

# Синдром спастичности при церебральной патологии: диагностика и клинические модели

Коваленко А.П.<sup>1</sup>, Вознюк И.А.<sup>1,2</sup>, Мисиков В.К.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург; <sup>2</sup>ГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе», Санкт-Петербург; <sup>3</sup>ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва  
<sup>1</sup>Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6; <sup>2</sup>Россия, 192242, Санкт-Петербург, Будапештская ул., 3, лит. А; <sup>3</sup>Россия, 129110, Москва, ул. Щепкина, 61/2

Знание о том, как часто те или иные мышцы оказываются вовлечены в паттерны спастичности, не только позволяет корректировать схемы введения ботулинического нейротоксина (БонТ), но и дает возможность создавать модели спастичности, позволяющие прогнозировать расход препарата и стоимость лечения.

**Цель** исследования — на основании оценки частоты развития спастического синдрома в мышцах конечностей у пациентов после инсульта разработать клинические модели синдрома спастичности для применения препаратов БонТ.

**Пациенты и методы.** Обследованы 129 пациентов обоих полов в возрасте  $61,2 \pm 8,0$  года с постинсультной спастичностью (время, прошедшее с момента инсульта, — в среднем  $4,6 \pm 2,2$  года). На спастичность были проверены 27 мышц: плечевого пояса ( $n=3$ ), верхней ( $n=9$ ) и нижней ( $n=15$ ) конечностей. Использовались оригинальные методики мануального тестирования (ММТ) спастичности, шкала Тардые (Tardieu scale, TS).

**Результаты и обсуждение.** Получены следующие данные о частоте встречаемости спастичности в мышцах руки: pectoralis major, brachioradialis, pronator teres, fl. carpi radialis, fl. digitorum profundus et superficialis, fl. pollicis long. — свыше 70%, subscapularis — 61%, brachialis — 56,6%, biceps brachii — 35,8%. Частота встречаемости спастичности в мышцах ноги: semitendinosus, semimembranosus, fl. digitorum long. — 37,5%, gracilis — 21,4%, cap. med. gastrocnemius — 48%, tibialis post. — 39,2%, soleus — 19,6%, fl. hallucis long. — 23%. Не выявлено спастичности в аддукторах бедра; низкая частота встречаемости спастичности была характерна для fl. digitorum brev. и fl. hallucis brev. (<10%), tibialis ant., rectus femoris (<5%); biceps femoris, teres major, fl. carpi ulnaris и cap. lat. gastrocnemius (<2%). На основании выявленной частоты встречаемости спастичности созданы четыре модели пациентов со спастичностью в руке и пять моделей со спастичностью в ноге с расчетом необходимых доз препаратов БонТ.

**Заключение.** Предложены модели спастичности, которые позволяют рассчитывать затраты на лечение, учитывать при диагностике спастичности частоту вовлеченности определенных мышц, отслеживать реабилитационную динамику по переходу пациента из одной клинической модели в другую.

**Ключевые слова:** тестирование спастичности; частота спастичности; ботулинический нейротоксин; спастичность; модели (паттерны) спастичности; постинсультная реабилитация.

**Контакты:** Александр Павлович Коваленко; [kvlnko73@gmail.com](mailto:kvlnko73@gmail.com)

**Для ссылки:** Коваленко АП, Вознюк ИА, Мисиков ВК. Синдром спастичности при церебральной патологии: диагностика и клинические модели. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2021;13(5):68–75. DOI: 10.14412/2074-2711-2021-5-68-75

## Spasticity syndrome in cerebral pathology: evaluation and clinical models

Kovalenko A.P.<sup>1</sup>, Voznyuk I.A.<sup>1,2</sup>, Misikov V.K.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia, Saint Petersburg; <sup>2</sup>I.I. Janelidze St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine, Saint Petersburg; <sup>3</sup>M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow  
<sup>1</sup>6, Academician Lebedev St., Saint Petersburg 194044, Russia; <sup>2</sup>3, Budapestskaya St., lit. A, Saint Petersburg 192242, Russia; <sup>3</sup>61/2, Shchepkin St., Build. 1, Moscow 129110, Russia

Knowing the frequency of spasticity patterns in different muscles allows correcting the botulinum neurotoxin (BoNT) administration schemes and creating spasticity models that could predict the drug consumption and treatment cost.

**Objective:** to develop clinical spasticity models based on the frequencies of the spastic syndrome in the muscles of the extremities in post-stroke patients to optimize BoNT administration.

**Patients and methods.** We examined 129 patients of both sexes aged  $61.2 \pm 8.0$  years with post-stroke spasticity (mean time after the stroke —  $4.6 \pm 2.2$ ). Twenty-seven muscles were tested for spasticity: shoulder girdle ( $n=3$ ), upper ( $n=9$ ) and lower ( $n=15$ ) extremities. We used the original manual testing methods (MTM) of spasticity and the Tardieu scale (TS).

**Results and discussion.** We observed the following frequencies of spasticity in the arm muscles: pectoralis major, brachioradialis, pronator teres, fl. carpi radialis, fl. digitorum profundus et superficialis, fl. pollicis long. — over 70%, subscapularis — 61%, brachialis — 56.6%, biceps brachii — 35.8%. Frequencies of spasticity in the leg muscles were: semitendinosus, semimembranosus, fl. digitorum long. — 37.5%, gracilis — 21.4%, cap. med. gastrocnemius — 48%, tibialis post. — 39.2%, soleus — 19.6%, fl. hallucis long. — 23%. There was no spasticity in the hip adductors; low spasticity incidence was seen in fl. digitorum brev. et fl. hallucis brev. (<10%), tibialis ant., rectus femoris (<5%); biceps femoris, teres major, fl. carpi ulnaris, and cap. lat. gastrocnemius (<2%). Based on the frequency of identified spastic patterns, we created four models of patients with arm spasticity and five models — with leg spasticity with the calculation of the necessary doses of BoNT.

**Conclusion.** We propose several spasticity models, which allow calculating the treatment costs, considering the frequency of involvement of specific muscles in spasticity evaluation, and tracking the rehabilitation follow-up of the patient's transition from one clinical model to another.

**Keywords:** spasticity testing; spasticity frequency; botulinum neurotoxin; spasticity; models (patterns) of spasticity; post-stroke rehabilitation.

**Contact:** Alexander Pavlovich Kovalenko; [kvlnko73@gmail.com](mailto:kvlnko73@gmail.com)

**For reference:** Kovalenko AP, Voznyuk IA, Misikov VK. Spasticity syndrome in cerebral pathology: evaluation and clinical models. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika* = *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2021;13(5):68–75. DOI: 10.14412/2074-2711-2021-5-68-75

Спастичность является одним из наиболее частых феноменов, возникающих после повреждения центральной нервной системы (ЦНС) [1, 2]. Один из общепризнанных методов ее лечения – внутримышечное таргетное введение ботулинического нейротоксина (БонТ). К настоящему времени эффективность данного метода не вызывает сомнений, и основное внимание специалистов ботулинотерапии привлечено к развитию навигационных методов контроля инъекций и повышению мастерства владения методикой [3, 4]. При этом проблема выявления и дифференциальной диагностики спастичных мышц остается без внимания.

Выбор мышц-мишеней для ботулинотерапии, как правило, основан на довольно разрозненных и неполных знаниях анатомии, методик мануальной терапии и формализованных списков мышц, приписанных к тому или иному паттерну спастичности. Примером последнего является широко известная работа Н. Нейтер (2009), который выделил и классифицировал паттерны спастичности верхней конечности, для каждого из которых был сформирован общий список мышц [4, 5]. При этом в случае спастичности нижней конечности вообще нет ни перечня конкретных паттернов спастичности, ни базового списка мышц [6, 7]. При выборе мышц, как правило, не учитываются функциональная анатомия и взаимное влияние мышц, а имеющаяся методическая литература в основном рассматривает способы тестирования мышц у здорового человека [8–10].

Важно, что полноценные диагностические данные о повышении мышечного тонуса после инсульта могут помочь скорректировать схемы введения БонТ и стать предпосылками для создания клинических моделей пациентов со спастичностью, позволяющих выстраивать программу реабилитации, прогнозировать расход препарата и стоимость лечения. В то же время неверная диагностика и, соответственно, низкая эффективность лечения при нерациональном использовании препаратов БонТ отрицательно сказываются на результатах и стоимости реабилитации пациентов с повреждениями ЦНС [11, 12].

**Цель исследования** – на основании оценки частоты развития спастического синдрома в мышцах конечностей у пациентов после инсульта разработать клинические модели синдрома спастичности для применения препаратов БонТ.

**Пациенты и методы.** Обследованы 129 пациентов (81 мужчина и 48 женщин) в возрасте  $61,2 \pm 8,0$  года с постинсультной спастичностью (время, прошедшее с момента инсульта, – в среднем  $4,6 \pm 2,2$  года). На наличие спастичности были протестированы 27 мышц, в том числе: плечевого пояса ( $n=3$ ), верхней ( $n=9$ ) и нижней конечности ( $n=15$ ). Использовались: оригинальная методика мануального мышечного тестирования (ММТ) спастичности, шкала Тардье (Tardieu scale, TS) [4, 13, 14]. В процессе работы использо-

вался препарат БонТ – инкобобулотоксин (Ксеомин). Выбор препарата был обусловлен доказанной в исследовании TOWER возможностью безопасного использования в дозах до 800 ЕД, что необходимо для полного лечения гемисиндрома спастичности [15, 16].

Система тестирования и диагностики спастичных мышц, включающая в себя качественную оценку с помощью мануальных методов и количественный анализ с помощью оригинальной методической разработки TS, была разработана на основании клинической практики и литературных источников [8–10, 13, 17–20].

При оформлении методики ММТ были сформулированы следующие основные принципы тестирования спастичности:

**1. При дифференцировке мышц:**

- по количеству задействованных суставов;
- по количеству имеющихся функций.

**2. По применяемым приемам наблюдения:**

- визуально;
- пальпаторно;
- под ультразвуковым контролем.

**3. По используемым приемам тестирования:**

- выполнение движения в определенной плоскости;
- выполнение движения, характерного только для конкретной мышцы;
- выполнение движения на провокацию стретч-рефлекса;
- выполнение серии движений, затрагивающих разное количество суставов.

Методы ММТ формировались для каждой мышцы. Для создания полноценной системы тестирования использовались: известные в медицинской практике методы дифференциальной диагностики (грацилис-тест, тесты Silfverskiöld, Дункана–Эла и др.) и их оригинальные модификации (тест на спастичность в медиальной головке икроножной мышцы); собственные оригинальные разработки (тест на спастичность задней большеберцовой мышцы, алгоритм выявления спастичности в сгибателях пальцев кисти и др.) [8–10, 17–20].

Предложена оригинальная методика тестирования мышц верхней и нижней конечностей: подлопаточной (*m. subscapularis*), плечевой (*m. brachialis*), сгибателей кисти (*m. flexor carpi radialis*, *m. flexor carpi ulnaris*), сгибателей пальцев кисти и длинного сгибателя большого пальца (*m. flexor digitorum superficialis*, *m. flexor digitorum profundus*, *m. flexor pollicis longus*), приводящих (*m. adductor magnus*, *m. adductor longus*, *m. adductor brevis*), икроножной (*m. gastrocnemius*), задней большеберцовой (*m. tibialis posterior*) и сгибателей пальцев стопы (*m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus*, *m. flexor digitorum brevis*, *m. flexor hallucis brevis*) [4, 17–21]. Разработаны авторские алгоритмы для дифференциальной ди-

Таблица 1. Мышцы, формирующие спастичность верхней и нижней конечностей у пациентов с постинсультной спастичностью

Table 1. Muscles responsible for upper and lower extremities spasticity in patients with post-stroke spasticity

Мышцы верхней конечности	Вовлеченность в синдром спастичности (n=120), n (%)
<i>Pectoralis major</i>	97 (80,8)
<i>Subscapularis</i>	72 (60)
<i>Teres major — latissimus dorsi*</i>	11 (9,2)
<i>Brachialis</i>	67 (55,8)
<i>Biceps brachii</i>	42 (35)
<i>Brachioradialis</i>	95 (79,2)
<i>Flexor carpi ulnaris</i>	2 (1,6)
<i>Flexor carpi radialis</i>	102 (85)
<i>Pronator teres</i>	90 (75)
<i>Flexor digitorum superficialis</i>	115 (95,8)
<i>Flexor digitorum profundus</i>	108 (90)
<i>Flexor pollicis longus</i>	102 (85)
Мышцы нижней конечности	Вовлеченность в синдром спастичности (n=113), n (%)
<i>Semitendinosus</i>	60 (53)
<i>Semimembranosus</i>	60 (53)
<i>Biceps femoris</i>	1 (0,8)
<i>Rectus femoris</i>	1 (0,8)
<i>Vastus lateralis, medialis et intermemiamedialis</i>	0
<i>Gastrocnemius</i>	66 (58,4)
<i>Soleus</i>	28 (25)
<i>Tibialis posterior</i>	55 (49)
<i>Tibialis anterior</i>	7 (6)
<i>Flexor digitorum longus</i>	39 (34,5)
<i>Flexor hallucis longus</i>	34 (30)
<i>Flexor digitorum brevis</i>	11 (9,7)
<i>Flexor hallucis brevis</i>	9 (8)
<i>Gracilis</i>	36 (32)
<i>Adductor magnus</i>	0
<i>Adductor brevis</i>	0

Примечание. \**M. teres major* и *m. latissimus dorsi* действуют как единая функциональная единица.

агностики спастичности мышц предплечья, мышц, приводящих бедро, и мышц — супинаторов стопы [4, 21–23]. Собранные и адаптированы опубликованные ранее методические приемы для мышц, пронирующих предплечье (*m. flexor carpi radialis*, *m. pronator teres*), мышц кисти (*m. flexor pollicis brevis*, *m. adductor pollicis*, *m. opponens pollicis*), тонкой мышцы (*m. gracilis*), подвздошно-поясничной (*m. iliopsoas*), большой ягодичной мышцы (*m. gluteus maximus*), четырехглавой бедра (*m. quadriceps femoris*), камбаловидной (*m. soleus*) и икроножной (*m. gastrocnemius*) мышц [14, 17–20, 22, 23].

При анализе спастичных мышц нижней конечности были использованы предложенные нами в 2017 г. два основных встречающихся у пациентов с последствиями инсульта паттерна — динамический (ДП) и статический (СП) [21].

Приемы, включенные в систему оценки пареза и спастичности по Тардые, использовались в данной работе для подтверждения выявленной ММТ спастичности [13]. Количественный анализ спастичности по Тардые в данной публикации не представлен.

Таблица 2. Мышцы, формирующие паттерны спастичности верхней конечности по Н. Хефтер

Table 2. Muscles that form upper limb spasticity patterns according to H. Hefter

Мышцы	Паттерн спастичности (n=120), n (%)	Частота спастичности мышц в пределах паттерна, n (%)
<i>Pectoralis major</i>	Тип I — 38 (31,6)	33 (86,8)
<i>Subscapularis</i>		20 (52,6)
<i>Teres major — latissimus dorsi</i>		2 (5,2)
<i>Brachialis</i>		17 (44,7)
<i>Biceps brachii</i>		12 (31,6)
<i>Brachioradialis</i>		27 (71)
<i>Flexor carpi ulnaris</i>		0
<i>Flexor carpi radialis</i>		27 (71,1)
<i>Pronator teres</i>		23 (60,5)
<i>Flexor digitorum superficialis</i>		38 (100)
<i>Flexor digitorum profundus</i>	Тип III — 51 (42,5)	36 (94,7)
<i>Flexor pollicis longus</i>		35 (92,1)
<i>Pectoralis major</i>		41 (80,4)
<i>Subscapularis</i>		36 (70,6)
<i>Teres major — latissimus dorsi</i>		5 (9,8)
<i>Brachialis</i>		30 (58,8)
<i>Biceps brachii</i>		15 (29,4)
<i>Brachioradialis</i>		45 (88,2)
<i>Flexor carpi ulnaris</i>		0
<i>Flexor carpi radialis</i>		46 (90,2)
<i>Pronator teres</i>	Тип IV — 21 (17,5)	37 (72,5)
<i>Flexor digitorum superficialis</i>		51 (100)
<i>Flexor digitorum profundus</i>		50 (98)
<i>Flexor pollicis longus</i>		47 (92,1)
<i>Pectoralis major</i>		13 (61,9)
<i>Subscapularis</i>		10 (47,6)
<i>Teres major — latissimus dorsi</i>		3 (14,3)
<i>Brachialis</i>		13 (61,9)
<i>Biceps brachii</i>		9 (16,9)
<i>Brachioradialis</i>		11 (42,3)
<i>Flexor carpi ulnaris</i>		1 (4,7)
<i>Flexor carpi radialis</i>		21 (100)
<i>Pronator teres</i>		21 (100)
<i>Flexor digitorum superficialis</i>		21 (100)
<i>Flexor digitorum profundus</i>		18 (85,7)
<i>Flexor pollicis longus</i>		17 (80,1)

Таблица 3. Мышцы, формирующие паттерны спастичности нижней конечности  
Table 3. Muscles that form lower limb spasticity patterns

Мышцы	Паттерн спастичности (n = 113), n (%)	Частота спастичности мышцы в пределах паттерна, n (%)
<i>Semitendinosus</i> <i>Semimembranosus</i> <i>Gracilis</i> <i>Biceps femoris</i> <i>Rectus femoris</i>	Динамический – 60 (53)	60 (100) 60 (100) 36 (60) 1 (1,6) 1 (1,6)
<i>Gracilis</i>	Приведение бедра – 36 (32)	36 (100)
<i>Gastrocnemius</i> <i>Soleus</i> <i>Tibialis posterior</i> <i>Tibialis anterior</i>	Статический – 81 (71,7)	65 (80,2) 28 (34,6) 55 (68) 7 (8,6)
<i>Flexor digitorum longus</i> <i>Flexor hallucis longus</i> <i>Flexor digitorum brevis</i> <i>Flexor hallucis brevis</i>	Сгибание пальцев стопы – 49 (43,4)	39 (79,6) 34 (69,4) 11 (22,4) 9 (18,4)

Таблица 4. Частота встречаемости спастичных мышц и их сочетаний с расчетом частоты выбора средних дозировок  
Table 4. Frequency of spasticity in different muscles and their combinations with the calculation of the frequency of choosing mean doses

Мышцы	Паттерн спастичности	Частота спастичности мышцы, %	Количество Ксеомина, ЕД	Частота паттерна, %	Средние дозировки препарата, ЕД
<i>Flexor digitorum superficialis</i> <i>Flexor digitorum profundus</i> <i>Flexor pollicis longus</i>	Сгибание пальцев кисти	96 90 85	60 60 20	88	113
<i>Flexor carpi radialis</i> <i>Pronator teres</i>	Пронация предплечья	85 75	60 30	57	42
<i>Brachialis</i> <i>Brachioradialis</i> <i>Biceps brachii</i>	Сгибание локтя	56 79 35	80 100 100	90	143
<i>Pectoralis major</i> <i>Subscapularis</i>	Приведение, сгибание плеча	81 60	100 80	90	116
<i>Semitendinosus</i> <i>Semimembranosus</i>	Разгибание бедра, сгибание колена	53 53	70 80	53	79
<i>Gracilis</i>	Сгибание колена, приведение бедра	32	60	32	19
<i>Gastrocnemius caput mediale</i> <i>Tibialis posterior</i>	Эквиноварус	58 49	100 100	62	66
<i>Soleus</i>	Сгибание стопы	25	80	25	20
<i>Flexor digitorum longus</i> <i>Flexor digitorum brevis</i>	Сгибание II–V пальцев стопы	35 10	40 100	43	24
<i>Flexor hallucis longus</i> <i>Flexor hallucis brevis</i>	Сгибание I пальца стопы	32 8	40 25		

**Примечание.** Средние затраты (дозировки) препарата были рассчитаны по формуле:  $(\sum (\text{Доза}_{\text{инк}} \times \text{ЧВС})) \times \text{ЧВП} = \text{Затр}_{\text{ср}}$ , где Доза<sub>инк</sub> – доза инкобупутоксина (ЕД), ЧВС – частота встречаемости спастичности мышцы, ЧВП – частота встречаемости паттерна, Затр<sub>ср</sub> – средние затраты (дозировки) препарата (ЕД) на паттерн.

Для оптимизации расчета расхода препарата, прогноза его потребности и удобства использования в практике нами были разработаны модели пациентов [24].

Приведенные данные были получены в рамках научно-исследовательской работы (НИР) 2-й категории, шифр «Спастичность». Протокол НИР был одобрен локальным этическим комитетом Военно-медицинской академии. Обследованные были проинформированы о целях исследования и подписали информированное согласие [16]. В публикации представлены данные, обработанные методами описательной статистики.

**Результаты.** Выявлено 104 пациента (80,6%) с гемисиндромом спастичности, 16 (12,4%) пациентов со спастичностью только в руке и 9 (7%) пациентов со спастичностью только в ноге.

При проведении ММТ для каждой из мышц была рассчитана частота встречаемости в синдроме спастичности (табл. 1).

Выявляется низкая частота спастичности: *m. flexor carpi ulnaris*, *m. biceps femoris*, *m. rectus femoris*, *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. vastus intermedius*, *m. adductor magnus*, *m. adductor brevis* (менее чем 4–5% случаев) и *teres major* – *latissimus dorsi*, *m. tibialis anterior*, *m. flexor digitorum brevis*, *m. flexor hallucis brevis* (от 6 до 9,7%; см. табл. 1). При нали-



ции спастичности в данном сегменте в ней практически всегда участвуют и имеют частоту выше 50–60% в руке и 20–30% в ноге следующие мышцы: *m. pectoralis major*, *m. subscapularis*, *m. brachioradialis*, *m. brachialis*, *m. flexor carpi radialis*, *m. pronator teres*, *m. flexor digitorum superficialis*, *m. flexor digitorum profundus*, *m. flexor pollicis longus*, *m. semitendinosus*, *m. semimembranosus*, *m. gracilis*, *m. gastrocnemius*, *m. tibialis posterior*, *m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus*.

При обследовании пациентов (n=120) по паттернам спастичности по Н. Негтер было выявлено, что частота встречаемости II и V типов у пациентов с последствиями инсульта составляет 7 (5,8%) и 3 (2,5%) соответственно, что позволяет исключить эти данные из анализа. Распределение по оставшимся типам спастичности в руке было следующим (табл. 2): I – 38 (31,6%), III – 51 (42,5%) и IV – 21 (17,5%).

Высокая частота спастичности *m. brachioradialis* всех трех типов (52,6; 93,3; 66,7%) и во всех сгибателях пальцев кисти (от 80 до 100%) позволяет считать их основными мышцами-мишенями для инъекций БоНТ. Так же высока частота встречаемости спастичности в мышцах, участвующих в пронаторной спастичности: *m. flexor carpi radialis* (71–100%) и *m. pronator teres* (60–100%). Ограничение движения, связанное со спастичностью *m. subscapularis* и *m. pectoralis major* в плечевом суставе, встречалось достаточно часто во всех трех паттернах (от 61 до 86%).

После исключения больных с изолированным синдромом спастичности в руке общее число пациентов соста-

вило 113 человек. Основой клинической картины ДП является укорочение шага, связанное со спастичностью мышц задней поверхности бедра. В основе СП лежит эквиноварусная установка стопы, вызванная спастичностью мышц задней поверхности голени (табл. 3).

В 25% случаев СП и ДП сочетаются друг с другом. Спастичность в сгибателях пальцев стопы может встречаться при обоих паттернах, но в 75% случаев она сочетается со СП. В основе ДП лежит повышение тонуса и/или мышечно-сухожильная контрактура в *m. semitendinosus* и *m. semimembranosus*, у 36 (60%) пациентов сочетающаяся со спастичностью в *m. gracilis*. При СП спастичность чаще всего выявлялась в медиальной головке *m. gastrocnemius* (80%) и *m. tibialis posterior* (68%), тем не менее свою лепту в формирование паттерна вносят и *m. flexor digitorum longus*, *m. flexor hallucis longus*, *m. soleus* (34%), спастичность в которой преимущественно (до 90%) сочетается со спастичностью в *m. gastrocnemius*.

Используя полученные данные, на примере инкоботороксина (Ксеомин) мы произвели расчет средних дозировок и вычислили их доли в общих затратах на лечение (табл. 4). Данные для анализа были распределены по отдельности в каждом сегменте конечности или типе характерного для спастичности движения.

Таким образом, в случае спастичности в зависимости от индивидуального паттерна или их сочетаний необходимо: в мышцах верхней конечности – от 140 до 450 ЕД Ксео-

Таблица 5. Модели пациентов с последствиями инсульта со спастичностью в руке

Table 5. Models of post-stroke patients with arm spasticity

Модель	Паттерн спастичности	Мышца	Ксеомин, ЕД
1A	Сгибание запястья, II–V пальцев и большого пальца	<i>Flexor digitorum superficialis</i>	60
		<i>Flexor digitorum profundus</i>	60
		<i>Flexor pollicis longus</i>	20
			<b>140–180</b>
2A	Сгибание запястья, II–V пальцев и большого пальца	<i>Flexor digitorum superficialis</i>	60
		<i>Flexor digitorum profundus</i>	60
		<i>Flexor pollicis longus</i>	20
		<i>Flexor carpi radialis</i>	60
	Пронация предплечья	<i>Pronator teres</i>	30
			<b>220–270</b>
3A	Сгибание запястья, II–V пальцев и большого пальца	<i>Flexor digitorum superficialis</i>	60
		<i>Flexor digitorum profundus</i>	60
		<i>Flexor pollicis longus</i>	20
		<i>Flexor carpi radialis</i>	60
	Пронация предплечья	<i>Pronator teres</i>	30
		<i>Brachialis</i>	80
		<i>Brachioradialis</i>	100
	Сгибание локтя	<i>Biceps brachii</i>	100
			Реже, чем другие
			<b>300–400</b>
4A	Сгибание запястья, II–V пальцев и большого пальца	<i>Flexor digitorum superficialis</i>	60
		<i>Flexor digitorum profundus</i>	60
		<i>Flexor pollicis longus</i>	20
		<i>Flexor carpi radialis</i>	60
	Пронация предплечья	<i>Pronator teres</i>	30
		<i>Brachialis</i>	80
		<i>Brachioradialis</i>	100
	Сгибание локтя	<i>Biceps brachii</i>	100
		<i>Pectoralis major</i>	100
		<i>Subscapularis</i>	80
	Невозможность отведения плеча и вытягивания руки		Чаше одна-две из двух
			<b>400–450</b>

мина (в среднем — 414 ЕД); в мышцах нижней конечности — от 150 до 450 ЕД Ксеомина (в среднем — 208 ЕД) или, в случае гемисиндрома спастичности, — от 350 до 800 ЕД Ксеомина (в среднем — 622 ЕД).

Выделение определенной модели происходило после оценки положения конечности по сегментам или типа характерного для спастичности движения в отдельно взятом суставе (табл. 5, 6).

На основании полученных данных на примере цены одного флакона 100 ЕД инкоботулотоксина (Ксеомин) — 10 тыс. рублей — можно рассчитать стоимость препарата для обеспечения лечебной программы для каждой модели спастичности (табл. 7).

**Обсуждение.** За последние 10 лет единственным примером выделения специфических паттернов спастичности являются выделенные нами СП и ДП для мышц нижней ко-

нечности пациентов с инсультом [21]. При этом в паттернах спастичности в руке по Н. Heftner [5] наш анализ показал совпадение до 80% мышц, т. е. выделенные Н. Heftner паттерны не приводят к должной дифференциальной диагностике и не позволяют принять решение о выборе мышц-мишеней. Из этого следует, что, видимо, целесообразнее применять модульный (сегментарный) подход, рассматривая каждый сегмент (сустав и мышцы, влияющие на него) конечности по отдельности и формировать индивидуальный портрет пациента, суммируя спастичность, выявленную в каждом из сегментов, но этого возможно достичь, только применяя мануальное мышечное тестирование спастичности.

До настоящего времени никто не пытался оформить и систематизировать тестирование спастичности в законченную методику. В основном встречаются описания отдельных приемов, используемых при спастичности, или по-

Таблица 6. Модели пациентов с последствиями инсульта со спастичностью в ноге

Table 6. Models of post-stroke patients with leg spasticity

Модель	Паттерн спастичности	Мышца	Ксеомин, ЕД
1L	ДП	<i>Semitendinosus</i>	80
		<i>Semimembranosus</i>	100
		<i>Gracilis</i>	80
		<i>Biceps femoris</i>	140
		Очень редко бывают задействованы все мышцы, поэтому чаще всего средняя доза	200–260
2L	СП	<i>Gastrocnemius caput mediale</i>	Почти всегда 100
		<i>Tibialis posterior</i>	Чаше одна из мышц 100
		<i>Soleus</i>	в комбинации 80
		<i>Tibialis anterior</i>	с <i>m. gastrocnemius caput mediale</i> 80
		Очень редко бывают задействованы все мышцы, поэтому чаще всего средняя доза	200–250
3L	ДП	<i>Semitendinosus</i>	80
		<i>Semimembranosus</i>	100
		<i>Gracilis</i>	80
		<i>Biceps femoris</i>	140
	СП	<i>Gastrocnemius caput mediale</i>	Почти всегда 100
		<i>Tibialis posterior</i>	Обычно одна из мышц 100
		<i>Soleus</i>	в комбинации 80
		<i>Tibialis anterior</i>	с <i>m. gastrocnemius caput mediale</i> 80
		Никогда не бывают задействованы все мышцы, поэтому средняя доза	400–450
4L	СП	<i>Gastrocnemius caput mediale</i>	Почти всегда 100
		<i>Tibialis posterior</i>	Обычно одна из мышц 100
		<i>Soleus</i>	в комбинации 80
		<i>Tibialis anterior</i>	с <i>m. gastrocnemius caput mediale</i> 80
	Сгибание II–V пальцев и большого пальца стопы	<i>Flexor digitorum longus</i>	В целом чаще, чем коротких сгибателей, и <i>m. flexor digitorum longus</i> 40
		<i>Flexor hallucis longus</i>	чаще <i>m. flexor hallucis longus</i> 40
		<i>Flexor digitorum brevis</i>	Редко сочетание длинных и коротких сгибателей 100
		<i>Flexor hallucis brevis</i>	и коротких сгибателей 30
		Никогда не бывают задействованы все мышцы, чаще всего средняя доза	250–300
5L	ДП	<i>Semitendinosus</i>	80
		<i>Semimembranosus</i>	100
		<i>Gracilis</i>	80
		<i>Biceps femoris</i>	140
	СП	<i>Gastrocnemius caput mediale</i>	Почти всегда 100
		<i>Tibialis posterior</i>	Обычно одна из мышц 100
		<i>Soleus</i>	в комбинации 80
		<i>Tibialis anterior</i>	с <i>m. gastrocnemius caput mediale</i> 80
	Сгибание II–V пальцев и большого пальца стопы	<i>Flexor digitorum longus</i>	В целом чаще, чем коротких сгибателей, <i>m. flexor digitorum longus</i> 40
		<i>Flexor hallucis longus</i>	чаще <i>m. flexor hallucis longus</i> 40
		<i>Flexor digitorum brevis</i>	Редко сочетание длинных и коротких сгибателей 100
		<i>Flexor hallucis brevis</i>	и коротких сгибателей 30
		Никогда не бывают задействованы все мышцы, чаще всего средняя доза	400–500

Таблица 7. Пример расчета стоимости лечения в зависимости от модели пациента со спастичностью

Table 7. An example of calculating treatment cost depending on the model of a patient with spasticity

Модель	Количество Ксеомина, ЕД	Стоимость модели, тыс. рублей
1A	140	15,4
2A	230	25,3
3A	410	45,1
4A	530	58,3
1L	250	27,5
2L	200	22
3L	450	49,5
4L	300	33
5L	500	50

собия, посвященные тестированию мышц здорового человека [17–19]. Работа А.Л. Куренкова и соавт. 2014 г. [20] является единственной публикацией, собравшей в одном издании некоторое количество специфических тестов для оценки спастичности у детей с детским церебральным параличом. Данных о частоте спастичности отдельных мышц и попыток сформировать модели спастичности в публикациях не представлено, что не удивительно, учитывая отсутствие инструментария в виде ММТ спастичности.

Эта публикация завершает цикл наших работ, включивших в себя разработку диагностики и метрической оценки спастичности, способ лечения и контроль его эффективности, разработанную методологию навигационного контроля, и позволяет говорить о формировании полноценной медицинской технологии лечения спастичности [4, 13, 21–24].

В ходе проведенной работы впервые был создан и оформлен метод мануального тестирования спастичности мышц конечностей. Разработанный диагностический алгоритм показал, что выбор мышц для инъекций БоНТ, основанный на анатомическом описании их функции и типе паттерна в виде рисунка (фотографии или графического изображения), на практике не применим.

Выбор в качестве мышцы-мишени для инъекции БоНТ двуглавой мышцы плеча (*m. biceps brachii*), локтевого сгибателя кисти (*m. flexor carpi ulnaris*), прямой (*m. rectus femoris*) и двуглавой мышц бедра (*m. biceps femoris*), приводящих мышц (*mm. adductores femoris*), передней большеберцовой мышцы (*m. tibialis anterior*) и коротких сгибателей пальцев стопы (*m. flexor digitorum brevis* и *m. flexor hallucis brevis*) у пациента после инсульта чаще всего является ошибочным. Применение разработанного диагностического алгоритма показало значимое вовлечение в синдром спастичности мышц, инъекции в которые редко встречаются в практике: подлопаточной (*m. subscapularis*), тонкой (*m. gracilis*), длинных сгибателей пальцев стопы и медиальной головки икроножной мышцы (*m. gastrocnemius caput mediale*).

Предложенные оригинальные тесты и алгоритмы дифференциальной диагностики спастичности в мышцах предплечья и кисти, тесты подлопаточной мышцы, задней большеберцовой мышцы, медиальной головки икроножной мышцы, сгибателей пальцев стопы, дифференцировки аддукторов позволяют провести качественную дифференциальную диагностику мышц, вовлеченных в спастичность.

**Заключение.** Разработанные клинические модели спастичности позволяют рассчитывать затраты на лечение определенной модели спастичности, учитывать при диагностике спастичности частоту вовлеченности тех или иных мышц, отслеживать реабилитационную динамику по переходу пациента из одной клинической модели в другую.

Следует отметить, что сведения о частоте встречаемости спастического синдрома у пациентов после инсульта и разработанные алгоритмы диагностики не могут быть корректно использованы у пациентов со спастичностью, возникшей после повреждения ЦНС иной этиологии. Полученные результаты можно расценивать как концептуальную основу для дальнейшего изучения вопроса.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Brashear A, editor; Elovic E, associate editor. Spasticity: diagnosis and management. 2<sup>nd</sup> ed. Demos Medical Publishing; 2016. 139 p. ISBN 978-1-62070-072-3.
- Искра ДА, Коваленко АП, Кошкарёв МА, Дыскин ДЕ. Спастичность: от патофизиологии к лечению. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018;118(10):108-14. doi: 10.17116/jnevro2018118101108 [Iskra DA, Kovalenko AP, Koshkarev MA, Dyskin DE. Spasticity: from pathophysiology to treatment. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2018;118(10):108-14. doi: 10.17116/jnevro2018118101108 (In Russ.)].
- Wissel J, Ward AB, Erztgaard P, et al. European consensus table on the use of botulinum toxin type A in adult spasticity. *J Rehabil Med*. 2009 Jan;41(1):13-25. doi: 10.2340/16501977-0303
- Коваленко АП, Мисиков ВК. Атлас ультразвуковой визуализации мышц для ботулинотерапии. Спастичность. Диагностика и лечение: Методическое руководство. Москва – Санкт-Петербург; 2020. 264 с. ISBN 978-5-9909968-0-9 [Kovalenko AP, Misikov VK. *Atlas ultrazvukovoy vizualizatsii myshts dlya botulinoterapii. Spastichnost'. Diagnostika i lecheniye: Metodicheskoye rukovodstvo* [Atlas of ultrasound imaging of muscles for botulinum toxin therapy. Spasticity. Diagnosis and treatment: Methodological guidance]. Moscow – St. Petersburg; 2020. 264 p. ISBN 978-5-9909968-0-9 (In Russ.)].
- Hefter H, Jost WH, Reissig A, et al. Classification of posture in poststroke upper limb spasticity: a potential decision tool for botulinum toxin A treatment. *Int J Rehabil Res*. 2012 Sep;35(3):227-33. doi: 10.1097/MRR.0b013e328353e3d4
- Rousseaux M, Daveluy W, Kozlowski O, et al. Onabotulinumtoxin A for lower-limb spasticity: guidance from a delphi panel approach. *PM R*. 2017;S1934–1482(16):31113-3.
- Хатькова СЕ, Акулов МА, Орлова ОР и др. Ботулинотерапия в лечении спастичности нижней конечности. *Нервно-мышечные болезни*. 2017;(7):27. doi: 10.17650/2222-8721-2017-7-3-21-3 [Khat'kova SE, Akulov MA, Orlova OR, et al. Botulinum toxin treatment of lower extremity spasticity. *Nervno-myshechnyye bolezni = Neuromuscular Diseases*. 2017;7(3):21-35. doi: 10.17650/2222-8721-2017-7-3-21-35 (In Russ.)].

8. Валериус К-П, Колстер БК, Франк А. Мышцы. Анатомия. Движения. Тестирование. Москва: Практическая медицина; 2016. 432 с. ISBN: 9785988112969 [Valerius K-P, Frank A, Kolster BC, et al. The Muscle Book. Anatomy. Testing. Movement. Moscow: Prakticheskaya meditsina; 2016. 432 p. ISBN: 9785988112969 (In Russ.)].
9. Букуп К. Клиническое исследование костей, суставов и мышц. Тесты – симптомы – диагноз. Москва: Медицинская литература; 2008. 384 с. ISBN: 978-5-91803-009-7 [Bukup K. *Klinicheskoye issledovaniye kostey, sustavov i myshts. Testy – simptoms – diagnoz* [Clinical examination of bones, joints and muscles. Tests – Symptoms – Diagnosis]. Moscow: Meditsinskaya literatura; 2008. 384 p. ISBN: 978-5-91803-009-7 (In Russ.)].
10. Левит К, Захсе Й, Янда В. Мануальная медицина. Пер. с англ. (Manipulative Therapy. Musculoskeletal Medicine). Москва: Вильямс; 2020. 560 с. ISBN 978-5-907203-39-6 [Levit K, Zakhse Y, Yanda V. *Manual'naya meditsina* [Manipulative Therapy. Musculoskeletal Medicine]. Moscow: Williams; 2020. 560 p. ISBN 978-5-907203-39-6 (In Russ.)].
11. Kaji R, Osako Y, Suyama K, et al. Botulinum toxin type A in post-stroke upper limb spasticity. *Curr Med Res Opin*. 2010 Aug;26(8):1983-92. doi: 10.1185/03007995.2010.497103
12. Caty GD, Detrembleur C, Bleyenheuft C, et al. Effect of simultaneous botulinum toxin injections into several muscles on impairment, activity, participation, and quality of life among stroke patients presenting with a stiff knee gait. *Stroke*. 2008 Oct;39(10):2803-8. doi: 10.1161/STROKEAHA.108.516153. Epub 2008 Jul 17.
13. Коваленко АП, Мисиков ВК, Искра ДА и др. Шкала Тардье в диагностике пациентов со спастичностью. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;119(9):83-90. doi: 10.17116/jnevro201911909183 [Kovalenko AP, Misikov VK, Iskra DA, et al. Tardue scales in the diagnostic of spasticity. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2019;119(9):83-90. doi: 10.17116/jnevro201911909183 (In Russ.)].
14. Mehrholz J, Wagner K, Meilner D, et al. Reliability of the Modified Tardieu Scale and the Modified Ashworth Scale in adult patients with severe brain injury: a comparison study. *Clin Rehabil*. 2005 Oct;19(7):751-9. doi: 10.1191/0269215505cr889oa
15. Wissel J, Bensmail D, Ferreira JJ, et al. Safety and Efficacy of IncobotulinumtoxinA Doses up to 800 U in Limb Spasticity The TOWER study. *Neurology*. 2017 Apr 4;88(14):1321-8. doi: 10.1212/WNL.0000000000003789. Epub 2017 Mar 10.
16. Искра ДА, Коваленко АП, Кошкарев МА, Фрунза ДН. Комбинация миорелаксантов центрального и периферического действия в лечении постинсультной спастичности. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2019;119(12-2):51-7. doi: 10.17116/jnevro20191191251 [Iskra DA, Kovalenko AP, Koshkarev MA, Frunza DN. Combination of central and peripheral muscle relaxants in the treatment of post-stroke spasticity. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2019;119(12-2):51-7. doi: 10.17116/jnevro20191191251 (In Russ.)].
17. Simeonidis P. The Silverskiold Test. *Foot Ankle Int*. 2014. Aug;35(8):838. doi: 10.1177/1071100714535202. Epub 2014 Jul 30.
18. Van der Ploeg RJ, Oosterhuis HJ, Reuvecamp J. Measuring muscle sleight. *J Neurol*. 1984;231(4):200-3. doi: 10.1007/BF00313939
19. Delgado MR, Tilton A, Russman B, et al. AbobotulinumtoxinA for Equinus Foot Deformity in Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial. *Pediatrics*. 2016 Feb;137(2):e20152830. doi: 10.1542/peds.2015-2830. Epub 2016 Jan 26.
20. Куренков АЛ, Носко АС, Клочкова ОА и др. Методы оценки двигательного развития ребенка со спастическими формами ДЦП при выборе мышц-мишеней для инъекций препарата ботулинического токсина типа А: Методическое руководство для врачей. Москва: РКИ «Соверо пресс»; 2014. 32 с. [Kurenkov AL, Nosko AS, Klochova OA, et al. *Metody otsenki dvigatel'nogo razvitiya rebenka so spasticheskimi formami DTsP pri vybere myshts-misheney dlya inyektсий preparata botulinicheskogo toksina tipa A: Metodicheskoye rukovodstvo dlya vrachey*. Moscow: RKI «Sovero press»; 2014. 32 p. (In Russ.)].
21. Коваленко АП, Мисиков ВК. Ботулинический токсин в лечении спастичности нижней конечности при повреждениях головного мозга. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018;118(9):28-34. doi: 10.17116/jnevro201811809128 [Kovalenko AP, Misikov VK. Botulinum toxin in treatment of lower limb spasticity in patients with brain damage. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2018;118(9):28-34. doi: 10.17116/jnevro201811809128 (In Russ.)].
22. Коваленко АП, Камаева ОВ, Полещук ЮР, Ковлен ДВ. Шкалы и тесты в реабилитации и лечении пациентов со спастичностью верхней конечности. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020;120(4):107-14. doi: 10.17116/jnevro202012004110 [Kovalenko AP, Kamaeva OV, Poleshchuk YuR, Kovlen DV. Scales and tests in the rehabilitation and treatment of patients with spasticity of the upper limbs. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2020;120(4):107-14. doi: 10.17116/jnevro2020120041107 (In Russ.)].
23. Kovalenko A, Misikov V. Development and probation manual testing of spastic muscles for botulinum therapy. *Toxicon*. Pub. by Elsevier Ltd; 2021. Vol. 190, Suppl 1. P. S42-S43. doi: 10.1016/j.toxicon.2020.11.429
24. Kovalenko A, Misikov V, Sinelnikov K, et al. Spasticity. Diagnosis and treatment. Neurostimulation and Neuromodulation in Contemporary Therapeutic Practice. Chapter title: Spasticity. Diagnosis and treatment. London: Open Intech Book; 2020. P. 49-82. doi: 10.5772/intechopen.91046

Поступила/отрецензирована/принята к печати

Received/Reviewed/Accepted

15.08.2021/23.09.2021/25.09.2021

#### Заявление о конфликте интересов/Conflict of Interest Statement

Статья спонсируется компанией «Мерц». Конфликт интересов не повлиял на результаты исследования. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать. Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами.

This article has been supported by «Merz». The conflict of interest has not affected the results of the investigation. The authors are solely responsible for submitting the final version of the manuscript for publication. All the authors have participated in developing the concept of the article and in writing the manuscript. The final version of the manuscript has been approved by all the authors.

Коваленко А.П. <https://orcid.org/0000-0001-5762-5632>

Вознюк И.А. <https://orcid.org/0000-0002-0340-4110>

Мисиков В.К. <https://orcid.org/0000-0001-9765-0664>