

Феномен фокальной констрикции периферического нерва: обзор литературы

Д.С. Дружинин¹, Е.С. Наумова², С.С. Никитин², Н.Н. Спирин¹

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России;
Россия, 150 000 Ярославль, ул. Революционная, 5;

²Региональная общественная организация «Общество специалистов по нервно-мышечным болезням»,
Медицинский центр «Практическая неврология»; Россия, 117258 Москва, ул. Кржижановского, 17/2

Контакты: Дмитрий Сергеевич Дружинин druzhininds@gmail.com

Сегодня в литературе все чаще встречается описание феномена фокальной констрикции периферического нерва у пациентов с острой болевой мононейропатией. Использование таких дополнительных методов визуализации периферических нервов, как ультразвуковое исследование и магнитно-резонансная томография, позволило чаще выявлять эту патологию. Несмотря на возросшее число публикаций, этиология и патогенез фокальной констрикции периферического нерва остаются дискуссионными.

Целью обзора является обобщение информации о феномене фокальной констрикции периферического нерва. Нами проведен анализ 30 публикаций в базе данных Pub Med по теме “Hourglass like constriction of peripheral nerve”, который включает описание 158 клинических случаев фокальной констрикции периферического нерва.

Ключевые слова: феномен фокальной констрикции периферического нерва, сужение нерва по типу «песочных часов», невралгическая амиотрофия, ультразвуковое сканирование периферического нерва

Для цитирования: Дружинин Д.С., Наумова Е.С., Никитин С.С., Спирин Н.Н. Феномен фокальной констрикции периферического нерва: обзор литературы. Нервно-мышечные болезни 2019;9(1):24–31.

DOI: 10.17650/2222-8721-2019-9-1-24-31

The phenomenon of focal peripheral nerve constriction: review of the literature

D.S. Druzhinin¹, E.S. Naumova², S.S. Nikitin², N.N. Spirin¹

¹Yaroslavl' State Medical University, Ministry of Health of Russia; 5 Revolutsiyonnaya St., Yaroslavl' 150 000, Russia;

²Association of Neuromuscular Disorders Specialists, Medical Center “Practical Neurology”; Build. 2, 17 Krzhizhanovskogo St., Moscow 117258, Russia

Today the description of phenomenon of the focal “hourglass-like constriction” of the peripheral nerves in patients with acute pain mono-neuropathy is often found in literature. The use of additional imaging techniques of peripheral nerves such as high-resolution ultrasound and magnetic resonance imaging allowed to detect this pathology more often. The purpose of the review is to summarize information about the phenomenon of the focal “hourglass-like constriction”.

We analyzed 30 publications in PubMed database by key words: “Hourglass like construction of peripheral nerve” with the description of 158 patients with the focal “hourglass-like constriction”.

Key words: phenomenon of focal peripheral nerve constriction, hourglass-like constriction, neuralgic amyotrophy, high-resolution nerve ultrasound

For citation: Druzhinin D.S., Naumova E.S., Nikitin S.S., Spirin N.N. The phenomenon of focal peripheral nerve constriction: review of the literature. Nervno-myshechnye bolezni = Neuromuscular Diseases 2019;9(1):24–31.

Описание феномена фокальной констрикции периферического нерва (ФКПН) у пациентов с острой болевой мононейропатией сегодня все чаще встречается в литературе. Первые сообщения сделаны в 1966 и 1970 гг. хирургами, которые обнаружили ФКПН как случайную находку в ходе невролиза заднего межкостного нерва (*n. interosseus posterior*) у пациента с острой

болевой нейропатией [1]. Лишь через 20 лет после первых публикаций стали появляться единичные работы с описанием ФКПН, как правило, по 1 случаю. В дальнейшем были представлены результаты 2 крупных многолетних наблюдений Y. Pan и соавт. (2014) [2] и К. Ochi и соавт. (2012) [3] за группами по 44 и 32 пациента соответственно, которые выявили особенности

ФКПН. Использование дополнительных методов визуализации периферических нервов, таких как ультразвуковое исследование (УЗИ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), позволило чаще выявлять обсуждаемую патологию, однако не привело к единому мнению специалистов об этиологии и патогенезе ФКПН.

Целью обзора является обобщение информации, посвященной феномену ФКПН по типу «песочных часов», в основу которого положен анализ 30 публикаций в базе данных Pub Med по теме “Hourglass like constriction of peripheral nerve” с описанием 158 пациентов с ФКПН (см. таблицу).

Возрастной диапазон описанных пациентов колеблется от 8 до 80 лет с большей частотой встречаемости у мужчин в соотношении 1:2,03 (52 женщины и 106 мужчин). Распространенность ФКПН сегодня остается неизвестной в связи с низкой выявляемостью.

Более половины ФКПН выявлено в результате оперативного вмешательства. Анализ описанных случаев показал, что в патологический процесс вовлекается чаще левая рука (55 %) и ФКПН обнаруживается преимущественно в ветвях лучевого нерва — переднем и заднем межкостном нерве (см. рисунок).

Клинические характеристики ФКПН. Анализ публикаций показал, что болезнь начинается в большинстве случаев (98,6 %) с выраженной нейропатической боли с преимущественной локализацией в зоне констрикции нерва и одновременным развитием пареза или паралича мышц руки. Боль длится от 1 до 60 сут с постепенным уменьшением ее интенсивности. Ограничение движений в пораженной руке уменьшает болевой синдром, что обеспечивается ее вынужденным положением [29]. В 88 % случаев боль развивалась без видимых причин, однако среди провоцирующих

моментов отмечены: беременность ($n = 2$) [2, 10], травма ($n = 6$) [2, 26, 30], респираторная инфекция ($n = 2$), перенапряжение мышц руки вследствие чрезмерной физической нагрузки ($n = 5$) [8, 10], алкогольная интоксикация ($n = 1$) [2] и 1 случай после удаления злокачественного образования яичника [28].

Длительное проспективное наблюдение за пациентами позволило выявить рецидивы аналогичного болевого синдрома с развитием ФКПН на контралатеральной стороне в 3 наблюдениях [2].

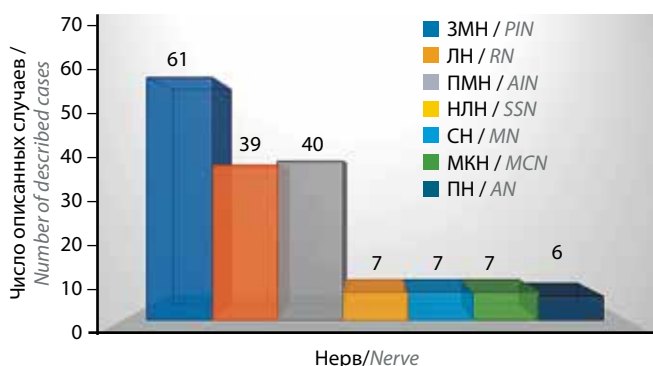
Типичная картина ФКПН с развитием острого болевого синдрома и последующего моторного дефицита напоминает клинику невралгической амиотрофии [33–37], однако сегодня связь этих состояний остается дискуссионной. В большинстве случаев ФКПН двигательный дефицит развивается одновременно с болевым синдромом, тогда как при невралгической амиотрофии имеет место отсроченное развитие пареза через 2–3 нед от появления боли [2, 8, 10, 12, 13].

Диагностика ФКПН. В течение 38 лет со времени первых описаний ФКПН выявлялась только при оперативном вмешательстве, поводом к которому было либо подозрение на опухоль, либо коррекция двигательного дефицита с помощью реконструктивной хирургии.

Развитие таких методов визуализации периферических нервов, как УЗИ и МРТ, позволило выявлять рассматриваемый феномен до хирургического вмешательства. В 2004 г. впервые обнаружена констрикция лучевого нерва по типу «песочных часов» при УЗИ в работе D. Rossey-Mares [20], которая была впоследствии подтверждена хирургически.

Однако информативность УЗИ нервных стволов для выявления ФКПН спорная. Так, в работе Y. Rap и соавт. из 5 случаев наличия у больного ФКПН по данным УЗИ только у 1 пациента сонографические изменения были подтверждены при хирургическом вмешательстве, а в остальных случаях — выявлено уменьшение диаметра нерва в области интереса [2]. Y. Nakashima и соавт. [27] выявили ФКПН до интраоперационной идентификации с помощью УЗИ в 3 из 5 случаев. Аналогичные сопоставления проведены и другими авторами [20, 28, 30]. В итоге чувствительность УЗИ периферического нерва для обнаружения констрикции определена как 31 % [28], что послужило поводом для поиска сонографических критериев ФКПН с последующим подтверждением интраоперационно. За сужение/констрикцию принимался участок нерва с внутренним диаметром меньше 0,3–0,9 мм при продольном сканировании, что впоследствии подтверждалось во время операции наличием видимой констрикции нервного ствола [27]. Используемые критерии с применением датчиков 6–18 МГц оказались достаточно чувствительными в обнаружении ФКПН только в 60 % случаев [27].

В отличие от УЗИ разрешающая способность МРТ позволила более точно описать особенности ФКПН



Частота фокальной констрикции периферического нерва в разных нервах рук по данным литературы. ЗМН — задний межкостный нерв; ЛН — лучевой нерв; ПМН — передний межкостный нерв; НЛН — надлопаточный нерв; СН — срединный нерв; МКН — мышечно-кожный нерв; ПН — подмышечный нерв

Frequency of the focal “hourglass-like constriction” of the peripheral nerves presented in literature. PIN — posterior intercostal nerve; RN — radial nerve; AIN — anterior intercostal nerve; SSN — suprascapular nerve; MN — median nerve; MCN — musculocutaneous nerve; AN — axillary nerve

Случаи фокальной констрикции периферического нерва, представленные в литературе
Cases of the focal «hourglass-like constriction» of the peripheral nerves presented in literature

Автор Author	Год Year	Число пациентов (n) Number of patients (n)	Сторона Side	Пол Sex	Вовлеченные нервы Nerves involved	Боль Pain	Метод лечения Treatment method	Период на- блюдения Observation period
T. Abe и соавт. [1] T. Abe et al. [1]	1966	1	—	—	ЗМН PIN	Нет данных No data		
B. Cohen и соавт. [4] B. Cohen et al. [4]	1982	1	—	—	ПМН, ЗМН AIN, PIN	+	—	—
J. Burns и соавт. [5] J. Burns et al. [5]	1984	3	Л – 1, П – 2 S – 1, D – 2	М – 3 M – 3	ЛН RN	+	Невролиз Neurolysis	1–3 мес 1–3 months
H. Hashizume и соавт. [6] H. Hashizume et al. [6]	1993	1	Л – 1 S – 1	М – 1 M – 1	ЗМН PIN	+	Невральный шов Neural suture	—
K. Hosi и соавт. [7] K. Hosi et al. [7]	1993	1	—	—	СН MN	+	Невролиз Neurolysis	—
H. Kotani и соавт. [8] H. Kotani et al. [8]	1995	4	Л – 3, П – 1 S – 3, D – 1	М – 2, Ж – 2 M – 2, F – 2	ЗМН PIN	+	Невролиз Neurolysis	3 мес 3 months
G. Inoue и K. Shionoуа [9] G. Inoue and K. Shionoуа [9]	1996	2	Л – 2 S – 2	М – 1, Ж – 1 M – 1, F – 1	ЗМН PIN	+	Невролиз, транспозиция сухожилий Neurolysis, tendon transposition	2–4 мес 2–4 months
A. Nagano и соавт. [10] A. Nagano et al. [10]	1996	9	Л – 4, П – 5 S – 4, D – 5	М – 8, Ж – 1 M – 8, F – 1	ПМН (n = 4), ЗМН (n = 5) AIN (n = 4), PIN (n = 5)	+	Невролиз Neurolysis	2–10 мес 2–10 months
H. Hashizume и соавт. [11] H. Hashizume et al. [11]	1996	2	П – 2 D – 2	Ж – 2 F – 2	ЗМН PIN	+	Невролиз Neurolysis	3–6 мес 3–6 months
S. Yamamoto и соавт. [12, 13] S. Yamamoto et al. [12, 13]	1999	1	Л – 1 S – 1	М – 1 M – 1	Множественные участки СН, НЛП Multiple plots of MN, SSN	+	Невролиз Neurolysis	3–12 мес 3–12 months
T. Omura и соавт. [14] T. Omura et al. [14]	2001	1	Л – 1 S – 1	М – 1 M – 1	ЗМН + РМН PIN + AIN	+	Невролиз Neurolysis	5 мес 5 months
E. Fernandez и соавт. [15] E. Fernandez et al. [15]	2001	1	П – 1 D – 1	М – 1 M – 1	ЛН RN	+	Невролиз Neurolysis	40 сут 40 days

Продолжение таблицы
The rest of the table

Автор Author	Год Year	Число пациентов (n) Number of patients (n)	Сторона Side	Пол Sex	Вовлеченные нервы Nerves involved	Боль Pain	Метод лечения Treatment method	Период на- блюдения Observation period
M. Vastamäki [16] M. Vastamäki [16]	2002	1	Л – 1 S – 1	М – 1 М – 1	ЗМН PIN	+	Невролиз Neurolysis	7 нед 7 weeks
H. Yasunaga и соавт. [17] H. Yasunaga et al. [17]	2003	3	П – 3 D – 3	М – 3 М – 3	ПМН AIN	+	Невролиз Neurolysis	3–4–6 мес 3–4–6 months
P. Yongwei и соавт. [18] P. Yongwei et al. [18]	1994– 2003	8	П – 1, Л – 7 D – 1, S – 7	М – 4, Ж – 4 М – 4, F – 4	ЛН (n = 5), ЗМН (n = 3) RN (n = 5), PIN (n = 3)	+(1–?)	Невролиз – 3, невраль- ный шов – 3, реконструкция – 2 Neurolysis – 3, neural suture – 3, reconstruction – 2	3–15 мес 3–15 months
F. Umebara и соавт. [19] F. Umebara et al. [19]	2003	1	П – 1 D – 1	М – 1 М – 1	ЗМН PIN	+	Невролиз Neurolysis	3 мес 3 months
D. Rossey-Marec и соавт. [20] D. Rossey-Marec et al. [20]	2004	1	–	–	ЗМН PIN	+	Невролиз Neurolysis	Нет данных No data
C. Oberlin и соавт. [21] C. Oberlin et al. [21]	2006	2	П – 1, Л – 1 D – 1, S – 1	М – 2 М – 2	ПН AN	+	Реконструкция Reconstruction	4–6 мес 4–6 months
A. Vigasio и соавт. [22] A. Vigasio et al. [22]	2009	1	П – 1 D – 1	М – 1 М – 1	ПН + НЛП AN + SSN	+	Невролиз Neurolysis	5 мес 5 months
Y. Kijima и соавт. [23] Y. Kijima et al. [23]	2009	1	Л – 1 S – 1	М – 1 М – 1	МН IN	–	Невролиз Neurolysis	1 мес 1 month
G. Wu и соавт. [24] G. Wu et al. [24]	2010	1	П – 1 D – 1	М – 1 М – 1	МКН MCN	+	Невролиз Neurolysis	1 мес 1 month
Y.W. Pan и соавт. [25] Y.W. Pan et al. [25]	2011	5	П – 4, Л – 1 S – 4, D – 1	М – 3, Ж – 2 М – 3, F – 2	ЛН (n = 4), СН (n = 1) RN (n = 4), MN (n = 1)	+	Невролиз – 2, без лече- ния – 3 Neurolysis – 2, without treatment – 3	4–10 мес 4–10 months
W. Guerra и H. Schroeder [26] W. Guerra and H. Schroeder [26]	2011	5	П – 2, Л – 4 S – 2, D – 4	М – 5 М – 5	ПН (n = 2), МКН (n = 2), ЛН (n = 1), НЛП (n = 1) AN (n = 2), MCN (n = 2), RN (n = 1), SSN (n = 1)	+	Невральный шов – 3, невролиз – 2 Neural suture – 3, neurolysis – 2	3–16 мес 3–16 months

Окончание таблицы
End of the table

Автор Author	Год Year	Число пациентов (n) Number of patients (n)	Сторона Side	Пол Sex	Вовлеченные нервы Nerves involved	Боль Pain	Метод лечения Treatment method	Период наблюдения Observation period
K. Ochi и соавт. [3] K. Ochi et al. [3]	2012	32	П – 16, Л – 16 S – 16, D – 16	М – 19, Ж – 13 M – 19, F – 13	ПМН (n = 18), ЗМН (n = 14) AIN (n = 18), PIN (n = 14)	+	Невролиз Neurolysis	Нет данных No data
Y. Nakashima и соавт. [27] Y. Nakashima et al. [27]	2013	5	–	М – 5 M – 5	ПМН (n = 4), ЗМН (n = 1) AIN (n = 4), PIN (n = 1)	+	Невролиз Neurolysis	7–8 мес 7–8 months
Y. Pan и соавт. [2] Y. Pan et al. [2]	1993– 2014	44	П – 37, Л – 7 S – 37, D – 7	М – 25, Ж – 19 M – 25, F – 19	ЛН (n = 18), ЗМН (n = 19), ПМН (n = 2), ПН (n = 2), НЛП (n = 1), СН (n = 4), МКН (n = 1) RN (n = 18), PIN (n = 19), AIN (n = 2), AN (n = 2), SSN (n = 1), MN (n = 4), MCN (n = 1)	43 + 1 –	Невролиз, невральный шов, реконструкция Neurolysis, neural suture, reconstruction	6–32 мес 6–32 months
Z. Arányi и соавт. [28] Z. Arányi et al. [28]	2015	7	П – 1, Л – 6 S – 1, D – 6	М – 3, Ж – 4 M – 3, F – 4	ЛН (n = 3), ЗМН (n = 3), НЛП + МКН (n = 1) RN (n = 3), PIN (n = 3), SSN + MCN (n = 1)	+	Невролиз Neurolysis	1 мес 1 month
A. Loizides и соавт. [29] A. Loizides et al. [29]	2015	1	П – 1 D – 1	М – 1 M – 1	ЗМН PIN	+	Невролиз Neurolysis	3 мес 3 months
S.Y. Choi и соавт. [30] S.Y. Choi et al. [30]	2016	1	Л – 1 S – 1	М – 1 M – 1	ЛН RN	+	Невролиз Neurolysis	1 мес 1 month
D.B. Sneag и соавт. [31] D.B. Sneag et al. [31]	2017	6	П – 3, Л – 3 S – 3, D – 3	М – 4, Ж – 2 M – 4, F – 2	НЛП (n = 3), ЛН (n = 3) SSN (n = 3), RN (n = 3)	+	Невролиз Neurolysis	6–24 мес 6–24 months
T. Sunagawa и соавт. [32] T. Sunagawa et al. [32]	2017	7	Нет данных No data	М – 6, Ж – 1 M – 6, F – 1	ПМН AIN	+	Невролиз Neurolysis	1–9 мес 1–9 months

* Травма в анамнезе.

* History of injury.

Примечание. ЗМН – задний межкостный нерв; ЛН – лучевой нерв; МКН – мышечно-кожный нерв; МПН – межпальцевой нерв; НЛП – надлопаточный нерв; ПМН – передний межкостный нерв; ПН – подмышечный нерв; СН – срединный нерв; П – правый; Л – левый; Ж – женский; М – мужской.

Note. AIN – anterior intercostal nerve; AN – axillar nerve; IN – interdigital nerve; MCN – musculocutaneous nerve; MN – median nerve; PIN – posterior intercostal nerve; RN – radial nerve; SSN – suprascapular nerve; D – dexter; S – sinister; F – female; M – male.

в сопоставлении с интраоперационной картиной [31]. Авторы описывают характерные изменения на МРТ в области констрикции по типу «яблочко мишени», а также приводят критерии ФКПН как уменьшение диаметра нерва больше чем на 75 % от неизмененного участка на Т2-взвешенных изображениях [31].

Наряду с методами нейровизуализации хирурги предложили классификацию ФКПН, основанную на макроскопической интраоперационной картине [38]. Выделены 4 типа, каждый из которых подразделялся на 3 степени:

- 1) тип А — нет вращения нерва и утолщения в месте констрикции;
- 2) тип В — утолщение нерва в месте констрикции без локального вращения;
- 3) тип С — локальное вращение нерва без утолщения в месте констрикции;
- 4) тип D — локальное вращение и утолщение нерва в месте констрикции.

Торсию нерва предлагалось оценивать по положению продольно ориентированных периневральных артерий на доступном участке нерва. Констрикция подразделяется на 3 степени: I — слабая (истончение менее 1/4 от первоначальной толщины); II — умеренная (истончение более 1/4, но менее 3/4 от первоначальной толщины); III — сильная — истончение более 3/4 от первоначальной толщины). В силу своего громоздкого вида эта классификация не получила распространения.

Патогенез ФКПН. Сегодня в литературе обсуждаются несколько теорий формирования ФКПН. Доминирует представление о локальном аутоиммунном воспалении тканей, окружающих нерв с формированием фиброза в периневрии периферического нерва. Наличие «спаек» в периневрии под влиянием механической нагрузки — супинация руки создает уязвимую точку в нерве, способствующей формированию ФКПН [8, 14, 39–41]. Кроме этого, показана торсия как целого нерва, так и отдельных его пучков [5, 42–45]. Сделанный вывод базируется на результатах гистологического исследования участка нерва с констрикцией.

При морфологическом исследовании в проксимальном и дистальном участках нерва, прилежащих к констрикции, обнаруживается отек коллагеновых волокон с немногочисленными участками фиброза, с наличием лимфоцитарной клеточной инфильтрации CD68-, CD8-, CD20-положительных Т-лимфоцитов вокруг периневральных и эндоневральных сосудов, в стенках которых выявляются некрозы [18], и неравномерная демиелинизация аксонов преимущественно в дистальном фрагменте нерва [2, 25]. Также обнаруживается пролиферация шванновских клеток в ответ на повреждение аксона [2, 46]. В зоне самой фокальной констрикции отмечено преобладание волокон соединительной ткани на фоне уменьшения количества шванновских клеток и аксонов [2, 8, 14, 17, 25, 30, 39–41].

Аналогичные морфологические изменения выявлены и при невралгической амиотрофии [47, 48]. Именно нарушение сосудисто-нервного барьера при аутоиммунном воспалении может объяснить случаи констрикции отдельных фасцикулов в нерве у пациентов с невралгической амиотрофией [45].

Механический фактор в формировании ФКПН при нефизиологическом движении руки с несбалансированной работой мышц плеча и приводящее к напряжению фасциального ложа вдоль нервного ствола [15], подвергнут сомнению главным образом из-за результатов гистологического исследования участка нерва с констрикцией, а также отсутствия в большинстве случаев ФКПН предшествующей травмы (см. табл.) [7, 10, 17, 25].

Роль сосудистого фактора в развитии ФКПН обсуждается на основании обнаружения при гистологическом исследовании изменения сосудов в области констрикции — наличия клеточной инфильтрации стенок сосудов [18], а также экспериментальных данных [49, 50]. Показано, что длительная локальная компрессия нерва приводит к ишемии с последующим формированием участка эпиневрального фиброза [49, 50]. В другом эксперименте показана роль повышения интраневрального венозного давления, способствующего развитию отека периневрия [38], и фиброза [49, 50], который, возникнув в определенном участке нерва при действии механического фактора, может перерасти в полную констрикцию [8, 14, 39–41]. В ранних работах активно обсуждалась роль васкулита и других системных болезней соединительной ткани в формировании ФКПН [5, 39, 51], однако в последующем это не было подтверждено [18].

Заключение

Сегодня ФКПН является хирургическим диагнозом, который верифицируется при осмотре нерва в операционном поле.

В большинстве работ при описании каждого случая авторы обращали внимание на разную локализацию и число констрикций в 1 нерве, форму и морфологические особенности ФКПН.

Диагностические возможности таких дополнительных методов исследования, как УЗИ и МРТ, остаются спорными [25]. Учитывая разную степень выраженности изменений в нерве в разные периоды болезни, обсуждают сроки проведения необходимого исследования от появления болевого синдрома для выявления ФКПН [27].

Для оценки эволюции ФКПН и ее роли в развитии клинических проявлений и частоты рецидивов необходимо длительное проспективное наблюдение с оценкой состояния пациентов по общепринятому алгоритму. Оптимизация использования дополнительных инструментальных методов оценки состояния периферических нервов с учетом сроков проведения исследования от появления болевого синдрома позволит чаще выявлять ФКПН.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Abe T., Hoshiko M., Shinohara N. et al. Isolated paralysis of the deep branch of the radial nerve thought to be the entrapment neuropathy [in Japanese]. *Rinsho Seikei Geka* 1966;1:617–21.
2. Pan Y., Wang S., Zheng D. et al. Hourglass-like constrictions of peripheral nerve in the upper extremity: a clinical review and pathological study. *Neurosurgery* 2014;75(1):10–22. PMID: 24662504. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000350.
3. Ochi K., Horiuchi Y., Tazaki K. et al. Fascicular constrictions in patients with spontaneous palsy of the anterior interosseous nerve and the posterior interosseous nerve. *J Plast Surg Hand Surg* 2012;46(1):19–24. DOI: 10.3109/2000656X.2011.634558.
4. Cohen B., Cukier J. Simultaneous posterior and anterior interosseous nerve syndromes. *J Hand Surg Am* 1982;7(4):398–400. DOI: 10.1016/s0363-5023(82)80152-4.
5. Burns J., Lister G. Localized constrictive radial neuropathy in the absence of extrinsic compression: three cases. *J Hand Surg Am* 1984;9A(1):99–103. DOI: 10.1016/s0363-5023(84)80195-1.
6. Hashizume H., Inoue H., Nagashima K. et al. Posterior interosseous nerve paralysis related to focal radial nerve constriction secondary to vasculitis. *J Hand Surg Br* 1993;18(6):757–60. DOI: 10.1016/0266-7681(93)90239-c.
7. Hosi K., Ochiai N., Shinoda H. et al. Median nerve paresis with hourglass deformed funiculi: a case report [in Japanese]. *Rinsho Useikeigeka* 1993;28:1171–4.
8. Kotani H., Miki T., Senzoku F. et al. Posterior interosseous nerve paralysis with multiple constrictions. *J Hand Surg Am* 1995;20(1):15–7. PMID: 7722255. DOI: 10.1016/s0363-5023(05)80049-8.
9. Inoue G., Shionoya K. Constrictive paralysis of the posterior interosseous nerve without external compression. *J Hand Surg Br* 1996;21(2):164–8. DOI: 10.1016/s0266-7681(96)80091-x.
10. Nagano A., Shibata K., Tokimura H. et al. Spontaneous anterior interosseous nerve palsy with hourglass-like fascicular constriction within the main trunk of the median nerve. *J Hand Surg Am* 1996;21(2):266–70. PMID: 8683060. DOI: 10.1016/s0363-5023(96)80114-6.
11. Hashizume H., Nishida K., Nanba Y. et al. Non-traumatic paralysis of the posterior interosseous nerve. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(5):771–6. PMID: 8836068. DOI: 10.1302/0301-620x.78b5.0780771.
12. Yamamoto S., Nagano A., Mikami Y. et al. Fascicular constriction in the anterior interosseous nerve and other motor branches of the median nerve. *Muscle Nerve* 1999;22(4):547–8. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4598(199904)22:4<547::AID-MUS26>3.0.CO;2-R.
13. Yamamoto S., Nagano A., Mikami Y. et al. Multiple constrictions of the radial nerve without external compression. *J Hand Surg Am* 2000;25(1):134–7. DOI: 10.1053/jhsu.2000.jhsu025a0134.
14. Omura T., Nagano A., Murata H. et al. Simultaneous anterior and posterior interosseous nerve paralysis with several hourglass-like fascicular constrictions in both nerves. *J Hand Surg Am* 2001;26(6):1088–92. DOI: 10.1053/jhsu.2001.27766.
15. Fernandez E., Di Rienzo A., Marchese E. et al. Radial nerve palsy caused by spontaneously occurring nerve torsion: case report. *J Neurosurg* 2001;94(4):627–9. PMID: 11302664. DOI: 10.3171/jns.2001.94.4.0627.
16. Vastamäki M. Prompt interfascicular neurolysis for the successful treatment of hourglass-like fascicular nerve compression. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2002;36(2):122–4. PMID: 12038206. DOI: 10.1080/028443102753575329.
17. Yasunaga H., Shiroishi T., Ohta K. et al. Fascicular torsion in the median nerve within the distal third of the upper arm: three cases of nontraumatic anterior interosseous nerve palsy. *J Hand Surg Am* 2003;28(2):206–11. PMID: 12671849. DOI: 10.1053/jhsu.2003.50021.
18. Yongwei P., Guanglei T., Jianing W. et al. Nontraumatic paralysis of the radial nerve with multiple constrictions. *J Hand Surg Am* 2003;28(2):199–205. PMID: 12671848. DOI: 10.1053/jhsu.2003.50007.
19. Umehara F., Yoshino S., Arimura Y. et al. Posterior interosseous nerve syndrome with hourglass-like fascicular constriction of the nerve. *J Neurol Sci* 2003;215(1–2):111–3. PMID: 14568137. DOI: 10.1016/s0022-510x(03)00164-3.
20. Rossey-Marec D., Simonet J., Beccari R. et al. Ultrasonographic appearance of idiopathic radial nerve constriction proximal to the elbow. *J Ultrasound Med* 2004;23:1003–7. PMID: 15292574. DOI: 10.7863/jum.2004.23.7.1003.
21. Oberlin C., Shafi M., Diverres J.P. et al. Hourglasslike constriction of the axillary nerve: report of two patients. *J Hand Surg Am* 2006;31(7):1100–4. DOI: 10.1016/j.jhsa.2006.03.007.
22. Vigasio A., Marcoccio I. Homolateral hourglass-like constrictions of the axillary and suprascapular nerves: case report. *J Hand Surg Am* 2009;34(10):1815–20. DOI: 10.1016/j.jhsa.2009.07.016.
23. Kijima Y., Sunagawa T., Ochi M. An unusual digital nerve lesion with two constriction rings. *J Hand Surg Eur Vol* 2009;34(3):404–5. DOI: 10.1177/1753193408102120.
24. Wu G., Li C., Sun H. et al. Hourglass-like constriction of the musculocutaneous nerve: case report. *J Hand Surg Am* 2010;35(10):1652–4. DOI: 10.1016/j.jhsa.2010.07.008.
25. Pan Y.W., Wang S., Tian G. et al. Typical brachial neuritis (Parsonage–Turner syndrome) with hourglass-like constrictions in the affected nerves. *J Hand Surg Am* 2011;36(7):1197–203. PMID: 21601996. DOI: 10.1016/j.jhsa.2011.03.041.
26. Guerra W., Schroeder H. Peripheral nerve palsy by torsional nerve injury. *Neurosurgery* 2011;68(4):1018–24. PMID: 21242829. DOI: 10.1227/neu.0b013e31820a548c.
27. Nakashima Y., Sunagawa T., Shinomiya R. et al. High-resolution ultrasonographic evaluation of “hourglass-like fascicular constriction” in peripheral nerves: a preliminary report. *Ultrasound Med Biol* 2014;40(7):1718–21. PMID: 24613638. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.12.011.
28. Arányi Z., Csillik A., Dévay K. Ultrasonographic identification of nerve pathology in neuralgic amyotrophy: enlargement, constriction, fascicular entwinement, and torsion. *Muscle Nerve* 2015;52(4):503–11. PMID: 25703205. DOI: 10.1002/mus.24615.
29. Loizides A., Baur E., Plaikner M. et al. Triple hourglass-like fascicular constriction of the posterior interosseous nerve: a rare cause of PIN syndrome. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015;135(5):635–7. PMID: 25697815. DOI: 10.1007/s00402-015-2177-y.
30. Choi S., Park J., Kim D. Ultrasonographic and surgical findings of acute radial neuropathy following blunt trauma. *Am J Phys Med Rehabil* 2016;95(11):177–82. PMID: 27763908. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000506.
31. Sneag D., Saltzman E., Meister D. et al. MRI bullseye sign: an indicator of peripheral nerve constriction in parsonage-turner syndrome. *Muscle Nerve* 2017;56(1):99–106. PMID: 27864992. DOI: 10.1002/mus.25480.
32. Sunagawa T., Nakashima Y., Shinomiya R. et al. Correlation between “hourglass-like fascicular constriction” and idiopathic anterior interosseous nerve palsy. *Muscle Nerve* 2017;55(4):508–12. PMID: 27490844. DOI: 10.1002/mus.25361.
33. Cruz-Martínez A., Barrio M., Arpa J. Neuralgic amyotrophy: variable expression in 40 patients. *J Peripher Nerv Syst* 2002;7(3):198–204. PMID: 12365568. DOI: 10.1046/j.1529-8027.2002.02025.x.

34. Van Alfen N., van Engelen B.G. The clinical spectrum of neuralgic amyotrophy in 246 cases. *Brain* 2005; 129(2):438–50. PMID: 16371410. DOI:10.1093/brain/awh722.
35. England J.D., Sumner A.J. Neuralgic amyotrophy: an increasingly diverse entity. *Muscle Nerve* 1987;10(1):60–8. PMID: 3561439. DOI: 10.1016/s0370-4475(87)80077-1.
36. Sumner A.J. Idiopathic brachial neuritis. *Neurosurgery* 2009;65(4 suppl):A150–2. PMID: 19927060. DOI: 10.1227/01.neu.0000345355.59438.d1.
37. England J.D. The variations of neuralgic amyotrophy. *Muscle Nerve* 1999;22(4):435–6. PMID: 10204775. DOI: 10.1002/(SICI)1097-4598(199904)22:4<435::AID-MUS1>3.0.CO;2-O.
38. Tazaki K., Horiuchi Y., Ichikawa T. et al. Paralysis of anterior interosseous nerve and posterior interosseous nerve due to fascicular constriction. *J Jpn Soc Surg Hand* 1996;13:788–92.
39. Hashizume H., Inoue H., Nagashima K. et al. Posterior interosseous nerve paralysis related to focal radial nerve constriction secondary to vasculitis. *J Hand Surg Br* 1993;18 (6):757–60. PMID: 8308437. DOI: 10.1016/0266-7681(93)90239-c.
40. Haussmann P., Patel M.R. Intraepineurial constriction of nerve fascicles in pronator syndrome and anterior interosseous nerve syndrome. *Orthop Clin North Am* 1996; 27(2):339–44. PMID: 8614582.
41. Lundborg G. Commentary: hourglass-like fascicular nerve compressions. *J Hand Surg Am* 2003;28(2):212–4. PMID: 12671850. DOI:10.1053/jhsu.2003.50040.
42. Haussmann P., Kendel K. Oligofaszikulares medianus-kompressions syndrome. *Handchirurgie* 1981;13(3–4):268–71.
43. Vispo Seara J.L., Krimmer H., Lanz U. Monofascicular nerve rotation [in German]. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1994;26(4):190–3. PMID: 7926988.
44. Englert H.M. Partielle faszikuläre medianus-atrophie ungeklärter genese. *Handchirurgie* 1976;8(1):61–2.
45. Van Alfen N. Clinical and pathophysiological concepts of neuralgic amyotrophy. *Nat Rev Neurol* 2011;7(6):315–22. PMID: 21556032. DOI: 10.1038/nrneurol.
46. Ayers M., Anderson R. Development of onion bulb neuropathy in the trembler mouse: comparison with normal nerve maturation. *Acta Neuropathol* 1975;32(1):43–59. PMID: 1146506. DOI: 10.1007/bf00686066.
47. Suarez G., Giannini C., Bosch E. et al. Immune brachial plexus neuropathy: suggestive evidence for an inflammatory-immune pathogenesis. *Neurology* 1996;46(2):559–61. PMID: 8614534. DOI: 10.1212/wnl.46.2.559.
48. Cusimano M., Bilbao J., Cohen S. Hypertrophic brachial plexus neuritis: a pathological study of two cases. *Ann Neurol* 1988;24(5):615–22. PMID: 3202614. DOI: 10.1002/ana.410240505.
49. Rydevik B., Lundborg G. Permeability of intraneural microvessels and perineurium following acute, gradual experimental nerve compression. *Scand J Plast Reconstruct Surg* 1977;11:179–87. PMID: 609900. DOI: 10.3109/02844317709025516.
50. Rydevik B., Lundborg G., Bagge U. Effects of graded compression on intraneural blood flow. An in vivo study on rabbit tibial nerve. *J Hand Surg* 1981;6(1):3–12. PMID: 7204915. DOI: 10.1016/s0363-5023(81)80003-2.
51. Belsole R., Lister G., Kleinert H. Polyarteritis: a cause of nerve palsy in the extremity. *J Hand Surg (Am)* 1978;3(4):320–5. PMID: 28350. DOI: 10.1016/s0363-5023(78)80031-8.

Вклад авторов

Д.С. Дружинин: обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста статьи;

Е.С. Наумова: анализ и интерпретация данных, написание текста статьи;

С.С. Никитин: проверка критически важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи для публикации;

Н.Н. Спирин: проверка критически важного интеллектуального содержания, утверждение рукописи для публикации.

Authors' contributions

D.S. Druzhinin: reviewing of publications of the article's theme, analysis of the obtained data, article writing;

E.S. Naumova: data analysis and interpretation, article writing;

S.S. Nikitin: verification of critically important intellectual content, final approval of the article before publication;

N.N. Spirin: verification of critically important intellectual content, approval of the article before publication.

ORCID авторов/ORCID of authors

Д.С. Дружинин/D.S. Druzhinin: <https://orcid.org/0000-0002-6244-0867>

Е.С. Наумова/E.S. Naumova: <https://orcid.org/0000-0002-1004-992x>

С.С. Никитин/S.S. Nikitin: <https://orcid.org/0000-0003-3292-2758>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Статья поступила: 09.01.2018. **Принята к публикации:** 13.02.2019.

Article received: 09.01.2018. **Accepted for publication:** 13.02.2019.