

УДК 616-089.819.843:611.833.46:611.833.8  
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-14-20>

## Анатомическое обоснование грудоспинного нерва как нерва-донора и мышечно-кожного нерва как нерва-реципиента

Горбунов Н.С.<sup>1,2</sup>, Кобер К.В.<sup>3</sup>, Каспаров Э.В.<sup>2</sup>, Ростовцев С.И.<sup>1</sup>,  
Горбунов Д.Н.<sup>1</sup>, Лебедева Д.Н.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Красноярский государственный медицинский университет (КрасГМУ) им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Россия, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт (НИИ) медицинских проблем Севера, Красноярский научный центр (КНЦ) Российской академии наук Россия, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, 3г

<sup>3</sup> Красноярский краевой клинический онкологический диспансер (КККОД) им. А.И. Крыжановского Россия, 660133, г. Красноярск, ул. 1-я Смоленская, 1б

<sup>4</sup> Иркутский государственный медицинский университет (ИГМУ) Россия, 664003, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1

### РЕЗЮМЕ

**Цель** – выявить соответствие диаметров у грудоспинного и мышечно-кожного нервов в зависимости от уровня ветвления.

**Материалы и методы.** На 121 препарате плечевого сплетения от 105 трупов мужчин и женщин в возрасте 40–97 лет измерен диаметр грудоспинного нерва на пяти, а мышечно-кожного – двух уровнях. У каждого показателя определена медиана межквартильного интервала  $Me [Q_1; Q_3]$ . Значимость различий в группах находили по *U*-тесту Манна – Уитни. Различия считались значимыми при  $p < 0,05$ . Сопряженность оценивали по коэффициенту Спирмена. При значении  $0,7 \leq rs < 0,9$  связь расценивали как сильную,  $0,5 \leq rs < 0,7$  – средней силы.

**Результаты.** Диаметр грудоспинного нерва изменяется на всем протяжении: в начальном отделе – 1,66 [1,66; 1,99] мм, перед разделением на ветви – 3,00 [2,65; 3,50] мм, на уровне внемышечных ветвей первого и второго порядков – 4,2 [3,2; 5,0] мм и 5,25 [4,50; 6,50] мм, внутримышечных ветвей первого порядка – 4,00 [3,50; 4,66] мм. Диаметр мышечно-кожного нерва в начальном отделе равен 3,0 [2,6; 3,3] мм, а перед клювовидно-плечевой мышцей – 2,7 [2,4; 3,0] мм. Общий диаметр вне- и внутримышечных ветвей грудоспинного нерва равен или больше толщины мышечно-кожного в 90,1–95,0%. Избыток общего диаметра ветвей грудоспинного нерва (0,05–8,0 мм) и фасцикулярная диссекция позволят сохранить по 1–2 внемышечные ветви первого и второго порядков, 1–4 внутримышечные ветви первого порядка.

**Заключение.** Диаметр грудоспинного нерва в начальном отделе меньше, чем у мышечно-кожного, но общая толщина его вне- и внутримышечных ветвей равна или больше на 0,05–8,0 мм в 90,1–95,0%. Разные уровни ветвления грудоспинного нерва способствуют протяженному переносу, а избыток диаметра с фасцикулярной диссекцией позволит сохранить функцию широчайшей мышцы спины.

**Ключевые слова:** грудоспинной нерв, мышечно-кожный нерв, уровни ветвления, широчайшая мышца спины, фасцикулярная диссекция

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

✉ Горбунов Николай Станиславович, [gorbunov\\_ns@mail.ru](mailto:gorbunov_ns@mail.ru)

**Соответствие принципам этики.** Протокол исследования одобрен этическим комитетом КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (№ 127/24 от 25.09.2024).

**Для цитирования:** Горбунов Н.С., Кобер К.В., Каспаров Э.В., Ростовцев С.И., Горбунов Д.Н., Лебедева Д.Н. Анатомическое обоснование грудоспинального нерва как нерва-донора и мышечно-кожного нерва как нерва-реципиента. *Бюллетень сибирской медицины*. 2025;24(4):14–20. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-14-20>.

## Anatomical substantiation of the thoracodorsal nerve as a donor nerve and the musculocutaneous nerve as a recipient nerve

Gorbunov N.S.<sup>1,2</sup>, Kober K.V.<sup>3</sup>, Kasparov E.V.<sup>2</sup>, Rostovtsev S.I.<sup>1</sup>,  
Gorbunov D.N.<sup>1</sup>, Lebedeva D.N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Krasnoyarsk State Medical University (KSMU) named after V.F. Voino-Yasenetsky (KSMU)  
1 P. Zheleznyak St., 660022 Krasnoyarsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Research Institute of Medical Problems of the North, Krasnoyarsk Scientific Center (KSC) of the Russian Academy of Sciences  
3g P. Zheleznyak St., 660022 Krasnoyarsk, Russian Federation

<sup>3</sup> Krasnoyarsk Regional Clinical Oncology Dispensary (KRCOD) named after A.I. Kryzhanovsky  
16 1st Smolenskaya St., 660133 Krasnoyarsk, Russian Federation

<sup>4</sup> Irkutsk State Medical University (ISMU)  
1 Krasnogo Vosstaniya St., 664003 Irkutsk, Russian Federation

### ABSTRACT

**Aim.** To identify the correspondence in the diameter of the thoracodorsal and musculocutaneous nerves, depending on the level of branching.

**Materials and methods.** Using 121 preparations of the brachial plexus from 105 corpses of men and women aged 40–97 years, the diameter of the thoracodorsal nerve was measured at five levels, and the diameter of the musculocutaneous nerve was determined at two levels. For each parameter, the median and the interquartile range  $Me [Q_1; Q_3]$  were determined. The significance of differences between the groups was found by the Mann – Whitney test. The differences were considered significant at  $p < 0.05$ . The correlation was evaluated by the Spearman's rank correlation coefficient. At  $0.7 \leq rs < 0.9$ , the correlation was regarded as strong, at  $0.5 \leq rs < 0.7$  – as moderate.

**Results.** The diameter of the thoracodorsal nerve varied throughout its length: in the initial section, it was 1.66 [1.66; 1.99] mm, before branching – 3.00 [2.65; 3.50] mm, at the first- and second-order extramuscular branches – 4.2 [3.2; 5.0] mm and 5.25 [4.50; 6.50] mm, at the first-order intramuscular branches – 4.00 [3.50; 4.66] mm. The diameter of the musculocutaneous nerve in the initial section was 3.0 [2.6; 3.3] mm, and before the coracobrachialis muscle – 2.7 [2.4; 3.0] mm.

The total diameter of the extra- and intramuscular branches of the thoracodorsal nerve was equal to or greater than the thickness of the musculocutaneous nerve in 90.1–95.0% of cases. Excess total diameter of the branches of the thoracodorsal nerve (0.05–8.0 mm) and fascicular dissection make it possible to preserve 1–2 first- and second-order extramuscular branches and 1–4 first-order intramuscular branches.

**Conclusion.** The diameter of the thoracodorsal nerve in the initial section is smaller than that of the musculoskeletal nerve, but the total thickness of its extra- and intramuscular branches is equal to or greater by 0.05–8.0 mm in 90.1–95.0% of cases. Different levels of branching of the thoracodorsal nerve contribute to extended transfer, and an excess diameter with fascicular dissection will preserve the function of the latissimus dorsi muscle.

**Keywords:** thoracodorsal nerve, musculocutaneous nerve, levels of branching, latissimus dorsi muscle, fascicular dissection

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious or potential conflict of interest related to the publication of this article.

**Source of financing.** The authors declare no funding for the study.

**Conformity with the principles of ethics.** The study was approved by the local Ethics Committee at KSMU named after V.F. Voyno-Yasenetsky (Minutes No. 127/24 dated September 25, 2024).

**For citation:** Gorbunov N.S., Kober K.V., Kasparov E.V., Rostovtsev S.I., Gorbunov D.N., Lebedeva D.N. Anatomical substantiation of the thoracodorsal nerve as a donor nerve and the musculocutaneous nerve as a recipient nerve. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2025;24(4):14–20. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2025-4-14-20>.

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на обнадеживающие и предсказуемые результаты хирургического лечения поврежденных нервов, по-прежнему актуальными остаются вопросы относительно выбора донора [1, 2]. В многочисленных работах указаны основные требования, которым должны соответствовать потенциальные нервы-доноры [3–5]. Прежде всего, они должны быть достаточными по длине, соответствовать диаметру реципиента и минимально нарушать функцию мышц, иннервируемых нервом-донором [6].

Грудоспинальный нерв (TDN) является смешанным нервом, который содержит достаточное количество чувствительных (85%) и двигательных (15%) волокон, имеет удобное расположение и оптимальные размеры, что позволяет использовать его в качестве донора, в том числе и при переносе в позицию поврежденного мышечно-кожного нерва (MCN) [7–9]. Строение TDN изучено очень подробно. Установлено, что этот нерв формируется из спинномозговых нервов  $C_7$ ,  $C_8$  и реже –  $C_6$ – $C_8$ , длина его составляет 12,3–14,1 см, диаметр – 2,1–3,0 мм, количество внесмышечных ветвей – 1–4, а миелиновых волокон – 1530–9974 [8, 10, 11]. Однако, несмотря на проведенные исследования, отсутствуют сведения о диаметре TDN на разных уровнях ветвления, что затрудняет выбор его в качестве нерва-донора.

Учитывая вышеизложенное, целью настоящего исследования является выявление соответствия диаметров у TDN и MCN в зависимости от уровня ветвления.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анатомическое исследование выполнено на 105 трупах людей (мужчин – 66, женщин – 39) в возрасте 40–97 лет, 121 препарате плечевого сплетения (105 с правой стороны и 16 – с левой) в отделении экспертизы трупов Красноярского краевого бюро судебно-медицинской экспертизы и на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого.

Продолжительность времени от смерти людей до исследования составила до 20 ч, а хранение трупов осуществлялось в холодильной камере при температуре 3–5 °С. Причиной смерти у всех людей были общесоматические заболевания без повреждений головы, шеи, верхних конечностей и грудной клетки. Исследование одобрено этическим комитетом Красноярского государственного медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого (протокол № 127/24 от 25.09.2024).

У трупов людей проводили анатомическое послойное препарирование всех элементов плечевого сплетения с выделением TDN и MCN (рис.). Особое внимание уделяли вне- и внутримышечным ветвям TDN.

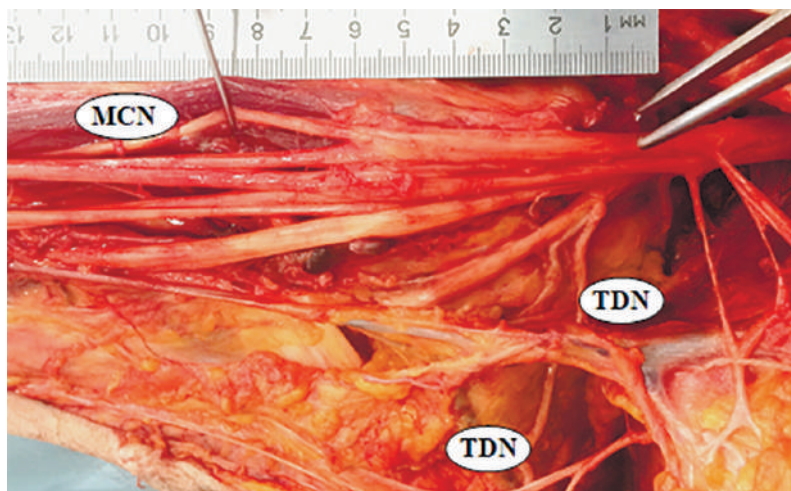


Рисунок. Мышечно-кожный (MCN) и грудоспинальный (TDN) нервы правого плечевого сплетения трупа мужчины 62 лет

С помощью микроскопа NTB-4B (Китай) у TDN и MCN удаляли эпиневрой и оставляли периневрой. Электронным штангенциркулем определяли длину разных участков TDN на всем протяжении. С помощью окулярной линейки микроскопа измеряли диаметр TDN на пяти уровнях: 1 – сразу после отхождения от заднего пучка; 2 – перед разделением на внемышечные ветви; 3 – после разделения на внемышечные ветви первого порядка; 4 – после разделения на внемышечные ветви второго порядка; 5 – после разделения на внутримышечные ветви первого порядка. На последних трех уровнях определяли общий диаметр всех ветвей. Диаметр MCN определяли на двух уровнях: 1 – после отхождения от латерального пучка; 2 – перед проникновением в клювовидно-плечевую мышцу.

После измерения диаметров нервов у каждого препарата плечевого сплетения ( $n = 121$ ) проводилось попарное сравнение показателей толщины нерва-донора – TDN на пяти уровнях с аналогичными показателями нерва-реципиента – MCN на двух уровнях. Определяли абсолютное и относительное (в %) количество препаратов, у которых диаметр нерва-донора был равен, больше или меньше, чем у нерва-реципиента.

Выводы исследования получены на основании статистической обработки данных всей выборочной совокупности, так как не выявлено значимых половых, возрастных и билатеральных особенностей диаметров TDN и MCN (от  $p = 0,08$  до  $p = 1,0$ ). Все полученные данные занесены в программу MS Excel 12.0 (Microsoft Corporation, США) и с помощью программы Statistica for Windows 12.0 (StatSoft, США) проверены показатели на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро – Уилка, а в дальнейшем использовали непараметрические методики. У каждого показателя определили минимальные и максимальные значения, медиану интерквартильного размаха  $Me [Q_1; Q_3]$ . Значимость различий между диаметрами нервов находили по  $U$ -тесту Манна – Уитни. Различия считались значимыми при  $p < 0,05$ . Сопряженность между диаметром TDN, протяженностью его участков оценивали по коэффициенту Спирмена ( $rs$ ). При значении коэффициента  $0,7 \leq rs < 0,9$  связь расценивали как сильную,  $0,5 \leq rs < 0,7$  – средней силы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведенное исследование выявило, что диаметр TDN значимо изменяется на всем протяжении до широчайшей мышцы спины. После отхождения от заднего пучка плечевого сплетения диаметр TDN колеблется в диапазоне от 0,83 до 3,33 мм, а меди-

ана составляет 1,66 [1,66; 1,99] мм. В дистальном направлении диаметр TDN увеличивается и перед разделением на внемышечные ветви, через 9,5 [8,3; 11,0] см от места образования, достигает 3,00 [2,65; 3,50] мм ( $p < 0,001$ ). После разделения TDN общий диаметр внемышечных ветвей первого порядка через 12,5 [11,5; 14,3] см составляет 4,2 [3,2; 5,0] мм ( $p < 0,001$ ), второго порядка через 14,1 [11,5; 15,5] см – 5,25 [4,50; 6,50] мм ( $p < 0,001$ ), а внутримышечных ветвей первого порядка через 18,7 [16,3; 21,0] см – 4,00 [3,50; 4,66] мм ( $p < 0,001$ ). Корреляционный анализ выявил сильную и незначимую сопряженность между протяженностью и диаметром TDN ( $rs = 0,828$ ;  $p = 0,083$ ).

Диаметр MCN после отхождения от латерального пучка варьирует от 1,5 до 5,0 мм, медиана равняется 3,0 [2,6; 3,3] мм, а через 6,0 [4,5; 7,8] см, перед клювовидно-плечевой мышцей – 2,7 [2,4; 3,0] мм ( $p < 0,001$ ). Статистический анализ показал, что эти значения больше диаметра TDN в начальном отделе ( $p < 0,001$ ), равны и меньше перед разделением его на ветви ( $p = 0,167$  и  $p < 0,001$ ) и меньше на всех последующих уровнях ( $p < 0,001$ ).

При попарном сравнении двух нервов каждого препарата плечевого сплетения установлено, что в качестве нерва-донора TDN подходит на уровне внемышечных ветвей первого и второго порядков, внутримышечных ветвей первого порядка, общие диаметры которых равны или больше на 0,05–8,0 мм толщины MCN в начальном отделе в 90,1–92% и перед клювовидно-плечевой мышцей – 93,4–95% (таблица).

Т а б л и ц а

Соответствие диаметров TDN и MCN на разных уровнях,  $n$  (%)

Диаметр TDN	Диаметр MCN на уровне	
	начального отдела	перед клювовидно-плечевой мышцей
на уровне:		
– начального отдела ( $n = 121$ ):		
совпадает или больше на 0,06–1,82 мм;	7 (5,8)	10 (8,3)
меньше на 0,01–3,51 мм;	114 (94,2)	111 (91,7)
– перед разделением ( $n = 113$ ):		
совпадает или больше на 0,06–2,8 мм;	69 (61,1)	81 (71,7)
меньше на 0,1–2,0 мм;	44 (38,9)	32 (28,3)
– внемышечных ветвей первого порядка ( $n = 113$ ):		
совпадает или больше на 0,1–4,3 мм;	102 (90,3)	106 (93,8)
меньше на 0,05–1,2 мм;	11 (9,7)	7 (6,2)
– внемышечных ветвей второго порядка ( $n = 64$ ):		
совпадает или больше на 0,3–8,0 мм;	59 (92)	61 (95)
меньше на 0,1–2,5 мм;	5 (8)	3 (5)

Окончание таблицы

Диаметр TDN	Диаметр MCN на уровне	
	начального отдела	перед ключовидно-плечевой мышцей
– внутримышечных ветвей первого порядка ( $n = 121$ ): совпадает или больше на 0,05–4,66 мм, меньше на 0,07–1,87 мм	109 (90,1)	113 (93,4)
	12 (9,9)	8 (6,6)

## ОБСУЖДЕНИЕ

Восстановление функции сгибания в локтевом суставе у пациентов с повреждением плечевого сплетения имеет первостепенное значение [12, 13]. Для восстановления функции мышц – сгибателей плеча в клинической практике с превосходными функциональными результатами применяется перенос пучков локтевого и срединного нервов [14, 15]. Если двигательная функция указанных нервов не сохраняется, в качестве альтернативных донорских нервов используют межреберные, диафрагмальный, добавочный, медиальный грудной, контралатеральный спинномозговой  $C_7$  и TDN [10, 16–18].

Нами в качестве нерва-донора для переноса в позицию MCN выбран TDN по двум причинам. Во-первых, в имеющихся работах доказано, что длины TDN с внемышечными ветвями в 95% случаев достаточно для переноса в позицию MCN [8]. Во-вторых, это противоречивые данные относительно диаметра и достаточности соотношения нервных волокон у этих двух нервов [7, 10].

Хотя в TDN и меньше двигательных волокон, чем в мышечно-кожном, имеются данные о том, что нормальная мышечная активность может быть достигнута примерно при 30% иннервации двигательных нейронов [19]. У грудоспинного нерва количество двигательных волокон составляет 58% от аналогичных у мышечно-кожного, и, следовательно, их достаточно для сохранения функции сгибателей плеча. В другой работе при сопоставлении количества аксонов с клиническими результатами восстановления силы сгибания локтя рекомендуется пороговое соотношение двигательных волокон в нерве-доноре и нерве-реципиенте 0,7 : 1,0 [20]. У грудоспинного нерва это соотношение составляет 0,6 : 1,0, что ниже требуемого условия. Для восстановления сгибания в локте разработана двойная пересадка пучков от локтевого и срединного нервов [21]. Учитывая эти результаты, можно предложить использовать TDN в качестве добавочного нерва-донора.

Однако количество аксонов пропорционально диаметру нерва, и поэтому толщина донора и реципи-

ента должны совпадать [6]. M.S. Sporer и соавт. без указания, в позицию какого нерва переносится TDN, отмечают, что его длина и площадь поперечного сечения не подходят для фасцикулярного переноса [22].

Учитывая противоречивые данные литературы, мы изучили на 121 препарате плечевого сплетения от 105 трупов людей диаметр TDN на пяти, а MCN – двух уровнях. Установлено, что диаметр TDN варьирует от 0,83 до 3,33 мм, а медиана составляет 1,66 [1,66; 1,99] мм. Если сравнить полученные данные с известными, то опять выявляется противоречивость в результатах. Так, M. Samardzic и соавт. на 15 трупах установили, что диаметр TDN колеблется в диапазоне от 2,1 до 3,0 мм [23]. После удаления эпинеурия и в некоторых случаях перинеурия на 20 препаратах от 17 трупов K.-S. Lee установил, что диаметр TDN колеблется от 1,16 до 1,92 мм, а медиана составляет 1,45 [1,33; 1,65] мм. Это значимо ( $p < 0,001$ ) меньше полученных нами данных [24]. M. Dancker и соавт. выявили на 28 препаратах от 14 трупов, что диаметр TDN и нижнего подлопаточного нерва составляет  $2,5 \pm 0,4$  мм (диапазон 1,6–3,5 мм) [25].

Диаметр MCN в начальном отделе варьирует от 1,5 до 5,0 мм, медиана равняется 3,0 [2,6; 3,3] мм, что значимо больше ( $p < 0,001$ ), чем у TDN в соотношении 0,6 : 1,0. В ранее выполненных работах также отмечается противоречивость результатов. Так, V. Masci и соавт. определили, что у шести трупов средний диаметр MCN, который делится на ветви, составляет  $1,96 \pm 0,2$  мм, а при стволовом варианте (шесть трупов) –  $2,86 \pm 0,3$  мм [26]. H. Namazi и соавт. на 10 препаратах плечевого сплетения выявили, что диаметр MCN равняется  $1,8 \pm 0,7$  мм [27]. E. Clarke и соавт. на одном трупе установили, что диаметр MCN равняется 2,49 мм, а на другом – 4,87 мм [28]. L. Foroni и соавт. на 26 трупах определили, что диаметр нерва колеблется от 2 до 4 мм [29]. По данным A. Hansasuta и соавт., полученным после препарирования 35 препаратов от 18 трупов, выявили, что диаметр варьирует от 3,0 до 5,5 мм, а среднее значение – 4,3 мм [30]. J.-P. Lee и соавт. установили половые отличия, которые проявляются тем, что у мужчин ( $n = 6$ ) диаметр MCN равняется  $4,3 \pm 1,1$  мм (диапазон 2,5–6,0), а у женщин ( $n = 6$ ) –  $3,1 \pm 1,5$  мм (диапазон 1,6–4,0) [31].

Разброс показателей, очевидно, связан с разным количеством объектов и уровнем измерения, а также и методикой препарирования, которая у одних исследователей предусматривает удаление эпинеурия, а у других оболочка нерва сохраняется.

Проведенное исследование выявило, что чем ближе к широчайшей мышце спины, тем у TDN общий

диаметр вне- и внутримышечных ветвей значимо ( $p < 0,001$ ) больше, и этого достаточно для переноса в позицию MCN. Значительное преобладание диаметра ветвей TDN (0,05–8,0 мм) в 90,1–95,0% позволяет хирургу индивидуально подходить к фасцикулярному переносу с максимальным сохранением функции широчайшей мышцы спины. Так, избыток общего диаметра TDN позволит с помощью фасцикулярной диссекции из 2–4 сохранить 1–2 немышечные ветви первого порядка (диаметр 1,00 [0,75; 1,25] мм), из 2–4 – 1–2 ветви второго порядка (диаметр 0,75 [0,5; 1,0] мм) и из 2–7 – 1–4 внутримышечные ветви первого порядка (диаметр 0,57 [0,5; 0,66] мм).

Таким образом, проведенное исследование доказывает, что TDN как нерв-донор соответствует с избытком по диаметру MCN как нерву-реципиенту на уровне вне- и внутримышечных ветвей, а его фасцикулярная диссекция с учетом уровня ветвления позволит сохранить функцию широчайшей мышцы спины.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диаметр грудоспинного нерва в начальном отделе меньше, чем у мышечно-кожного, но общая толщина его вне- и внутримышечных ветвей равна или больше на 0,05–8,0 мм в 90,1–95,0%. Разные уровни ветвления грудоспинного нерва способствуют протяженному переносу, а избыток диаметра с фасцикулярной диссекцией позволит сохранить функцию широчайшей мышцы спины.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Makel M., Sukop A., Kachlik D., Waldauf P., Whitley A., Kaiser R. Possible donor nerves for axillary nerve reconstruction in dual neurotization for restoring shoulder abduction in brachial plexus injuries: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*. 2022;45:1303–1312. DOI: 10.1007/s10143-021-01713-z.
- Kehrer A., Engelmann S., Knoedler L., Klein S.M., Anker A.M., Heidekrueger P. et al. The masseteric nerve for facial reanimation: Macroscopic and histomorphometric characteristics in 106 human cadavers and comparison of axonal ratio with recipient nerves. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. 2024;52:8–13. DOI: 10.1016/j.jems.2023.09.001.
- Zhang D., Varadharajan V., Bhardwaj P., Venkatramani H., Sabapathy S.R. Considerations in the selection of donor nerves for nerve transfer for reanimation of elbow and shoulder in traumatic brachial plexus injuries. *The Journal of Hand Surgery*. 2022;27(1):10–21. DOI: 10.1142/S242483552230002X.
- Bertelli J.A., Tuffaha S., Sporer M., Seltser A., Cavalli E., Soldado F. et al. Distal nerve transfers for peripheral nerve injuries: indications and outcomes. *Journal of Hand Surgery*. 2024;49(6):721–733. DOI: 10.1177/17531934231226169.
- Simao D.T., Heise C.O., Rodrigues J.C., Yamauti L.S., Villegas R.I., Cho A.B. et al. Functional and morphological evaluation of the trapezius muscle after spinal accessory nerve transfer to brachial plexus nerves. *Microsurgery*. 2024;44(2):e31152. DOI: 10.1002/micr.31152.
- Kim S.-J., Bang J.-H., Yang H.-J., Moon S.-H., Choi Y.-R., Lee H.-Y. Anatomical considerations for nerve transfer in axillary nerve injury. *Scientific Reports*. 2024;14:1262. DOI: 10.1038/s41598-024-51923-w.
- Gesslbauer B., Hruba L.A., Roche A.D., Farina D., Blumer R., Oskar C. et al. Axonal components of nerves innervating the human arm. *Annals of Neurology*. 2017;82(3):396–408. DOI: 10.1002/ana.25018.
- Горбунов Н.С., Кобер К.В., Каспаров Э.В. Анатомические особенности выявления длины грудоспинного нерва в качестве нерва-донора. *Сибирское медицинское обозрение*. 2024;(1):58–63. DOI: 10.20333/25000136-2024-1-58-63.
- Martinez J.P., Lovaglio A., Di Masi G., Mandolesi J., Zancolli P., Socolovsky M. Toracodorsal to long thoracic nerve transfer in a patient with traumatic injury: A case report. *Surgical Neurology International*. 2024;15(163). DOI: 10.25259/SNI\_91\_202.
- Stamate T., Cristian D., Moraru N. Nerve transfers for restoring elbow flexion in brachial plexus palsy. In: Brachial plexus injury. New techniques and ideas; J. Bahm (ed.). London: United Kingdom, 2021;9–19. DOI: 10.5772/intechopen.98869.
- Lin W., Li T., Qi W., Shen Y., Xu W. Hyperselective neurotomy of thoracodorsal nerve for treatment of the shoulder spasticity: anatomical study and preliminary clinical results. *Acta Neurochirurgica*. 2023;165:1179–1188. DOI: 10.1007/s00701-023-05553-2.
- Acharya A.M., Hegde N., Bhat A. The recovery and independence of elbow flexion and forearm supination after Oberlin II transfer in brachial plexus injuries: a long term follows up study. *Musculoskeletal Surgery*. 2024. DOI: 10.1007/s12306-024-00863-9.
- Lee C.Y.V., Cochrane E., Chew M., Bains R.D., Bourke G., Wade R.G. The Effectiveness of Different Nerve Transfers in the Restoration of Elbow Flexion in Adults Following Brachial Plexus Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Hand Surgery*. 2023;48(3):236–244. DOI: 10.1016/j.jhsa.2022.11.013.
- Durner G., Gerst A., Ulrich I., Mayer B., Wirtz Ch.R., Konig R. et al. Restoring musculocutaneous nerve function in 146 brachial plexus operations – A retrospective analysis. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2023;228:107677. DOI: 10.1016/j.clineuro.2023.107677.
- Gohritz A., Laengle G., Boesendorfer A., Gesslbauer B., Gstoettner C., Politikou O. et al. Nerve transfers for brachial plexus reconstruction in patients over 60 years. *Journal of Personalized Medicine*. 2023;13:659. DOI: 10.3390/jpm13040659.
- Fochtmann-Frana A., Pretterkleeber B., Radtke C., Pretterkleeber M.L. Phrenic Nerve Transfer to Musculocutaneous Nerve: An Anatomical and Histological Study. *Life*. 2023;13:1892. DOI: 10.3390/life13091892.
- Bhatia A., Kulkarni A., Zancolli P., Martinez R.R., Clifton J., El-Gammal T. et al. The Effect of Age and the Delay before Surgery on the Outcomes of Intercostal Nerve Transfers to the Musculocutaneous Nerve: A Retrospective Study of 232 Cases of Posttraumatic Total and Near-total Brachial Plexus Injuries. *Indian Journal of Plastic Surgery*. 2020;53(02):260–265. DOI: 10.1055/s-0040-1716081.

18. Thammaroj T., Jianmongkol S., Vinitpairot Ch. The outcome of spinal accessory nerve transfer to the musculocutaneous nerve in birth brachial plexus palsy. *The Journal of Hand Surgery*. 2024. DOI: 10.1016/j.jhns.2024.04.017.
19. Tötösy de Zepetnek J.E., Zung H.V., Erdebil S., Gordon T. Innervation ratio is an important determinant of force in normal and reinnervated rat tibialis anterior muscles. *Journal of Neurophysiology*. 1992;67(5):1385–1403. DOI: 10.1152/jn.1992.67.5.1385.
20. Schreiber J.J., Byun D.J., Khair M.M., Rosenblatt L., Lee S.K., Wolfe S.W. Optimal axon counts for brachial plexus nerve transfers to restore elbow flexion. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2015;135(1):135e–141e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000000795.
21. Donnelly M.R., Rezzadeh K.T., Vieira D., Daar D., Hacquebord J. Is one nerve transfer enough? A systematic review and pooled analysis comparing ulnar fascicular nerve transfer and double ulnar and median fascicular nerve transfer for restoration of elbow flexion after traumatic brachial plexus injury. *Microsurgery*. 2020;40:361–369. DOI: 10.1002/micr.30536.
22. Sporer M.E., Brugger P.C., Aman M., Fuchssteiner Ch.F., Festin Ch., Gstoettner C. et al. Fascicular shifting in the reconstruction of brachial plexus injuries: an anatomical and clinical evaluation. *Journal of Neurosurgery*. 2023;139(2):544–553. DOI: 10.3171/2022.11.JNS221312.
23. Samardzic M., Antunovic V., Joksimovic M., Bacetic D. Donor nerves in the reinnervation of brachial plexus. *Neurological Research*. 1986;8(2):117–122. DOI: 10.1080/01616412.1986.117.
24. Lee K.-S. Variation of the spinal nerve compositions of thoracodorsal nerve. *Clinical Anatomy*. 2007;20:660–662. DOI: 10.1002/ca.20484.
25. Dancker M., Lambert S., Brenner E. The neurovascular anatomy of the teres major muscle. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2015;24(3):e57–e67. DOI: 10.1016/j.jse.2014.07.001.
26. Macchi V., Tiengo C., Porzionato A., Parenti A., Stecco C., Bassetto F. et al. Musculocutaneous nerve: Histotopographic study and clinical implications. *Clinical Anatomy*. 2007;20:400–406. DOI: 10.1002/ca.20402.
27. Namazi H., Sajadizadeh E., Dehghanian A., Fereidooni M., Akbarzadeh A. Feasibility of medial pectoral nerve to musculocutaneous nerve transfer using medial antebraichial cutaneous nerve of forearm graft: histopathologic and anatomical evaluation. *Turkish Neurosurgical*. 2021;31(6):913–917. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.32731-20.3.
28. Clarke E., Tubbs R.S., Radek M., Haładaj R., Tomaszewski M., Wysiadecki G. Unusual formation of the musculocutaneous and median nerves: a case report refined by intraneural dissection and literature review. *Folia Morphologica*. 2020:1–12. DOI: 10.5603/FM.a2020.0121.
29. Feroni L., de Oliveira A.J.M., Siqueira M.G., Martins R.S., Heise C.O. Fascicular anatomy of the musculocutaneous nerve in its origin in lateral cord. Could it be used for better surgical results? *Operative Neurosurgery*. 2021;21(4):e321–e326. DOI: 10.1093/ons/opab181.
30. Hansasat A., Tubbs R.Sh., Grabb P.A. Surgical Relationship of the Medial Pectoral Nerve to the Musculocutaneous Nerve: A Cadaveric Study. *Neurosurgery*. 2001;48(1):203–207. DOI: 10.1097/00006123-200101000-00037.
31. Lee J.-P., Chang J.-Ch., Cho S.-J., Park H.-K., Choi S.-K., Bae H.-G. A morphometric aspect of the brachial plexus in the periclavicular region. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2009;46:130–135. DOI: 0.3340/jkns.2009.46.2.130.

## Вклад авторов

Горбунов Н.С. – разработка концепции, утверждение окончательного варианта рукописи. Кобер К.В. – проведение исследования, подготовка и редактирование текста рукописи. Каспаров Э.В. – разработка дизайна, подготовка и редактирование текста рукописи. Ростовцев С.И., Лебедева Д.Н. – проведение исследования. Горбунов Д.Н. – подготовка и редактирование текста рукописи.

## Информация об авторах

**Горбунов Николай Станиславович** – д-р мед. наук, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии, КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого; вед. науч. сотрудник, НИИ медицинских проблем Севера, г. Красноярск, gorbunov\_ns@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0003-2542-0247>.

**Кобер Кристина Владимировна** – канд. мед. наук, онколог-хирург, КККОД им. А.И. Крыжановского, г. Красноярск, k-kober@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5209-182X>.

**Каспаров Эдуард Вильямович** – д-р мед. наук, профессор, директор НИИ медицинских проблем Севера, г. Красноярск, rsimpn@scn.ru, <http://orcid.org/0000000259881688>.

**Ростовцев Сергей Иванович** – д-р мед. наук, доцент кафедры анестезиологии и реаниматологии, КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, rostovcev.1960@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1462-7379>.

**Горбунов Дмитрий Николаевич** – канд. мед. наук, доцент кафедры сердечно-сосудистой хирургии, КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Dr\_gorbunov@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5570-5425>.

**Лебедева Дарья Николаевна** – ассистент кафедры анатомии человека, оперативной хирургии и судебной медицины, ИГМУ, г. Иркутск, bolonevadasha@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0004-6580-0591>.

(✉) Горбунов Николай Станиславович, gorbunov\_ns@mail.ru

Поступила в редакцию 17.12.2024;  
одобрена после рецензирования 13.05.2025;  
принята к публикации 29.05.2025