

Особенности внутривольного строения грудоспинального нерва в аспекте восстановления афферентной иннервации при реконструкции груди

Николай Станиславович Горбунов^{1,2}, Кристина Владимировна Кобер^{1*},
Эдуард Вильямович Каспаров², Екатерина Николаевна Протасюк¹

¹Красноярский государственный медицинский университет
им. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия;

²Научно-исследовательский институт медицинских проблем
Севера, г. Красноярск, Россия

Реферат

Цель. Изучение анатомо-топографических особенностей и внутривольного строения грудоспинального нерва в составе плечевого сплетения.

Методы. Исследование проведено на препаратах плечевого сплетения 80 трупов мужского и женского пола. Анатомическое препарирование плечевого сплетения проводили с послынным выделением коротких и длинных ветвей, вторичных пучков, первичных стволов, спинномозговых нервов, передних и задних корешков спинного мозга. Исследовали угол наклона от места формирования грудоспинального нерва, топографию на протяжении и после вхождения в широчайшую мышцу спины. Проводили измерение длины и толщины грудоспинального нерва, в том числе внутримышечной и внутримышечной частей. После выделения и фиксации препаратов при помощи микрохирургических инструментов и бинокулярной лупы осуществляли внутривольное препарирование грудоспинального нерва на всём протяжении плечевого сплетения.

Результаты. Длина грудоспинального нерва состоит из внутримышечной и внутримышечной частей и составляет 17,9 см, из них внутримышечная часть занимает три четверти всей длины нерва. При внутривольном препарировании выявлено, что грудоспинальный нерв состоит из 1–4 пучков нервных волокон, и наиболее часто, в 46,2% случаев формирование грудоспинального нерва происходит из одного спинномозгового нерва C₇. Установлено наличие двигательной и чувствительной порций нервных волокон в грудоспинальном нерве. В 90,2% случаев двигательная порция расположена в заднелатеральной части нерва, а чувствительная — в переднемедиальной. В большинстве случаев формирование чувствительного и двигательного пучков происходит из спинномозгового нерва C₇ или двигательного из C₇, а чувствительного из C₈.

Вывод. Внутривольное препарирование грудоспинального нерва позволило выявить микротопографию чувствительной и двигательной порций нервных волокон в нерве и на всём протяжении плечевого сплетения; при реконструкции груди после мастэктомии торакодорсальным лоскутом для сохранения афферентной иннервации рекомендовано пересекать только двигательные волокна грудоспинального нерва.

Ключевые слова: плечевое сплетение, грудоспинальный нерв, внутривольное строение, афферентная иннервация, торакодорсальный лоскут.

Для цитирования: Горбунов Н.С., Кобер К.В., Каспаров Э.В., Протасюк Е.Н. Особенности внутривольного строения грудоспинального нерва в аспекте восстановления афферентной иннервации при реконструкции груди. *Казанский мед. ж.* 2020; 101 (4): 519–523. DOI: 10.17816/KMJ2020-519.

The features of the intrafascicular structure of the thoracodorsal nerve trunk in terms of restoring afferent innervation in breast reconstruction

N.S. Gorbunov^{1,2}, K.V. Kober¹, E.V. Kasparov², E.N. Protasyuk¹

¹Krasnoyarsk State Medical University named after V.F. Voino-Yasenecky, Krasnoyarsk, Russia;

²Research Institute for Medical Problems in the North, Krasnoyarsk, Russia

Abstract

Aim. To study of anatomical and topographic features and the intrafascicular structure of the thoracodorsal nerve trunk in the brachial plexus.

Methods. The study was performed on the brachial plexus preparations of 80 male and female corpses. Short and long branches, secondary bundles, primary trunks, spinal nerves, anterior and posterior roots of the spinal cord were layer-by-layer anatomically prepared from brachial plexus. The angles of inclination from the arising site of the thoracodorsal nerve, the topography throughout and after entering the latissimus dorsi muscle were studied. The length and thickness of the thoracodorsal nerve, including the extramuscular and intramuscular parts, were measured. After isolation and fixation of the preparations, intrafascicular dissection of the thoracodorsal nerve was performed throughout the brachial plexus, by using microsurgical instruments and a binocular magnifier.

Results. The length of the thoracodorsal nerve consists of extramuscular and intramuscular parts and was equal to 17.9 cm, of which the extra-muscular part was three-quarters of the total length of the nerve. The nerve trunk dissection revealed that the thoracodorsal nerve consists of 1–4 nerve fascicles and most frequently, in 46.2% of preparations, the thoracodorsal nerve arises from the C₇ nerve root. The presence of motor and sensory portions of nerve fibers in the thoracodorsal nerve was found. In 90.2% of the preparations, the motor portion was located in the posterior-lateral part of the nerve and sensory in the anterior-medial. In most cases, both the sensory and motor fascicles arose from C₇, or motor fascicle from C₇ and sensory from C₈.

Conclusion. The intrafascicular dissection of the thoracodorsal nerve revealed microtopography of the sensitive and motor portions of nerve fibers in the nerve and along the entire length of the brachial plexus; in breast reconstruction, after mastectomy with thoracodorsal flap for the preservation of afferent innervation, it is recommended to cross only motor fibers of the thoracodorsal nerve.

Keywords: brachial plexus, thoracodorsal nerve, intrafascicular structure, sensitive innervation, thoracodorsal flap.

For citation: Gorbunov N.S., Kober K.V., Kasparov E.V., Protasyuk E.N. The features of the intrafascicular structure of the thoracodorsal nerve trunk in terms of restoring afferent innervation in breast reconstruction. *Kazan Medical Journal*. 2020; 101 (4): 519–523. DOI: 10.17816/KMJ2020-519.

Актуальность. С развитием реконструктивной хирургии широко стали применять микрохирургические лоскуты (аутотрансплантаты) для замещения дефектов кожи и мягких тканей, в частности после радикальной мастэктомии по поводу рака молочной железы. Стало возможным восстановление объёма и симметрии реконструируемой груди, создание её эстетичной формы [1]. В настоящее время уделяют особое внимание восстановлению афферентной иннервации пересаженных лоскутов, поэтому активно ведут научные исследования по разработке анатомической основы и совершенствованию техники пересадки лоскутов [2,3].

Торакодорсальный лоскут (TD-флап) на основе широчайшей мышцы спины (ШМС) остаётся одним из самых надёжных способов реконструкции молочной железы, поскольку при его использовании отмечают наименьшее количество осложнений в сравнении с другими лоскутами [4]. Лоскут в своём составе имеет кожу, подкожную жировую клетчатку, ШМС, а в случае несвободного лоскута ещё и сосудисто-нервную ножку, которая представлена грудоспинальными сосудами и нервом.

По данным ряда исследований, грудоспинальный нерв выполняет исключительно двигательную иннервацию мышцы и не имеет афферентной иннервации [5,6]. По этой причине

при переносе несвободного лоскута большинство хирургов пересекают ствол грудоспинального нерва, чтобы избежать в отдалённом периоде подёргивания мышцы, однако это приводит к денервации лоскута [7,8]. Опубликованы сведения, в которых начата работа по интраоперационной верификации пучков грудоспинального нерва с целью селективного иссечения только двигательных волокон, иннервирующих ШМС, и выявления чувствительных волокон [9].

Цель. Учитывая актуальность вопросов, связанных с использованием грудоспинального нерва в реконструктивной хирургии, неоднозначностью исследований и отсутствием полной информации о внутриствольном строении, нами была поставлена цель — изучить анатомо-топографические особенности и внутриствольное строение грудоспинального нерва в составе плечевого сплетения.

Материал и методы исследования. Исследование проведено на препаратах плечевого сплетения 80 трупов мужского (52 трупа, 65%) и женского (28 трупов, 35%) пола. Причиной смерти во всех случаях были общесоматические заболевания без повреждений верхних конечностей, грудной клетки, шеи и головы.

Анатомическое препарирование плечевого сплетения проводили с послойным выделением коротких и длинных ветвей, вторичных

пучков, первичных стволов, спинномозговых нервов, передних и задних корешков спинного мозга. Исследовали угол наклона от места формирования грудоспинного нерва, топографию на протяжении и после вхождения в ШМС. Проводили детальное последовательное измерение длины и толщины грудоспинного нерва, в том числе внемышечной и внутримышечной частей. При наличии деления нерва на ветви до мышцы учитывали длину нерва в совокупности до и после ветвления. После выделения и фиксации в 10% растворе нейтрального формалина плечевое сплетение помещали в 10% раствор уксусной кислоты для дальнейшего внутривидеального препарирования грудоспинного нерва. Выделение пучков грудоспинного нерва на всём протяжении плечевого сплетения осуществляли с использованием микрохирургического набора инструментов и бинокулярной лупы Carl Zeiss $\times 2,5$.

Статистическая обработка проведена с использованием программного пакета Statistica 10. Нормальность распределения определяли на основе критерия Колмогорова–Смирнова. Характеристика количественных признаков с непараметрическим распределением представлена с помощью медианы (Me) и межквартильного интервала [P_{25} ; P_{75}].

Этические принципы и нормы при проведении исследования были соблюдены в полном объёме (выписка из протокола заседания локального этического комитета ФГБОУ ВО КрасГМУ №91 от 11.09.2018).

Результаты. Общая длина грудоспинного нерва состоит из внемышечной (77,9%) и внутримышечной (22,1%) частей и составляет 17,9 см, с колебаниями от 15,3 до 20,5 см в пределах межквартильного интервала $P_{25}; P_{75}$. Длина внемышечной части грудоспинного нерва составляет 13,6 см с колебаниями от 12,0 до 15,2 см в пределах межквартильного интервала $P_{25}; P_{75}$, а толщина в проксимальном отделе — 1,6 [1,6; 1,9] мм, в дистальном — 2,1 [1,8; 2,4] мм. Различия по толщине значимы ($p < 0,001$).

Первоначально грудоспинный нерв располагается позади подмышечной вены, ниже он становится поверхностнее и медиальнее грудоспинной артерии (латерально) и вены (центрально). Далее происходит перекрёст, и грудоспинный нерв располагается латерально, а артерия и вена — медиально. В дальнейшем происходит разделение грудоспинного нерва на самостоятельные ветви.

В 58% случаев грудоспинный нерв разделяется на две ветви: центральную и латеральную. Центральная ветвь длиной 4,0 [2,9; 4,4] см яв-

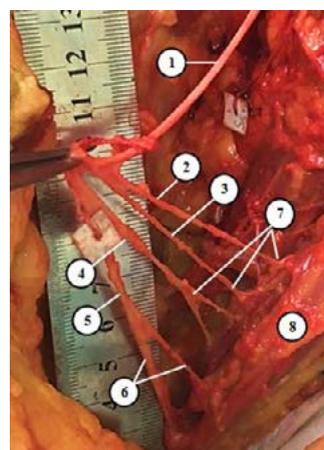


Рис. 1. Формирование вне- и внутримышечных ветвей грудоспинного нерва (вариант деления на четыре ветви): 1 — грудоспинный нерв; 2 — внемышечная (медиальная) ветвь грудоспинного нерва; 3 — внемышечная (центральная) ветвь; 4 — внемышечная (латеральная промежуточная) ветвь; 5 — внемышечная (латеральная) ветвь; 6 — (препарированные) внутримышечные ветви к наружному отделу широчайшей мышцы спины (ШМС); 7 — (препарированные) внутримышечные ветви к внутреннему отделу ШМС; 8 — ШМС

ляется продолжением нерва, а латеральная длиной также 4,0 [3,2; 4,8] см отходит в боковую сторону под углом 30–50°. В 30,4% случаев грудоспинный нерв не разделяется на ветви, имеет длину 11,0 [10,2; 12,5] см и проникает в ШМС одним стволом.

В 7,5% случаев грудоспинный нерв распадается на три ветви: латеральная длиной 4,3 [3,5; 6,0] см, центральная — 4,3 [3,5; 6,0] см, медиальная — 4,3 [3,4; 5,5] см. В 4,1% случаев он распадается на четыре ветви: латеральная длиной 4,8 [4,0; 5,2] см, латеральная промежуточная — 4,8 [4,0; 5,2] см, центральная — 4,8 [4,0; 5,2] см, медиальная — 4,8 [4,0; 5,2] см (рис. 1). Общая длина внемышечной части грудоспинного нерва значимо ($p = 0,021$) тем длиннее, чем больше ветвей от него отходит.

Внутримышечная часть грудоспинного нерва представлена его ветвями первого и второго порядка, которые отходят либо от его главных ветвей (75,7%), либо от одного ствола (24,3%). Количество внутримышечных ветвей первого и второго порядка колеблется от двух до семи. Внутримышечные ветви имеют общую толщину 4,2 [3,5; 4,7] мм, длину — 4,6 [3,2; 6,5] см, оканчиваются в собственной фасции. Следовательно, толщина грудоспинного нерва значимо ($p < 0,001$) меньше, чем общая толщина его ветвей первого и второго порядка. Тонкое препарирование внутримышечных ветвей позволило определить площадь иннервации ШМС грудоспинным нервом, которая составля-

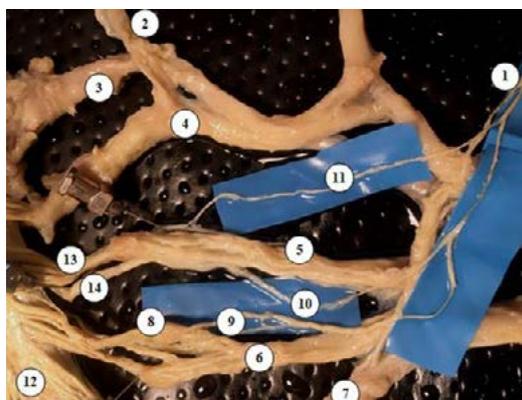


Рис. 2. Формирование пучков грудоспинального нерва, их микро топография в спинномозговых нервах (вид сзади): 1 — грудоспинальный нерв; 2 — спинномозговой нерв C_4 ; 3 — C_5 ; 4 — C_6 ; 5 — C_7 ; 6 — C_8 ; 7 — Th_1 ; 8 — спинномозговой узел; 9 — чувствительный пучок грудоспинального нерва в заднем корешке спинномозгового нерва C_8 ; 10 — двигательный пучок грудоспинального нерва в переднем корешке спинномозгового нерва C_7 ; 11 — чувствительный пучок грудоспинального нерва в заднем корешке спинномозгового нерва C_7 ; 12 — спинной мозг; 13 — задний корешок спинного мозга; 14 — передний корешок спинного мозга

ет $159,4 \text{ см}^2$, с колебаниями от $117,8$ до $201,0 \text{ см}^2$ в пределах межквартильного интервала $P_{25; 75}$.

При внутривольном препарировании выявлено, что наиболее часто, в $46,2\%$ случаев (37 сплетений), формирование грудоспинального нерва происходит из одного спинномозгового нерва C_7 , в $37,5\%$ (30 сплетений) — из двух (C_7, C_8), в $7,5\%$ (6 сплетений) — из одного (C_8), в $5,0\%$ (4 сплетения) — из двух (C_6, C_7), в $3,8\%$ (3 сплетения) — из трёх (C_6, C_7, C_8).

Препарирование пучков грудоспинального нерва на протяжении вторичных пучков, первичных стволов и спинномозговых нервов плечевого сплетения выявило особенности формирования этого нерва. Во-первых, грудоспинальный нерв состоит из $1-4$ пучков нервных волокон: в $72,5\%$ случаев из двух пучков, в $23,8\%$ — из трёх, в $2,5\%$ — из одного, в $1,2\%$ — из четырёх. Во-вторых, установлено, что при двухпучковом строении один тонкий пучок является только чувствительным, а другой толстый — двигательным. При трёхпучковом строении один толстый является двигательным, а остальные два тонких — чувствительными. При четырёхпучковом строении также один толстый пучок является двигательным, три тонких — чувствительными. При однопучковом строении грудоспинального нерва (в $2,5\%$ случаев) в связи с внутривольным переплетением нервных волокон идентифицировать чувствительные и двигательные волокна не представляется возможным.

Вариабельно и формирование пучков грудоспинального нерва. Наиболее часто, в 68% случаев, формирование чувствительного и двигательного пучков происходит из C_7 , или двигательного из C_7 , а чувствительного из C_8 . В $24,7\%$ случаев при многопучковом строении грудоспинального нерва двигательная порция всегда соответствует преимущественно C_7 и только в $7,3\%$ чувствительная и двигательная порция — одному C_8 .

Тонкое внутривольное пучковое препарирование грудоспинального нерва на всём протяжении позволило выявить микро топографию чувствительной и двигательной порций нервных волокон в нерве, в заднем вторичном пучке, первичных стволах, спинномозговых нервах C_6-C_8 плечевого сплетения, а также в спинальных ганглиях, переднем и заднем корешках спинного мозга (рис. 2).

Так, в $90,2\%$ случаев межпучковое взаимоотношение волокон в грудоспинальном нерве представлено следующим образом: двигательная порция располагается в заднелатеральной части, чувствительная — в переднемедиальной. В $7,3\%$ случаев двигательная порция нервных волокон располагается в заднемедиальной части, а чувствительные — в переднелатеральной. В $2,5\%$ случаев определить локализацию чувствительных и двигательных пучков не удалось.

В заднем вторичном пучке чувствительные и двигательные порции грудоспинального нерва в $87,6\%$ случаев локализуются в задненижней части, в $7,4\%$ — в передненижней, в $5,0\%$ — в среднезадней. В первичных стволах плечевого сплетения чувствительные и двигательные пучки грудоспинального нерва расположены неодинаково. Чаще, в $46,2\%$ случаев, они располагаются в задненижней части среднего первичного ствола, в $37,5\%$ — в задненижней части среднего и задневерхней части нижнего первичного стволов. Реже чувствительные и двигательные пучки имеют другую локализацию в первичных стволах плечевого сплетения: в $7,5\%$ — в задневерхней части нижнего ствола, в $5,0\%$ — в задненижней части верхнего и среднего стволов, в $3,8\%$ — в задненижней части верхнего и среднего стволов и задневерхней части нижнего ствола.

В спинномозговых нервах C_6, C_7, C_8 двигательные и чувствительные пучки соответствуют локализации в верхнем, среднем и нижнем первичных стволах соответственно. Далее двигательный пучок направляется в передний корешок, а чувствительный — в спинномозговой узел и задний корешок. Внутри корешков определить локализацию нервных волокон грудоспинального нерва не удалось.

спинного нерва не представляется возможным из-за плотного переплетения нервных волокон.

Обсуждение. В результате проведённого исследования выявлены анатомические особенности грудоспинного нерва с позиции использования его при пересадке торакодорсального лоскута с целью реконструкции груди после радикальной мастэктомии. Известно, что одним из главных преимуществ торакодорсального лоскута считают наименьшее количество осложнений [4, 10]. Из них чаще всего в послеоперационном периоде хирурги сталкивались с двигательной мышечной активностью в области реконструированной груди при отведении руки, что вызывало дискомфорт у пациенток, поэтому они стали пересекать ствол грудоспинного нерва при пересадке торакодорсального лоскута. Однако денервация лоскута приводит к потере его первоначального объёма.

Согласно результатам исследования, в грудоспинном нерве присутствуют двигательные и чувствительные нервные волокна. Следует отметить, что в научной литературе ранее отсутствовала подобная информация, тем не менее, встречались суждения о чувствительной функции грудоспинного нерва [9]. По нашим данным, необходимо частично сохранить грудоспинный нерв при пересадке лоскута: учитывая различия по количеству, толщине и микротопографии чувствительной и двигательной порций нервных волокон в грудоспинном нерве, при возможности используя электронейромиографию, верифицировать пучки нервных волокон и пересечь двигательную порцию после деления нерва на ветви и как можно ближе к ШМС.

В свете необходимости сохранения грудоспинного нерва исследовали длину его внешнемышечной части, которая составляет 13,6 см. Этой длины достаточно для перемещения кожно-мышечного лоскута в область реконструируемой груди без натяжения. Площадь иннервации ШМС грудоспинным нервом составляет 159,4 см², что позволяет использовать большой объём кожно-мышечного лоскута для реконструкции груди с сохранением афферентной чувствительности.

ВЫВОДЫ

1. Внутривольное препарирование грудоспинного нерва позволило выявить микротопографию чувствительной и двигательной порций нервных волокон в нерве и на всём протяжении плечевого сплетения.

2. При реконструкции груди после мастэктомии торакодорсальным лоскутом для сохра-

нения афферентной иннервации рекомендовано пересекать только двигательные волокна грудоспинного нерва как можно ближе к широчайшей мышце спины.

3. При сохранении чувствительной порции нервных волокон длина грудоспинного нерва позволяет выполнить пересадку несвободного торакодорсального лоскута без натяжения.

Участие авторов. Н.С.Г. — научное руководство работой, окончательное утверждение для публикации рукописи; К.В.К. и Е.Н.П. — проведение исследования; Н.С.Г. и Э.В.К. — сбор и анализ данных.

Источник финансирования. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Champaneria M.C., Wong W.W., Hill M.E., Gupta S.C. The evolution of breast reconstruction: a historical perspective. *World J. Surg.* 2012; 36 (4): 730–742. DOI: 10.1007/s00268-012-1450-2.
2. Beugels J., Cornelissen A.J.M., Spiegel A.J. et al. Sensory recovery of the breast after innervated and non-innervated autologous breast reconstructions: A systematic review. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2017; 70 (9): 1229–1241. DOI: 10.1016/j.bjps.2017.05.001.
3. Кобер К.В., Горбунов Н.С., Синдеева Л.В., Чикун В.И. Макроанатомическое и внутривольное строение грудоспинного нерва. *Соврем. пробл. науки и образования.* 2019; (3): 133. [Kober K.V., Gorbunov N.S., Sindeeva L.V., Chikun V.I. Macroanatomic and intraneural structure of the thoracodorsal nerve. *Modern problems of science and education.* 2019; (3): 133. (In Russ.)]
4. Fracol M., Grim M., Lanier S.T., Fine N.A. Vertical skin paddle orientation for the latissimus dorsi flap in breast reconstruction. *Plast. Reconstr. Surg.* 2018; 141 (3): 598–601. DOI: 10.1097/prs.0000000000004103.
5. Potter S.M., Ferris S.I. Vascularized thoracodorsal to supracapular nerve transfer, a novel technique to restore shoulder function in partial brachial plexopathy. *J. Front. Surg.* 2016; 3: 17. DOI: 10.3389/fsurg.2016.00017.
6. Zin T., Maw M., Oo S. et al. How I do it: Simple and effortless approach to identify thoracodorsal nerve on axillary clearance procedure. *Ecaner Med. Sci.* 2012; 6: 255. DOI: 10.3332/ecancer.2012.255.
7. Paolini G., Longo B., Laporta R. et al. Permanent latissimus dorsi muscle denervation in breast reconstruction. *Ann. Plastic Surg.* 2013; 71 (6): 639–642. DOI: 10.1097/sap.0b013e31825c0840.
8. Hwang M.J., Sterne G. Thoracodorsal nerve division in latissimus dorsi breast reconstruction to avoid unwanted breast animation: a safe and simple technique to ensure division of all branches. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg.* 2015; 68 (2): e43–e44. DOI: 10.1016/j.bjps.2014.09.051.
9. Байтингер В.Ф., Силкина К.А. Чувствительная иннервация микрохирургических лоскутов, применяемых в реконструктивной маммопластике. *Вопр. реконструктив. и пластич. хир.* 2014; (2): 11–19. [Baitinger V.F., Silkina K.A. Sensitive innervation of microsurgical flaps which are used in reconstructive mammoplasty. *Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii.* 2014; (2): 11–19. (In Russ.)]
10. Sood R., Easow J.M., Konopka G., Panthaki Z.J. Latissimus dorsi flap in breast reconstruction: recent innovations in the workhorse flap. *Cancer Control.* 2018; 25 (1): 1–7. DOI: 10.1177/1073274817744638.