021\_342\_9\_12
2. Мешков Н.А. Эпидемиология боевой патологии в вооруженных конфликтах и медицинская реабилитация участников боевых действий // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2022. Т. 21, № 4. С. 176–190. EDN: XZZINK doi: 10.37903/vsgma.2022.4.25
3. Левкин В.Г., Лецкая О.А. Характеристика инвалидности вследствие травм и увечий, полученных в ходе Специальной военной операции, и реабилитационные мероприятия // Физическая и реабилитационная медицина. 2022. Т. 4, № 4. С. 7–16. EDN: EBRBUU doi: 10.26211/2658-4522-2022-4-4-7-16
4. Суслев В.Г., Щербина К.К., Смирнова Л.М., и др. Медицинская технология раннего восстановления способности к самостоятельному передвижению после ампутации нижней конечности // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. № 2(66). С. 101–109. EDN: HHFKUJ
5. Поправка С.Н., Будко А.А., Матвиенко В.В., Юдин В.Е. Особенности хирургической подготовки культей к протезированию // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021. Т. 98, № 3-2. С. 154–155. EDN: PGBYBZ doi: 10.17116/kurort20219803221
6. Богоявленский С.С. К вопросу о топографо-анатомической характеристике тканей ампутационных культей конечностей // Известия Российской военно-медицинской академии. 2022. Т. 41, № S2. С. 71–74. EDN: AUNCJY
7. Журбин Е.А., Гайворонский А.И., Декан В.С., и др. Диагностическая эффективность ультразвукового исследования при повреждениях периферических нервов // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. 2019. Т. 11, № 1. С. 23–29. EDN: CLJKKZ
8. Giray E., Atalay K.G., Sirazi S., Alp M., Yagci I. An ultrasonographic and electromyographic evaluation of jumping stump possibly due to a neuroma in a patient with transradial amputation: A case report // J Back Musculoskelet Rehabil. 2021. Vol. 34, N 1. P. 33–37. doi: 10.3233/BMR-191645
9. Endo Y., Sivakumaran T., Lee S.C., Lin B., Fufa D. Ultrasound features of traumatic digital nerve injuries of the hand with surgical confirmation // Skeletal Radiol. 2021. Vol. 50, N 9. P. 1791–1800. doi: 10.1007/s00256-021-03731-w
10. Causeret A., Lapègue F., Bruneau B., et al. Painful Traumatic Neuromas in Subcutaneous Fat: Visibility and Morphologic Features With Ultrasound // J Ultrasound Med. 2019. Vol. 38, N 9. P. 2457–2467. doi: 10.1002/jum.14944
11. Wijntjes J., Borchert A., van Alfen N. Nerve Ultrasound in Traumatic and Iatrogenic Peripheral Nerve Injury // Diagnostics (Basel). 2020. Vol. 11, N 1. P. 30. doi: 10.3390/diagnostics11010030
12. Aydemir K., Demir Y., Güzelküçük U., Tezel K., Yılmaz B. Ultrasound Findings of Young and Traumatic Amputees With Lower Extremity Residual Limb Pain in Turkey // Am J Phys Med Rehabil. 2017. Vol. 96, N 8. P. 572–577. doi: 10.1097/PHM.0000000000000687
13. Holzgreve R.E., Wagner E.R., Singer A.D., Daly C.A. Imaging of the Peripheral Nerve: Concepts and Future Direction of Magnetic Resonance Neurography and Ultrasound // J Hand Surg Am. 2019. Vol. 44, N 12. P. 1066–1079. doi: 10.1016/j.jhssa.2019.06.021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626173>

## Ultrasound assessment of structural changes in peripheral nerves of extremities after amputation in case of gunshot injury

Elmira A. Gumerova<sup>1</sup>, Svetlana N. Dubrovskikh<sup>1</sup>, Alena V. Tatarina<sup>1</sup>, Yulia A. Stepanova<sup>2</sup>, Anna D. Koryagina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for High Medical Technologies — Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky, Krasnogorsk, Russia;

<sup>2</sup> A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russia

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** Considering the large number of limb amputations in war-related gunshot wounds, early diagnosis of terminal neuromas is important to provide appropriate limb replacement.

**AIM:** The aim of this study was to determine the feasibility of ultrasound in evaluating peripheral nerve endings and detecting terminal neuromas in patients after limb amputation due to gunshot trauma.

**MATERIALS AND METHODS:** A total of 71 patients (men aged 20–57 years old) underwent ultrasound examination of 179 peripheral nerves. The examination was conducted according to standard technique using the ACUSON S2000 scanner (Siemens Healthineers, Germany) with a linear transducer with a frequency of 7–17 MHz, after setting the program of musculoskeletal examination. The cause of amputation was gunshot trauma. The duration of gunshot trauma ranged from

Received: 28.01.2024

Accepted: 13.02.2024

Published online: 30.06.2024

11 to 362 days, while the period between surgical intervention and the examination ranged from 11 to 340 days. The indication for the examination was pain in the limb stumps.

**RESULTS:** A comprehensive examination of 179 peripheral nerves revealed 149 injured endings that were subjected to further evaluation. The distribution of lesion frequency revealed that the shoulder level was the most affected area in the upper extremities, while the thigh was the most affected area in the lower extremities. Notably, lesions on the left side were more prevalent in both cases. All observed changes in the endings were classified into three distinct groups: Group 1 (60%) comprised structural changes without signs of terminal neuroma. Group 2 (25%) consisted of structural changes with terminal neuroma. Group 3 (15%) included structural changes with potential (forming) terminal neuroma.

In the absence of a terminal neuroma, ultrasound findings may include thickening of the nerve ending with preserved fascicular structure, decreased echogenicity, and increased vascularization of the nerve ending in color Doppler mapping.

The ultrasound findings suggestive of a potential terminal neuroma include the following: the same and the presence of a globular hypoechogenic mass emanating from the nerve ending, the absence of differentiation into fasciculi in the mass, the latter not occupying the entire cross-sectional area of the nerve ending, and the mass being avascular on color Doppler mapping.

The ultrasound findings of a formed terminal neuroma include the following: a club-shaped or globular hypoechogenic mass exceeding the cross-sectional area of the nerve proximally by 2 or more times, emanating from the nerve ending; absence of differentiation into fasciculi in the formation; the formation occupying the entire cross-sectional area of the nerve ending and being avascular in color Doppler mapping.

The timing of terminal neuroma formation was observed to occur on average 109.9 days (14–362) after gunshot trauma and 98.2 days (14–340) after surgical intervention. The formation of terminal neuromas was observed on average 153.3 days (31–341) after gunshot trauma and 139.5 days (14–327) after surgical intervention.

**CONCLUSIONS:** Ultrasound examination is an effective method of detecting terminal neuromas as a potential cause of pain syndrome in amputated limbs in gunshot trauma. It is recommended that ultrasound diagnosis of terminal neuromas be performed no earlier than 31 days after surgical intervention, and that ultrasound monitoring in dynamics be conducted.

**Keywords:** ultrasound; peripheral nerves; terminal neuroma; peripheral nerve damage; gunshot injury.

#### To cite this article:

Gumerova EA, Dubrovskikh SN, Tatarina AV, StepanovaYuA, Koryagina AD. Ultrasound assessment of structural changes in peripheral nerves of extremities after amputation in case of gunshot injury. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):43–46. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626173>

## REFERENCES

1. Denisov AV, Badalov VI, Krainyukov PE, et al. The structure and nature of modern combat surgical trauma. *Military Medical Journal*. 2021;342(9):12–20. EDN: XGUMHF doi: 10.52424/00269050\_2021\_342\_9\_12
2. Meshkov NA. Epidemiological view of combat-related injuries incurred during armed conflicts and medical rehabilitation of combatants. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy*. 2022;21(4):176–190. EDN: XZZINK doi: 10.37903/vsgma.2022.4.25
3. Levkin VG, Letskaya OA. Characteristics of disability due to injuries received during a special military operation and rehabilitation measures. *Physical and rehabilitation medicine*. 2022;4(4):7–16. EDN: EBRBUU doi: 10.26211/2658-4522-2022-4-4-7-16
4. Suslyayev VG, Scherbina KK, Smirnova LM, et al. Medical technology of early recovery of the ability to move independently after amputation of the lower limb. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2019;(2(66)):101–109. EDN: HHHFKUJ
5. Popravka SN, Budko AA, Matvienko VV, Judin VE. Specifics of surgical preparation of stumps for prosthetics. *Problems of balneology, physiotherapy, and exercise therapy*. 2021;98(3-2):154–155. (In Russ). EDN: PGBYBZ doi: 10.17116/kurort20219803221
6. Bogoyavlenskii SS. The question of topographic and anatomical characteristic of tissues of amputation stumps of limbs. *Izvestia of the Russian Military Medical Academy*. 2022;41(S2):71–74. EDN: AUNCJY
7. Zhurbin EA, Gajvoronskij AI, Dekan VS, et al. Diagnostic efficiency of ultrasound research in damage of peripheral nerves. *Rossijskij neirohirurgicheskij zhurnal im. professora A.L. Polenova*. 2019;11(1):23–29. EDN: CLJJKZ
8. Giray E, Atalay KG, Sirazi S, Alp M, Yagci I. An ultrasonographic and electromyographic evaluation of jumping stump possibly due to a neuroma in a patient with transradial amputation: A case report. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2021;34(1):33–37. doi: 10.3233/BMR-191645
9. Endo Y, Sivakumaran T, Lee SC, Lin B, Fufa D. Ultrasound features of traumatic digital nerve injuries of the hand with surgical confirmation. *Skeletal Radiol*. 2021;50(9):1791–1800. doi: 10.1007/s00256-021-03731-w
10. Causeret A, Lapègue F, Bruneau B, et al. Painful Traumatic Neuromas in Subcutaneous Fat: Visibility and Morphologic Features With Ultrasound. *J Ultrasound Med*. 2019;38(9):2457–2467. doi: 10.1002/jum.14944
11. Wijntjes J, Borchert A, van Alfen N. Nerve Ultrasound in Traumatic and Iatrogenic Peripheral Nerve Injury. *Diagnostics (Basel)*. 2020;11(1):30. doi: 10.3390/diagnostics11010030
12. Aydemir K, Demir Y, Güzelkçük U, Tezel K, Yılmaz B. Ultrasound Findings of Young and Traumatic Amputees With Lower Extremity Residual Limb Pain in Turkey. *Am J Phys Med Rehabil*. 2017;96(8):572–577. doi: 10.1097/PHM.0000000000000687
13. Holzgrefe RE, Wagner ER, Singer AD, Daly CA. Imaging of the Peripheral Nerve: Concepts and Future Direction of Magnetic Resonance Neurography and Ultrasound. *J Hand Surg Am*. 2019;44(12):1066–1079. doi: 10.1016/j.jhsa.2019.06.021

## ОБ АВТОРАХ

**\* Гумерова Эльмира Анваровна;**  
ORCID: 0009-0003-1277-2614;  
e-mail: elmiragumerova1992@yandex.ru

**Дубровских Светлана Николаевна;**  
ORCID: 0009-0000-9498-006X;  
e-mail: dwetlana1975@icloud.com

**Татарина Алена Владимировна;**  
ORCID: 0009-0003-4452-6012;  
e-mail: Tatarina.74@mail.ru

**Степанова Юлия Александровна;**  
ORCID: 0000-0002-2348-4963;  
eLibrary SPIN: 1288-6141;  
e-mail: stepanovaua@mail.ru

**Корягина Анна Дмитриевна;**  
ORCID: 0009-0005-3628-971X;  
eLibrary SPIN: 1713-2153;  
e-mail: anik1999@mail.ru

## AUTHORS' INFO

**\* Elmira A. Gumerova;**  
ORCID: 0009-0003-1277-2614;  
e-mail: elmiragumerova1992@yandex.ru

**Svetlana N. Dubrovskikh;**  
ORCID: 0009-0000-9498-006X;  
e-mail: dwetlana1975@icloud.com

**Alena V. Tatarina;**  
ORCID: 0009-0003-4452-6012;  
e-mail: Tatarina.74@mail.ru

**Yulia A. Stepanova;**  
ORCID: 0000-0002-2348-4963;  
eLibrary SPIN: 1288-6141;  
e-mail: stepanovaua@mail.ru

**Anna D. Koryagina;**  
ORCID: 0009-0005-3628-971X;  
eLibrary SPIN: 1713-2153;  
e-mail: anik1999@mail.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author