

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **046580**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.03.27

(21) Номер заявки
202191745

(22) Дата подачи заявки
2014.07.09

(51) Int. Cl. **A61K 39/08** (2006.01)
C12N 15/75 (2006.01)
C07K 14/33 (2006.01)
C12R 1/145 (2006.01)

(54) **КАТИОННЫЕ НЕЙРОТОКСИНЫ**

(31) **1312317.9**

(32) **2013.07.09**

(33) **GB**

(43) **2022.01.31**

(62) **201690189; 2014.07.09**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ИПСЕН БАЙОИННОВЕЙШН
ЛИМИТЕД (GB)**

(72) Изобретатель:
**Андерсон Дайна Брэди, Хакетт
Гэйвин Стефен, Лю Сай Ман (GB)**

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) WO-A2-2007106799
PICKETT Andy et al. Towards New Uses of
Botulinum Toxin as a Novel Therapeutic Tool. Toxins
2011, 3, 63-81; doi:10.3390/toxins3010063 страница
67, абзац 2-страница 73, абзац 4
WO-A1-2013180799
EP-A1-2202245
RU-C2-2524429

(57) Изобретение относится к сконструированному токсину клостридий, включающему по меньшей мере одну аминокислотную модификацию, где по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 0,2 единицы выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. Изобретение также относится к применению соответствующего сконструированного токсина клостридий в терапии.

B1

046580

046580

B1

Настоящее изобретение относится к сконструированным токсинам клостридий, включающим по меньшей мере одну аминокислотную модификацию, а также к применению таких сконструированных токсинов клостридий в медицине и терапии.

Бактерии рода *Clostridia* продуцируют в высокой степени активные и специфические белковые токсины, обладающие способностью повреждать нейроны и другие клетки, в которые они проникают. Примерами таких токсинов клостридий являются нейротоксины, продуцируемые *C. tetani* (TeNT) и *C. botulinum* (BoNT) серотипов А-Г, а также нейротоксины, продуцируемые *C. baratii* и *C. butyricum*.

Некоторыми из наиболее известных активных токсинов являются токсины клостридий. Так, например, средняя летальная доза (LD₅₀) ботулинических нейротоксинов для мышей составляет в пределах от 0,5 до 5 нг/кг, в зависимости от серотипа. Столбнячные и ботулинические токсины действуют посредством ингибирования функции поврежденных нейронов, а в частности, высвобождения специфических нейромедиаторов. Ботулинические токсины действуют на нервномышечный синапс и ингибируют холинэргическую передачу сигнала в периферической нервной системе, а столбнячные токсины действуют в центральной нервной системе.

По своей природе, токсины клостридий синтезируются как одноцепочечный полипептид, который подвергается посттрансляционной модификации посредством протеолитического расщепления с образованием двух полипептидных цепей, связанных друг с другом дисульфидной связью. Расщепление происходит в специфическом сайте расщепления, часто называемом сайтом активации, который локализуется между цистеиновыми остатками, образующими межцепевую дисульфидную связь. В результате этого образуется двухцепочечная молекула, которая представляет собой активную форму токсина. Двухцепочечная молекула состоит из тяжелой цепи (Н-цепи), которая имеет молекулярную массу приблизительно 100 кДа, и легкой цепи (L-цепи), которая имеет молекулярную массу приблизительно 50 кДа. Н-цепь содержит N-концевой компонент транслокации (Н_N-домен) и C-концевой нацеливающий компонент (Н_C-домен). Сайт расщепления находится L-цепью и компонентами домена транслокации. После связывания Н_C-домена с его нейроном-мишенью и интернализации связанного токсина в клетку посредством эндосомы, Н_N-домен перемещает L-цепь через мембрану эндосомы и цитозоль, и эта L-цепь обеспечивает протеазную функцию (также известную как нецитотоксическая протеаза).

Нецитотоксические протеазы действуют посредством протеолитического расщепления внутриклеточных транспортных белков, известных как белки SNARE (например, SNAP-25, VAMP или синтаксин) - см. Gerald K (2002) "Cell and Molecular Biology" (4th edition) John Wiley & Sons, Inc. Акроним SNARE происходит от термина "растворимый рецептор, связывающийся с NSF (Soluble NSF Attachment Receptor), где NSF означает фактор восприимчивости к N-этилмалеимиду. Белки SNARE представляют собой интегральные белки внутриклеточных везикул, которые секретируют молекулы посредством транспорта везикулы из клетки. Протеазной функцией является цинк-зависимая эндопептидазная активность, где такая протеазная функция обеспечивает высокую степень специфичности белков SNARE к субстрату. В соответствии с этим, нецитотоксическая протеаза, после ее проникновения в нужную клетку-мишень, обладает способностью ингибировать клеточную секрецию из клетки-мишени. L-цепевые протеазы токсинов клостридий представляют собой нецитотоксические протеазы, расщепляющие белки SNARE.

Поскольку белки SNARE широко распространены в природе, то токсины клостридий, такие как ботулинический токсин, с успехом применяются в способах терапии широкого ряда.

Так, например, авторы ссылаются на публикацию William J. Lipham, *Cosmetic and Clinical Applications of Botulinum Toxin* (Slack, Inc., 2004), в которой описано применение токсинов клостридий в различных терапевтических и косметических целях, например, таких токсинов, как ботулинические нейротоксины (BoNTs), BoNT/A, BoNT/B, BoNT/C1, BoNT/D, BoNT/E, BoNT/F и BoNT/G и столбнячный нейротоксин (TeNT), используемые для ингибирования трансмиссии нейронов, например, применение БОТОХ™, который в настоящее время используется как терапевтическое средство для лечения таких заболеваний, как: ахалазия, спазмы у взрослых, трещины в анальной области, боли в спине, блефароспазм, бруксизм, цервикальная дистония, эссенциальный тремор, образование глабеллярных складок или гиперкинетических лицевых складок, головная боль, спазмы в гемифациальной области, гиперактивность мочевого пузыря, гипергидроз, ювенильный церебральный паралич, рассеянный склероз, болезнь "пляшущих глаз", образование морщин в области переносицы, спастическая дисфония, косоглазие и нервное расстройство VII. Кроме того, описано терапевтическое применение токсинов клостридий для лечения нервно-мышечных расстройств (см. патент США 6872397); для лечения заболеваний матки (см. заявку США 2004/0175399); для лечения язв и гастроэзофагального рефлюкса (см. заявку США 2004/0086531); для лечения дистонии (см. патент США 6319505); для лечения глазных болезней (см. заявку США 2004/0234532); для лечения блефароспазма (см. заявку США 2004/0151740); для лечения косоглазия (см. заявку США 2004/0126396); для купирования болей (см. патенты США 6869610, 6641820, 6464986 и 6113915); для лечения фибромиалгии (см. патент США 6623742, заявку США 2004/0062776); для купирования болей в нижней части спины (см. заявку США 2004/0037852); для лечения мышечных повреждений (см. патент США 6423319); для купирования головной боли в области синуса (см. патент США 6838434); для купирования головной боли напряжения (см. патент США 6776992); для купирования головной боли (см. патент США 6458365); для головной боли при мигрени (см. патент США

5714469); для лечения сердечно-сосудистых заболеваний (см. патент США 6767544); для лечения нервных расстройств, таких как болезнь Паркинсона (см. патенты США 6620415 и 6306403); для лечения нервно-психических расстройств (см. заявки США 2004/0180061 и 2003/0211121); для лечения эндокринных заболеваний (см. патент США 6827931); для лечения заболеваний щитовидной железы (см. патент США 6740321); для лечения заболеваний потовых желез, вызываемых действием холинергических рецепторов (см. патент США 6683049); для лечения диабета (см. патенты США 6337075 и 6416765); для лечения заболевания поджелудочной железы (см. патенты США 6261572 и 6143306); для лечения рака, такого как рак кости (см. патенты США 6565870, 6368605 и 6139845, и заявку США 2005/0031648); для лечения ушных болезней (см. патенты США 6358926 и 6265379); для лечения вегетативных расстройств, таких как расстройства мышц желудочно-кишечного тракта и других дисфункций гладких мышц (см. патент США 5437291); для лечения кожных поражений, ассоциированных с кожными клеточно-пролиферирующими заболеваниями (см. патент США 5670484); для лечения нейрогенных воспалительных расстройств (см. патент США 6063768); для снижения потери волос и стимуляции роста волос (см. патент США 6299893); для лечения косоротия (см. патент США 6358917); для снижения аппетита (см. заявку США 2004/40253274); для лечения и удаления зубов (см. заявку США 2004/0115139); для лечения нервно-мышечных расстройств и патологий (см. заявку США 2002/0010138); для лечения различных расстройств и состояний и для купирования боли, вызываемой такими расстройствами и состояниями (см. заявку США 2004/0013692); для лечения состояний, вызываемых гиперсекрецией слизистой, таких как астма и ХОБЛ (см. заявку WO 00/10598); и для лечения состояний, не относящихся к нервным расстройствам, таких как воспаление, эндокринные расстройства, экзокринные расстройства, иммунологические расстройства, сердечно-сосудистые заболевания, заболевания костей (см. заявку WO 01/21213). Все вышеуказанные публикации во всей своей полноте вводятся в настоящее описание посредством ссылки.

Предполагается, что нецитотоксические протеазы, такие как токсины клостридий (например, BoNT и TeNT), могут быть использованы для терапевтического лечения человека и других млекопитающих, а также в косметике, и кроме того, эти протеазы могут быть использованы для лечения заболеваний и расстройств широкого ряда, которые могут поддаваться лечению под действием полезных свойств этих токсинов.

Во избежание системных неврологических эффектов, во многих способах лечения, проводимого с использованием токсинов клостридий, терапевтические токсины клостридий непосредственно вводят в данный участок-мишень (такой как ткань-мишень). Способ терапии, проводимый путем введения токсинов клостридий, связан с проблемами, заключающимися в распространении токсина за пределы участка введения и его попадания в окружающую ткань или в кровоток. Очевидно, что диффузия токсина из ткани-мишени может приводить к нежелательным побочным эффектам, которые, в исключительных случаях, могут представлять угрозу для жизни пациента. Это, в частности, касается применения терапевтических токсинов клостридий (таких как терапевтические средства BoNT) в высоких дозах, концентрациях и объемах инъекций. Побочными эффектами, связанными с проблемами, возникающими при введении коммерчески доступных терапевтических средств BoNT/A, являются астения, общая мышечная слабость, диплопия, блефароптоз, дисфагия, дисфония, дисартрия, недержание мочи и затруднение дыхания. Затруднение глотания и дыхания могут представлять угрозу для жизни, и, как сообщалось, могут приводить к летальному исходу в результате распространения токсинов с цитотоксическим действием.

Поэтому, необходимо получить такие токсины клостридий, которые, в отличие от известных токсинов клостридий, обладали бы повышенной способностью удерживаться в ткани на участке их введения и пониженной способностью диффундировать из участка введения.

Настоящее изобретение позволяет решить вышеуказанные проблемы путем конструирования токсинов клостридий, заявленных в настоящем изобретении.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к сконструированному токсину клостридий, включающему по меньшей мере одну аминокислотную модификацию, где по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению pI сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 0,4 единицы выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению pI сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 0,5 единицы выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению pI сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на

0,6 единицы выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению pI сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 0,8 единицы выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. В другом из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению pI сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 1 единицу выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к сконструированному токсину клостридий, включающему по меньшей мере одну аминокислотную модификацию, где по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

В некоторых вариантах осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий содержит по меньшей мере 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 или 8 0 аминокислотных модификаций.

В некоторых вариантах осуществления изобретения, по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению pI сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 2, 3, 4 или 5 единиц pI выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

Авторами настоящего изобретения было обнаружено, что при увеличении pI токсина клостридий, например, по меньшей мере на 0,2 единицы pI или на 0,5 единицы pI или на одну единицу pI (посредством введения в белковый токсин клостридий по меньшей мере одной аминокислотной модификации), способность полученного сконструированного токсина клостридий к удерживанию в ткани преимущественно повышается, а его способность диффундировать из участков введения снижается, при сохранении способности клеток-мишеней к связыванию с белком(ами)-мишенью(ями) SNARE, а также способность к транспорту этого(их) белка(ов) и к его (их) расщеплению. Таким образом, степень распространения токсина клостридий из участка введения значительно снижается по сравнению со степенью распространения какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

Сконструированные токсины клостридий согласно изобретению могут быть применены в любом из описанных выше способов лечения, и эти токсины, по сравнению с известными терапевтическими токсинами клостридий, дают преимущественно меньше побочных эффектов, или вообще не дают побочных эффектов.

Повышенная способность сконструированных токсинов клостридий согласно изобретению к удерживанию в ткани также обеспечивает их повышенную активность и/или более продолжительное действие, а поэтому, эти токсины, по сравнению с известными терапевтическими токсинами клостридий, могут быть использованы в более низких дозах (или в более высоких дозах без каких-либо других побочных эффектов), что указывает на их дополнительные преимущества.

Как подробно обсуждается ниже, увеличение pI, достигаемое путем введения по меньшей мере одной аминокислотной модификации, означает, что сконструированный токсин клостридий согласно изобретению имеет, при данном pH, суммарный заряд, превышающий суммарный заряд какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации. Не ограничиваясь какой-либо конкретной теорией, авторы лишь отмечают, что такой повышенный положительный заряд сообщает сконструированным токсинам клостридий согласно изобретению способность удерживаться в ткани на участке введения в течение более длительного периода времени, что обусловлено благоприятными электростатическими взаимодействиями между сконструированным токсином клостридий и анионными внеклеточными компонентами (такими как клеточные мембраны и протеогликаны на основе сульфата гепарина) на участке введения. Такие благоприятные электростатические взаимодействия снижают способность сконструированного токсина клостридий диффундировать из участка введения и, тем самым, увеличивают время удерживания в ткани.

Так, например, повышенная способность сконструированного токсина клостридий согласно изобретению удерживаться в ткани позволяет вводить (i) более высокие дозы этого токсина в отдельные мышцы, такие как грудино-ключично-сосцевидные мышцы, без опасения распространения этого токсина на участки, находящиеся рядом с шейными мышцами, которое приводит к затруднению глотания, и (ii) более высокие общие дозы (во все мышцы) за один курс терапии, без опасения распространения этого токсина в кровотоки, которое вызывает системные побочные эффекты, такие как затруднение дыхания. Для пациентов, преимущество такого введения токсина заключается в том, что оно обеспечивает более эффективное лечение заболеваний крупных мышц, таких как грудино-ключично-сосцевидные мышцы, и

позволяет вводить инъекции в несколько различных мышц в каждом отдельном курсе лечения, а также, благодаря введению более высоких доз, проводить, по возможности, более продолжительное эффективное лечение (в течение более длительного периода времени до проведения повторного цикла лечения, если в нем возникнет необходимость).

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий, используемый в настоящем изобретении, имеет положительный суммарный заряд (например, если указанный сконструированный токсин клостридий локализуется в нужном участке введения в ткань).

Изоэлектрическая точка (pI) является специфическим параметром данного белка. Как хорошо известно специалистам, белки состоят из специфической аминокислотной последовательности (также называемой аминокислотными остатками белка). Каждая аминокислота стандартного набора из двадцати аминокислот имеет конкретную боковую цепь (или группу R), а это означает, что каждый аминокислотный остаток в белке обладает различными химическими свойствами, такими как зарядовые свойства и гидрофобность. На эти свойства могут влиять химическое окружение белка, такое как его температура и pH. Общие химические свойства белка зависят от суммы этих различных факторов.

Некоторые аминокислотные остатки (подробно описанные ниже) имеют ионизируемые боковые цепи, которые могут нести определенный электрический заряд в зависимости от pH окружающей среды. Является ли боковая цепь заряженной или незаряженной при данном pH, зависит от pKa релевантной ионизируемой группы, где pKa представляет собой отрицательный логарифм константы диссоциации кислоты (Ka) для конкретного протона, происходящего от сопряженного основания.

Так, например, кислотные остатки, такие как остатки аспарагиновой кислоты и глутаминовой кислоты, имеют карбоксильные группы боковой цепи с величинами pKa приблизительно 4,1 (точные величины pKa могут зависеть от температуры, ионной силы и микроокружения ионизируемой группы).

Таким образом, эти боковые цепи имеют отрицательный заряд при pH 7,4 (часто называемым "физиологическим pH"). При низких значениях pH, эти боковые цепи становятся протонированными и теряют свой заряд.

В противоположность этому, основные остатки, такие как лизин и аргинин, имеют азотсодержащие группы боковой цепи с величинами pKa приблизительно 10-12. Следовательно, эти боковые цепи имеют положительный заряд при pH 7,4. Такие боковые цепи становятся депротонированными и теряют свой заряд при высоких значениях pH.

Поэтому, общий (суммарный) заряд белковой молекулы зависит от числа кислотных и основных остатков, присутствующих в белке (и от степени их доступности на поверхности белка), и от pH окружающей среды. Изменение pH окружающей среды приводит к изменению общего заряда белка. В соответствии с этим, для каждого белка существует определенный pH, при котором величины положительного и отрицательного зарядов равны, а поэтому данный белок является незаряженным. Этот параметр известен как изоэлектрическая точка (pI). Изоэлектрическая точка представляет собой стандартный параметр, который используется в биохимии белков и известен специалистам в данной области.

Следовательно, изоэлектрическая точка (pI) определена как величина pH, при которой белок имеет суммарный заряд, равный нулю. Увеличение pI означает, что белку, для достижения суммарного заряда, равного нулю, требуется более высокое значение pH. Таким образом, увеличение pI означает увеличение суммарного положительного заряда белка при данном pH. И наоборот, снижение pI означает, что в данном случае, белку, для достижения суммарного заряда, равного нулю, требуется более низкое значение pH. Таким образом, снижение pI означает снижение суммарного положительного заряда белка при данном pH.

Методы определения pI белка описаны в литературе и известны специалистам в данной области. Так, например, pI может быть вычислена исходя из средних величин pKa для каждой аминокислоты, присутствующей в белке. Альтернативно, pI может быть определена экспериментально методом изоэлектрического фокусирования. В этом методе применяется электрофорез для разделения белков по их pI. Изоэлектрическое фокусирование обычно осуществляют с использованием геля, имеющего постоянный градиент pH. После приложения электрического поля, белки мигрируют в направлении градиента pH до тех пор, пока pH не достигнет значения, при котором суммарный заряд будет равен нулю, и такое значение называется pI белка.

Изоэлектрическая точка белка может быть увеличена или снижена путем изменения числа основных и/или кислотных групп, представленных на поверхности белка. Это может быть достигнуто путем модификации одной или более аминокислот белка. Так, например, увеличение pI может быть достигнуто путем уменьшения числа кислотных остатков или увеличения числа основных остатков. Такие аминокислотные модификации более подробно обсуждаются ниже.

Нативные (немодифицированные) токсины клостридий имеют pI приблизительно 5-6. Таким образом, при pH 7,4, нативные ботулинические токсины имеют суммарный отрицательный заряд. Так, например, pI для BoNT/A составляет 6,4, а молекула BoNT/A имеет суммарный заряд при pH 7,4, равный -8. Эти величины pI вычисляются как описано выше.

Таблица 1

Токсин клостридий	pI
BoNT/A	6,4
BoNT/B	5,3
BoNT/C ₁	5,5
BoNT/D	5,5
BoNT/E	6,0
BoNT/F	5,6
BoNT/G	5,2
TeNT	5,8

Как описано выше, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению включает по меньшей мере одну аминокислотную модификацию, где по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 0,2 единицы pI выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

Таким образом, в контексте настоящего изобретения, увеличение pI сконструированного токсина клостридий BoNT/A на 0,2 единицы означает увеличение pI от 6,4 до 6,6.

Как описано выше, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению включает по меньшей мере одну аминокислотную модификацию, где по меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

Таким образом, в контексте настоящего изобретения, увеличение pI сконструированного токсина клостридий BoNT/A на 1 единицу означает увеличение pI от 6,4 до 7,4.

В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная по меньшей мере одна аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на две единицы pI выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная по меньшей мере одна аминокислотная модификация способствует увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного токсина клостридий до величины, которая по меньшей мере на 2-5 единиц pI выше, чем pI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего по меньшей мере одной указанной аминокислотной модификации.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий имеет pI по меньшей мере 6 (например, по меньшей мере 6, по меньшей мере 7, по меньшей мере 8 или по меньшей мере 9).

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий имеет pI по меньшей мере 7.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий имеет pI от 6 до 10 (например, от 7 до 9 или от 8 до 9).

Как обсуждалось выше, сконструированные токсины клостридий согласно изобретению обладают повышенной способностью удерживаться в ткани, что также обеспечивает их повышенную активность и/или более продолжительное действие, а поэтому, эти токсины могут быть использованы в более низких дозах (или в более высоких дозах без каких-либо других побочных эффектов) по сравнению с известными терапевтическими токсинами клостридий. Один из показателей таких преимущественных свойств (которым является увеличение терапевтического индекса) может быть определен как "коэффициент безопасности" сконструированного токсина клостридий. С этой точки зрения, нежелательные эффекты токсина клостридий (вызываемые диффузией токсина из участка введения) могут быть экспериментально оценены путем измерения процента потери массы тела у релевантного животного-модели (например, у мыши, где потерю массы тела детектируют на 7-й день после введения). В противоположность этому, желательные эффекты нацеливания токсина клостридий на мишень могут быть экспериментально оценены с помощью анализа методом оценки абдукции пальцев задних конечностей (DAS), то есть, измерения степени паралича мышц. Анализ DAS может быть осуществлен путем инъекции 20 мкл токсина клостридий, приготовленного в желатин-фосфатном буфере, в икроножную мышцу/солнечное сплетение мышей, с последующей оценкой абдукции пальцев задних конечностей методом Aoki (Aoki KR, Toxicon 39: 1815-1820; 2001). При проведении анализа DAS, мышей на короткое время подвешивали за хвост в

целях регистрации характерного для них старт-рефлекса, при котором наблюдается удлинение задних конечностей мышей и абдукция пальцев задних конечностей. После инъекции токсина клостридий, различные степени абдукции пальцев задних конечностей вычисляют по пятибалльной шкале (0=нормальная абдукция - 4=максимальное снижение абдукции пальцев задних конечностей и удлинение стопы).

Коэффициент безопасности токсина клостридий может быть затем выражен как отношение количества токсина, необходимого для 10% снижения массы тела (измеренной при максимальном эффекте за первые семь дней после введения дозы мышам), к количеству токсина, необходимому для получения оценки по DAS, равной 2. Поэтому желательно получить высокое значение коэффициента безопасности, которое указывает на то, что данный токсин будет эффективно парализовать мышцу-мишень с минимальными нежелательными побочными эффектами. Сконструированный токсин согласно изобретению имеет коэффициент безопасности, превышающий коэффициент безопасности эквивалентного немодифицированного (нативного) ботулинического токсина.

Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению имеет коэффициент безопасности, равный по меньшей мере 8 (например, по меньшей мере 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 или 50), где коэффициент безопасности вычисляют как дозу токсина, необходимую для ~10% изменения массы тела (пг/мышь) и деленную на ED₅₀ (пг/мышь) по DAS [ED₅₀=доза, необходимая для получения оценки по DAS, равной 2].

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению имеет коэффициент безопасности, равный по меньшей мере 10. В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению имеет коэффициент безопасности, равный по меньшей мере 15.

Сконструированный токсин клостридий согласно изобретению имеет по меньшей мере одну аминокислотную модификацию. По меньшей мере одна указанная аминокислотная модификация способствует увеличению rI токсина клостридий, как обсуждалось выше. В контексте настоящего изобретения, аминокислотной модификацией является модификация аминокислотной последовательности токсина клостридий. Такая модификация может быть осуществлена путем замены одной аминокислоты в последовательности на другую аминокислоту (то есть, аминокислотной замены), путем введения новой аминокислоты в последовательность или путем делеции аминокислоты в этой последовательности. Аминокислоты, вводимые в аминокислотную последовательность белка, также называются аминокислотными остатками.

20 стандартных аминокислот, присутствующих в белках, представлены ниже:

Таблица 2

Аминокислота			Боковая цепь
Аспарагиновая кислота	Asp	D	Заряженная (кислотная)
Глутаминовая кислота	Glu	E	Заряженная (кислотная)
Аргинин	Arg	R	Заряженная (кислотная)
Лизин	Lys	K	Заряженная (основная)
Гистидин	His	H	Незаряженная (полярная)
Аспарагин	Asn	N	Незаряженная (полярная)
Глутамин	Gln	Q	Незаряженная (полярная)
Серин	Ser	S	Незаряженная (полярная)
Треонин	Thr	T	Незаряженная (полярная)
Тирозин	Tyr	Y	Незаряженная (полярная)
Метионин	Met	M	Незаряженная (полярная)
Триптофан	Trp	W	Незаряженная (полярная)
Цистеин	Cys	C	Незаряженная (полярная)
Аланин	Ala	A	Незаряженная (гидрофобная)
Глицин	Gly	G	Незаряженная (гидрофобная)
Валин	Val	V	Незаряженная (гидрофобная)
Лейцин	Leu	L	Незаряженная (гидрофобная)
Изолейцин	Ile	I	Незаряженная (гидрофобная)
Пролин	Pro	P	Незаряженная (гидрофобная)
Фенилаланин	Phe	F	Незаряженная (гидрофобная)

Заряженными аминокислотами являются следующие аминокислоты:

аспарагиновая кислота (отрицательно заряженная), глутаминовая кислота (отрицательно заряженная), аргинин (положительно заряженный) и лизин (положительно заряженный).

При pH 7,4, боковые цепи аспарагиновой кислоты (pKa 3,1) и глутаминовой кислоты (pKa 4,1) имеют отрицательный заряд, а боковые цепи аргинина (pKa 12,5) и лизина (pKa 10,8) имеют положительный заряд. Аспарагиновая кислота и глутаминовая кислота называются кислотными аминокислотными остатками. Аргинин и лизин называются основными аминокислотными остатками.

Незаряженными полярными аминокислотами (которые могут участвовать в образовании водородных связей) являются следующие аминокислоты: аспарагин, глутамин, гистидин, серин, треонин, тирозин, цистеин, метионин, триптофан.

Незаряженными гидрофобными аминокислотами являются следующие аминокислоты: аланин, валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, пролин и глицин.

Увеличение pI токсина клостридий может быть достигнуто путем введения в токсин клостридий одной или более аминокислотных модификаций, способствующих увеличению отношения положительного заряда к отрицательному заряду токсина клостридий.

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна аминокислотная модификация выбрана из аминокислотной замены, аминокислотной инсерции и аминокислотной делеции.

При аминокислотной замене, аминокислотный остаток, образующий часть аминокислотной последовательности токсина клостридий, заменяют другим аминокислотным остатком. Замещающим аминокислотным остатком может быть один из остатков 20 стандартных аминокислот, описанных выше.

Альтернативно, при осуществлении аминокислотной замены, замещающей аминокислотой может быть нестандартная аминокислота (аминокислота, которая не входит в ряд 20 стандартных аминокислот, описанных выше). Так, например, замещающей аминокислотой может быть основная нестандартная аминокислота, например, L-орнитин, L-2-амино-3-гуанидинопропионовая кислота или D-изомеры лизина, аргинина и орнитина. Методы введения нестандартных аминокислот в белки известны специалистам и включают синтез рекомбинантных белков с использованием ауксотрофных хозяев *E. coli*, в которых экспрессируются эти белки.

При осуществлении аминокислотной инсерции, дополнительную аминокислоту (аминокислоту, которая обычно не присутствует в данной последовательности) вводят в аминокислотную последовательность токсина клостридий, что приводит к увеличению общего числа аминокислотных остатков в ука-

занной последовательности. При осуществлении аминокислотной делеции, аминокислотный остаток удаляют из аминокислотной последовательности токсина клостридий, что приводит к снижению общего числа аминокислотных остатков в указанной последовательности.

Методы модификации белков путем замены, инсерции или делеции аминокислотных остатков известны специалистам. Так, например, аминокислотные модификации могут быть введены путем модификации последовательности ДНК, кодирующей токсин клостридий. Это может быть достигнуто стандартными методами молекулярного клонирования, например, путем сайт-направленного мутагенеза, где короткие цепи ДНК (олигонуклеотидов), кодирующие нужную(ые) аминокислоту(ы), вводят вместо исходной кодирующей последовательности с использованием фермента полимеразы, или путем инсерции/делеции частей гена с использованием различных ферментов (например, лигаз и рестриктирующих эндонуклеаз). Альтернативно, модифицированная генная последовательность может быть химически синтезированной.

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна из аминокислотных модификаций выбрана из замены кислотного аминокислотного остатка основным аминокислотным остатком; замены кислотного аминокислотного остатка незаряженным аминокислотным остатком; замены незаряженного аминокислотного остатка основным аминокислотным остатком; инсерции основного аминокислотного остатка и делеции кислотного аминокислотного остатка.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения, по меньшей мере одной из аминокислотных модификаций являются замена, при которой преимущественно сохраняется одно и то же число аминокислотных остатков в токсине клостридий. В одном из вариантов осуществления изобретения, замена выбрана из замены кислотного аминокислотного остатка основным аминокислотным остатком; замены кислотного аминокислотного остатка незаряженным аминокислотным остатком и замены незаряженного аминокислотного остатка основным аминокислотным остатком. В одном из вариантов осуществления изобретения, основным аминокислотным остатком является лизин или аргинин. В одном из вариантов осуществления изобретения, основным аминокислотным остатком является лизин. В одном из вариантов осуществления изобретения, основным аминокислотным остатком является аргинин. В одном из вариантов осуществления изобретения, если указанной заменой является замена кислотного аминокислотного остатка незаряженным аминокислотным остатком, то это означает, что кислотный аминокислотный остаток заменяют соответствующий незаряженным амидным аминокислотным остатком (то есть, аспарагиновую кислоту заменяют аспарагином, а глутаминовую кислоту заменяют глутамином).

Сконструированный токсин клостридий согласно изобретению может иметь более чем одну аминокислотную модификацию. Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий (описанный выше) имеет от 1 до 80 аминокислотных модификаций (например, от 1 до 70, от 1 до 60, от 1 до 50, от 4 до 40, от 4 до 30, от 5 до 40, от 5 до 30 или от 10 до 25 аминокислотных модификаций). В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий (описанный выше) имеет от 4 до 40 аминокислотных модификаций. В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий имеет по меньшей мере 2, по меньшей мере 3, по меньшей мере 4, по меньшей мере 5 или по меньшей мере 10 аминокислотных модификаций. В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий имеет по меньшей мере 4 аминокислотных модификации (например, по меньшей мере 4 аминокислотных замены). Каждая из указанных аминокислотных модификаций представляет собой аминокислотную модификацию, описанную выше. Таким образом, каждая из указанных аминокислотных модификаций способствует увеличению rI сконструированного токсина клостридий (по сравнению с rI какого-либо другого идентичного токсина клостридий, не содержащего указанных аминокислотных модификаций).

Любая аминокислота токсина клостридий (то есть аминокислотный остаток) может быть модифицирована, как описано выше, при условии, что такая модификация будет приводить к увеличению rI токсина клостридий (как описано выше). Однако авторами настоящего изобретения были идентифицированы субсерии аминокислот токсина клостридий, которые являются особенно подходящими мишенями для модификации.

Предпочтительные аминокислоты-мишени могут обладать некоторыми ценными свойствами. Так, например, предпочтительной аминокислотой-мишенью может быть: (i) аминокислота, присутствующая на поверхности; (ii) аминокислота, расположенная за пределами вторичной структуры белка токсина клостридий; (iii) аминокислота, расположенная в области белка токсина клостридий, которая не играет важной роли в функционировании белка; (iv) аминокислота, которая не является консервативной для различных типов, подтипов или серотипов токсина клостридий; (v) аминокислота, модификация которой не приводит к образованию предсказанного сайта убихитинизации; или (vi) любая комбинация из вышеуказанных аминокислот.

Как обсуждалось выше, токсины клостридий состоят из двух полипептидных цепей, а именно, тяжелой цепи (Н-цепи), которая имеет молекулярную массу приблизительно 100 кДа, и легкой цепи (L-цепи), которая имеет молекулярную массу приблизительно 50 кДа. Н-цепь содержит С-концевой нацеливающий компонент (домен, связывающийся с рецептором, или H_C -домен) и N-концевой компонент транслокации (H_N -домен).

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна аминокислотная модификация (описанная выше) присутствует в рецептор-связывающем домене токсина клостридий (H_C -домене).

Примерами исходных последовательностей легкой цепи являются:
 ботулинический нейротоксин типа А: аминокислотные остатки 1-448,
 ботулинический нейротоксин типа В: аминокислотные остатки 1-440,
 ботулинический нейротоксин типа C_1 : аминокислотные остатки 1-441,
 ботулинический нейротоксин типа D: аминокислотные остатки 1-445,
 ботулинический нейротоксин типа E: аминокислотные остатки 1-422,
 ботулинический нейротоксин типа F: аминокислотные остатки 1-439,
 ботулинический нейротоксин типа G: аминокислотные остатки 1-441,
 столбнячный нейротоксин: аминокислотные остатки 1-457.

Вышеупомянутые исходные последовательности должны рассматриваться как последовательности-"гиды", поскольку в последовательностях различных субсеротипов могут присутствовать небольшие изменения. Так, например, в заявке США 2007/0166332 (которая во всей своей полноте вводится в настоящее описание посредством ссылки) кратко описаны различные последовательности клостридий:

ботулинический нейротоксин типа А: аминокислотные остатки M1-K448,
 ботулинический нейротоксин типа В: аминокислотные остатки M1-K441,
 ботулинический нейротоксин типа C_1 : аминокислотные остатки M1-K449,
 ботулинический нейротоксин типа D: аминокислотные остатки M1-R445,
 ботулинический нейротоксин типа E: аминокислотные остатки M1-R422,
 ботулинический нейротоксин типа F: аминокислотные остатки M1-K439,
 ботулинический нейротоксин типа G: аминокислотные остатки M1-K446,
 столбнячный нейротоксин: аминокислотные остатки M1-A457.

Примерами исходных последовательностей H_C -домена токсина клостридий являются:

BoNT/A - N872-L1296,
 BoNT/B - E859-E1291,
 BoNT/ C_1 - N867-E1291,
 BoNT/D - S863-E1276,
 BoNT/E - R846-K1252,
 BoNT/F - K865-E1274,
 BoNT/G - N864-E1297,
 TeNT - I880-D1315.

H_C -домен токсина клостридий (такой как BoNT) имеет два характерных структурных признака, называемых H_{CC} - и H_{CN} -доменами. Аминокислотные остатки, участвующие в связывании с рецептором, очевидно локализируются, главным образом, в H_{CC} -домене.

В одном из вариантов осуществления изобретения, где по меньшей мере одна аминокислотная модификация (описанная выше) присутствует в рецептор-связывающем домене токсина клостридий (H_C -домене), указанная по меньшей мере одна аминокислотная модификация присутствует в H_{CN} -домене токсина клостридий (также называемом доменом, стимулирующим транслокацию). В одном из вариантов осуществления изобретения, где по меньшей мере одна аминокислотная модификация (описанная выше) присутствует в рецептор-связывающем домене токсина клостридий (H_C -домене), указанная по меньшей мере одна аминокислотная модификация присутствует в H_{CC} -домене токсина клостридий.

Примерами исходных последовательностей H_{CN} -домена токсина клостридий являются:

ботулинический нейротоксин типа А: аминокислотные остатки 872-1110,
 ботулинический нейротоксин типа В: аминокислотные остатки 859-1097,
 ботулинический нейротоксин типа C_1 : аминокислотные остатки 867-1111,
 ботулинический нейротоксин типа D: аминокислотные остатки 863-1098,
 ботулинический нейротоксин типа E: аминокислотные остатки 846-1085,
 ботулинический нейротоксин типа F: аминокислотные остатки 865-1105,
 ботулинический нейротоксин типа G: аминокислотные остатки 864-1105,
 столбнячный нейротоксин: аминокислотные остатки 880-1127.

Положения вышеуказанных последовательностей могут несколько отличаться в зависимости от серотипа/подтипа, и другими примерами подходящих (исходных) последовательностей H_{CN} -домена токсина клостридий являются:

ботулинический нейротоксин типа А: аминокислотные остатки 874-1110,
 ботулинический нейротоксин типа В: аминокислотные остатки 861-1097,
 ботулинический нейротоксин типа C_1 : аминокислотные остатки 869-1111,
 ботулинический нейротоксин типа D: аминокислотные остатки 865-1098,
 ботулинический нейротоксин типа E: аминокислотные остатки 848-1085,
 ботулинический нейротоксин типа F: аминокислотные остатки 867-1105,
 ботулинический нейротоксин типа G: аминокислотные остатки 866-1105,

столбнячный нейротоксин: аминокислотные остатки 882-1127.

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна аминокислотная модификация (описанная выше) представляет собой модификацию аминокислотного остатка, расположенного на поверхности. Поверхностные аминокислотные остатки присутствуют во внешней части укладки белка, а поэтому они доступны для окружающего растворителя по сравнению с аминокислотными остатками, расположенными внутри укладки белка. Степень доступности аминокислотного остатка на поверхности, а значит и его доступность для окружающего растворителя зависит от положения в укладке белка, а также от конформации, которую может принимать данный белок. Поэтому, модификация аминокислотного остатка с высокой степенью его доступности на поверхности может оказывать большее влияние на изоэлектрическую точку белка, чем модификация аминокислотного остатка, имеющего низкую степень доступности на поверхности. Методы определения степени доступности аминокислотного остатка на поверхности известны специалистам. Так, например, для вычисления степени доступности аминокислотных остатков на поверхности данного белка может быть использована компьютерная программа ArealMol (которая входит в пакет компьютерных программ CCP4). Поверхностные аминокислотные остатки могут быть также идентифицированы путем визуальной оценки кристаллической структуры белка (например, с помощью рентгеновской кристаллографии). В одном из вариантов осуществления изобретения, поверхностный аминокислотный остаток имеет суммарную величину по ArealMol, равную по меньшей мере 40.

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна аминокислотная модификация включает модификацию аминокислотного остатка, выбранного из остатка аспарагиновой кислоты, остатка глутаминовой кислоты, остатка гистидина, остатка серина, остатка треонина, остатка аспарагина, остатка глутамина, остатка цистеина или остатка тирозина. Авторами настоящего изобретения было обнаружено, что аминокислотные остатки, входящие в эту группу (отрицательно заряженные остатки и полярные остатки), являются особенно подходящими мишенями для модификации согласно изобретению. Не ограничиваясь какой-либо конкретной теорией, авторы лишь отмечают, что аминокислотные остатки, входящие в эту группу, присутствуют на поверхности токсина клостридий чаще, чем гидрофобные остатки, не входящие в этот список.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если аминокислотная модификация включает модификацию аминокислотного остатка, выбранного из аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, гистидина, серина, треонина, аспарагина, глутамина, цистеина или тирозина (описанных выше), то такой аминокислотный остаток заменяют лизином или аргинином. Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, отрицательно заряженный остаток или полярный остаток заменяют положительно заряженным остатком, что приводит к увеличению отношения положительного заряда к отрицательному заряду и к увеличению pI токсина клостридий.

В одном из вариантов осуществления изобретения, по меньшей мере одна аминокислотная модификация (описанная выше) включает модификацию аминокислотного остатка, такого как аспарагин или глутамин (где оба эти остатка являются незаряженными и полярными). В одном из вариантов осуществления изобретения, аминокислотный остаток, такой как аспарагин или глутамин, заменяют лизином или аргинином (где оба эти остатка являются положительно заряженными). В одном из вариантов осуществления изобретения, аминокислотный остаток, такой как аспарагин или глутамин, заменяют лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, аминокислотный остаток, такой как аспарагин или глутамин, заменяют аргинином.

Такие остатки, как аспарагин и глутамин, являются особенно предпочтительными для модификации, поскольку они являются полярными, образуют только слабые дипольные связи с другими остатками и составляют 14% от всей молекулы типичного токсина клостридий (такого как BoNT/A).

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является BoNT/A. Исходная последовательность BoNT/A имеет регистрационный номер UniProtKB P10845.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий BoNT/A.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/A, то указанный сконструированный BoNT/A имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 886, ASN 905, GLN 915, ASN 918, GLU 920, ASN 930, ASN 954, SER 955, GLN 991, GLU 992, GLN 995, ASN 1006, ASN 1025, ASN 1026, ASN 1032, ASN 1043, ASN 1046, ASN 1052, ASP 1058, HIS 1064, ASN 1080, GLU 1081, GLU 1083, ASP 1086 и GLN 1229; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/A до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/A, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов

ASN 1080, ASN 1147 и GLN 1229; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/A до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/A, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является BoNT/B. Исходная последовательность BoNT/B имеет регистрационный номер UniProtKB P10844.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий BoNT/B.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/B, то указанный сконструированный BoNT/B имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 873, ASN 874, GLU 892, ASP 895, ASN 906, ASP 940, ASN 948, GLU 949, ASN 958, ASN 959, ASN 979, ASN 990, GLU 993, ASP 994, GLU 997, ASN 1012, ASN 1019, ASP 1030, ASP 1047, ASP 1049, GLU 1065, GLU 1072, GLN 1176, GLU 1189, GLU 1252 и ASN 1273; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/B до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/B, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/B, то указанный сконструированный BoNT/B имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 873, ASN 874, GLU 892, ASP 895, ASN 906, ASP 940, ASN 948, GLU 949, ASN 958, ASN 959, ASN 979, ASN 990, GLU 993, ASP 994, GLU 997, ASN 1012, ASN 1019, ASP 1030, ASP 1047, ASP 1049, GLU 1065, GLU 1072, GLN 1176, GLU 1189, GLU 1252 и ASN 1273; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/B до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/B, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/B, то указанный сконструированный BoNT/B имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 873, ASN 874, GLU 892, ASP 895, ASN 906, ASP 940, ASN 948, GLU 949, ASN 958, ASN 959, ASN 979, ASN 990, GLU 993, ASP 994, GLU 997, ASN 1012, ASN 1019, ASP 1030, ASP 1047, ASP 1049, GLU 1065, GLU 1072, GLN 1176, GLU 1189, GLU 1252 и ASN 1273; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/B до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/B, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является BoNT/C₁. Исходная последовательность BoNT/C₁ имеет регистрационный номер UniProtKB P18640.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий BoNT/C₁.

Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/C₁, то указанный сконструированный BoNT/C₁ имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASN 881, ASP 898, GLU 916, GLU 927, ASN 952, ASN 964, ASN 965, ASN 984, GLU 985, ASP 986, ASP

996, ASN 1000, GLU 1036, ASN 1041, ASP 1062, ASP 1064, GLU 1079 и ASP 1081; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/B до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/C₁, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/C₁, то указанный сконструированный BoNT/C₁ имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASN 881, ASP 898, GLU 916, GLU 927, ASN 952, ASN 964, ASN 965, ASN 984, GLU 985, ASP 986, ASP 996, ASN 1000, GLU 1036, ASN 1041, ASP 1062, ASP 1064, GLU 1079 и ASP 1081; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/C₁ до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/C₁, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/C₁, то указанный сконструированный BoNT/C₁ имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASN 881, ASP 898, GLU 916, GLU 927, ASN 952, ASN 964, ASN 965, ASN 984, GLU 985, ASP 986, ASP 996, ASN 1000, GLU 1036, ASN 1041, ASP 1062, ASP 1064, GLU 1079 и ASP 1081; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/C₁ до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/C₁, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является BoNT/D. Исходная последовательность BoNT/D имеет регистрационный номер UniProtKB P19321.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий BoNT/D.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/D, то указанный сконструированный BoNT/D имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 или 20), выбранных из: ASN 877, ASP 893, ASN 894, ASN 898, ASN 920, ASN 945, ASN 948, GLU 957, GLN 958, ASN 959, ASN 968, ASN 979, GLU 1030, ASP 1031, ASP 1033, GLU 1047, GLU 1051, ASN 1052, GLU 1066 и GLN 1122; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/D до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/D, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/D, то указанный сконструированный BoNT/D имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 или 20), выбранных из: ASN 877, ASP 893, ASN 894, ASN 898, ASN 920, ASN 945, ASN 948, GLU 957, GLN 958, ASN 959, ASN 968, ASN 979, GLU 1030, ASP 1031, ASP 1033, GLU 1047, GLU 1051, ASN 1052, GLU 1066 и GLN 1122; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/D до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/D, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном

из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/D, то указанный сконструированный VoNT/D имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 или 20), выбранных из: ASN 877, ASP 893, ASN 894, ASN 898, ASN 920, ASN 945, ASN 948, GLU 957, GLN 958, ASN 959, ASN 968, ASN 979, GLU 1030, ASP 1031, ASP 1033, GLU 1047, GLU 1051, ASN 1052, GLU 1066 и GLN 1122; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/D до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/D, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является VoNT/E. Исходная последовательность VoNT/E имеет регистрационный номер UniProtKB Q00496.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий VoNT/E.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/E, то указанный сконструированный VoNT/E имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 859, ASP 860, ASN 892, ASP 893, ASP 904, ASP 909, ASN 928, ASN 932, ASN 934, ASN 935, GLU 936, ASP 945, ASN 946, ASN 947, ASN 966, ASN 976, ASN 979, ASN 981, ASP 985, GLN 1014, ASN 1019, ASN 1022, ASP 1027, ASN 1035 и ASN 1140; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/E до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/E, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/E, то указанный сконструированный VoNT/E имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 859, ASP 860, ASN 892, ASP 893, ASP 904, ASP 909, ASN 928, ASN 932, ASN 934, ASN 935, GLU 936, ASP 945, ASN 946, ASN 947, ASN 966, ASN 976, ASN 979, ASN 981, ASP 985, GLN 1014, ASN 1019, ASN 1022, ASP 1027, ASN 1035 и ASN 1140; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/E до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/E, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/E, то указанный сконструированный VoNT/E имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 или 25), выбранных из: ASN 859, ASP 860, ASN 892, ASP 893, ASP 904, ASP 909, ASN 928, ASN 932, ASN 934, ASN 935, GLU 936, ASP 945, ASN 946, ASN 947, ASN 966, ASN 976, ASN 979, ASN 981, ASP 985, GLN 1014, ASN 1019, ASN 1022, ASP 1027, ASN 1035 и ASN 1140; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/E до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/E, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизинном. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является VoNT/F. Исходная последовательность VoNT/F имеет регистрационный номер UniProtKB YP 001390123.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий VoNT/F.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/F, то указанный сконструированный VoNT/F имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 или 20), выбранных из: ASN 879, ASP 896, ASN 922, ASN 923, ASN 928, ASN 947, ASN 950, ASN 952, ASN 953, GLU 954, ASN 963, ASN 964, ASN 965, ASN 987, GLN 997, ASN 1037, ASP 1040, ASP 1045, ASN 1055 и ASP 1056; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/F до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/F, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/F, то указанный сконструированный VoNT/F имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 или 20), выбранных из: ASN 879, ASP 896, ASN 922, ASN 923, ASN 928, ASN 947, ASN 950, ASN 952, ASN 953, GLU 954, ASN 963, ASN 964, ASN 965, ASN 987, GLN 997, ASN 1037, ASP 1040, ASP 1045, ASN 1055 и ASP 1056; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/E до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/F, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/F, то указанный сконструированный VoNT/F имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 или 20), выбранных из: ASN 879, ASP 896, ASN 922, ASN 923, ASN 928, ASN 947, ASN 950, ASN 952, ASN 953, GLU 954, ASN 963, ASN 964, ASN 965, ASN 987, GLN 997, ASN 1037, ASP 1040, ASP 1045, ASN 1055 и ASP 1056; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/F до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/F, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является VoNT/G. Исходная последовательность VoNT/G имеет регистрационный номер UniProtKB Q60393.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий VoNT/G.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/G, то указанный сконструированный VoNT/G имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASP 900, ASN 909, ASN 910, GLU 912, ASN 913, ASN 945, ASN 947, GLU 956, ASN 965, ASP 966, ASN 986, ASN 1001, ASN 1038, ASP 1040, ASN 1046, ASP 1057, GLU 1073, ASN 1075 и ASN 1090; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного VoNT/E до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного VoNT/G, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является VoNT/G, то указанный сконструированный VoNT/G имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASP 900, ASN

909, ASN 910, GLU 912, ASN 913, ASN 945, ASN 947, GLU 956, ASN 965, ASP 966, ASN 986, ASN 1001, ASN 1038, ASP 1040, ASN 1046, ASP 1057, GLU 1073, ASN 1075 и ASN 1090; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/E до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/G, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является BoNT/G, то указанный сконструированный BoNT/G имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASP 900, ASN 909, ASN 910, GLU 912, ASN 913, ASN 945, ASN 947, GLU 956, ASN 965, ASP 966, ASN 986, ASN 1001, ASN 1038, ASP 1040, ASN 1046, ASP 1057, GLU 1073, ASN 1075 и ASN 1090; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/E до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного BoNT/G, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий является TeNT. Исходная последовательность TeNT имеет регистрационный номер UniProtKB P04958.

Авторами настоящего изобретения были идентифицированы некоторые аминокислоты, которые являются предпочтительными мишенями для аминокислотной модификации в токсине клостридий TeNT.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является TeNT, то указанный сконструированный BoNT/G имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASN 893, ASP 894, ASP 911, ASN 919, ASN 927, ASN 928, GLU 929, GLN 968, ASN 972, GLU 973, GLU 1010, ASP 1018, ASN 1079, ASN 1080, ASN 1081 и ASN 1097; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного BoNT/E до величины, которая по меньшей мере на 0,2 (например, по меньшей мере на 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного TeNT, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является TeNT, то указанный сконструированный TeNT имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASN 893, ASP 894, ASP 911, ASN 919, ASN 927, ASN 928, GLU 929, GLN 968, ASN 972, GLU 973, GLU 1010, ASP 1018, ASN 1079, ASN 1080, ASN 1081 и ASN 1097; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного TeNT до величины, которая по меньшей мере на 0,5 (например, по меньшей мере на 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 или 1) единицы pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного TeNT, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В одном из вариантов осуществления изобретения, если сконструированным токсином клостридий является TeNT, то указанный сконструированный TeNT имеет модификацию по меньшей мере одной из аминокислот (например, по меньшей мере 1, 2, 3, 4, 5, 10 или 15), выбранных из: ASN 893, ASP 894, ASP 911, ASN 919, ASN 927, ASN 928, GLU 929, GLN 968, ASN 972, GLU 973, GLU 1010, ASP 1018, ASN 1079, ASN 1080, ASN 1081 и ASN 1097; и такая(ие) аминокислотная(ые) модификация(и) способствует(ют) увеличению изоэлектрической точки (pI) сконструированного TeNT до величины, которая по меньшей мере на одну единицу pI выше, чем величина pI какого-либо другого идентичного TeNT, не имеющего указанной(ых) аминокислотной(ых) модификации(й). В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином или аргинином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты лизином. В одном из вариантов осуществления изобретения, указанная модификация включает замену аминокислоты аргинином.

В настоящем изобретении могут быть использованы токсины клостридий различных видов широкого ряда. Таким образом, в контексте настоящего изобретения, термин "токсин клостридий" охватывает токсины, продуцируемые бактерией *C. botulinum* (ботулинический нейротоксин серотипов А, В, С₁, D, Е, F и G), *C. tetani* (столбнячный нейротоксин), *C. butyricum* (ботулинический нейротоксин серотипа Е) и *C. baratii* (ботулинический нейротоксин серотипа F), а также модифицированные токсины клостридий или их производные, происходящие от любых вышеуказанных токсинов. Термин "токсин клостридий" также охватывает ботулинический нейротоксин серотипа Н.

Ботулинический нейротоксин (BoNT) продуцируется бактерией *C. botulinum* в форме крупного белкового комплекса, состоящего из самого BoNT, образующего комплекс с различными вспомогательными белками. В настоящее время известно восемь различных классов ботулинических нейротоксинов, а именно, ботулинических нейротоксинов серотипов А, В, С₁, D, Е, F, G и Н, и все эти токсины имеют сходные структуры и механизмы действия. BoNT различных серотипов могут быть идентифицированы по их инактивации специфическими нейтрализующими антисыворотками, причем такая классификация по серотипам коррелирует с процентом идентичности последовательностей на аминокислотном уровне. Белки BoNT данного серотипа также подразделяются на различные подтипы по проценту идентичности аминокислотных последовательностей.

BoNT абсорбируются в желудочно-кишечном тракте, и после попадания в общий кровоток, они связываются с пресинаптической мембраной холинергических нервных окончаний, что способствует предупреждению высвобождения нейромедиатора ацетилхолина. BoNT/В, BoNT/D, BoNT/F и BoNT/G расщепляют синаптобrevин/мембранный белок, ассоциированный с везикулой (VAMP); BoNT/С₁, BoNT/A и BoNT/E расщепляют ассоциированный с синаптосомой белок размером 25 кДа (SNAP-25), а BoNT/С₁ расщепляет синтаксин.

Столбнячный токсин продуцируется бактерией *C. tetani* одного серотипа. *C. butyricum* продуцирует BoNT/E, а *C. baratii* продуцирует BoNT/F.

Термин "токсин клостридий" также охватывает модифицированные токсины клостридий и их производные, включая, но не ограничиваясь ими, токсины, описанные ниже. Модифицированный токсин клостридий или его производное могут содержать одну или более аминокислот, которые были модифицированы по сравнению с аминокислотами нативной (немодифицированной) формы токсина клостридий, либо они могут содержать одну или более встроенных аминокислот, которые отсутствуют в нативной (немодифицированной) форме токсина клостридий. Так, например, модифицированный токсин клостридий может иметь модифицированные аминокислотные последовательности в одном или более доменах по сравнению с последовательностями нативного (немодифицированного) токсина клостридий. Такие модификации могут способствовать изменению функциональных свойств токсина, например, его биологической активности или персистентности. Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению представляет собой сконструированный модифицированный токсин клостридий или сконструированное модифицированное производное токсина клостридий или сконструированное производное токсина клостридий.

Модифицированный токсин клостридий может иметь одну или более модификаций в аминокислотной последовательности тяжелой цепи (такой как модифицированный Н_С-домен), где указанная модифицированная тяжелая цепь связывается с нервными клетками-мишенями с более высокой или более низкой аффинностью, чем нативный (немодифицированный) токсин клостридий. Такие модификации в Н_С-домене могут включать модификацию остатков в ганглиозид-связывающем сайте Н_С-домена или в сайте связывания с белком (SV2 или синаптоагмином), где указанная модификация приводит к изменению уровня связывания с рецептором ганглиозида и/или с белковым рецептором нервных клеток-мишеней. Примеры таких модифицированных токсинов клостридий описаны в заявках WO 2006/027207 и WO 2006/114308, которые во всей своей полноте вводятся в настоящее описание посредством ссылки.

Модифицированный токсин клостридий может иметь одну или более модификаций в аминокислотной последовательности легкой цепи, например, модификации в субстрат-связывающем домене или в каталитическом домене, где указанные модификации могут изменять или модифицировать специфичность модифицированной LC к белку SNARE. Примеры таких модифицированных токсинов клостридий описаны в заявке WO 2010/120766 и в заявке США 2011/0318385, которые во всей своей полноте вводятся в настоящее описание посредством ссылки.

Модифицированный токсин клостридий может иметь одну или более модификаций, которые повышают или снижают биологическую активность и/или биологическую персистентность модифицированного токсина клостридий. Так, например, модифицированный токсин клостридий может содержать мотив на основе лейцина или тирозина, где указанный мотив стимулирует повышение или снижение биологической активности и/или биологической персистентности модифицированного токсина клостридий. Подходящими мотивами на основе лейцина являются xDxxxLL, xExxxLL, xExxxIL и xExxxLM (где x означает любую аминокислоту). Подходящим мотивом на основе тирозина является Y-x-x-Hu (где Hu означает собой гидрофобную аминокислоту). Примеры модифицированных токсинов клостридий, содержащих мотивы на основе лейцина и тирозина, описаны в заявке WO 2002/08268, которая во всей своей полноте вводится в настоящее описание посредством ссылки.

Термин "токсин клостридий" охватывает гибридные и химерные токсины клостридий. Гибридный токсин клостридий содержит по меньшей мере часть легкой цепи, происходящей от одного токсина клостридий или его подтипа, и по меньшей мере часть тяжелой цепи, происходящей от другого токсина клостридий или его подтипа. В одном из вариантов осуществления изобретения, гибридный токсин клостридий может содержать полноразмерную легкую цепь, происходящую от токсина клостридий одного подтипа, и тяжелую цепь, происходящую от токсина клостридий другого подтипа. В другом варианте осуществления изобретения, химерный токсин клостридий может содержать часть (например, связывающий домен) тяжелой цепи токсина клостридий одного подтипа и часть тяжелой цепи, происходящей от токсина клостридий другого подтипа. Аналогично или альтернативно, терапевтический элемент может содержать части легкой цепи, происходящие от различных токсинов клостридий. Такие гибридные или химерные токсины клостридий могут быть использованы, например, в качестве средств для доставки терапевтически ценных элементов этих токсинов клостридий пациентам с иммунологической резистентностью к токсину клостридий данного подтипа; пациентам, у которых концентрация рецепторов для домена, связывающегося с тяжелой цепью данного токсина клостридий, может составлять ниже средней величины; или пациентам, у которых может присутствовать резистентный к протеазе вариант субстрата мембранного или везикулярного токсина (например, SNAP-25, VAMP и синтаксин). Гибридные и химерные токсины клостридий описаны в публикации заявки США 8071110, которая во всей своей полноте вводится в настоящее описание посредством ссылки. Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению представляет собой сконструированный гибридный токсин клостридий или сконструированный химерный токсин клостридий.

Термин "токсин клостридий" охватывает ретаргетированные токсины клостридий. Ретаргетированный токсин клостридий представляет собой токсин клостридий, который был модифицирован так, чтобы он включал экзогенный лиганд, известный как "таргетирующая молекула" (ТМ). ТМ выбирают так, чтобы она обеспечивала специфичность связывания с нужной клеткой-мишенью, и в процессе ретаргетинга, нативная связывающая часть токсина клостридий (например, Н_С-домен или Н_{СС}-домен) могла быть удалена. Технология ретаргетинга описана, например, в EP-B-0689459; WO 1994/021300; EP-B-0939818; US 6461617; US 7192596; WO 1998/007864; EP-B-0826051; US 5989545; US 6395513; US 6962703; WO 1996/033273; EP-B-0996468; US 7052702; WO 1999/017806; EP-B-1107794; US 6632440; WO 2000/010598; WO 2001/21213; WO 2006/059093; WO 2000/62814; WO 2000/04926; WO 1993/15766; WO 2000/61192; и WO 1999/58571, где все указанные публикации во всей своей полноте вводятся в настоящее описание посредством ссылки. Таким образом, в одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированный токсин клостридий согласно изобретению представляет собой сконструированный ретаргетированный токсин клостридий.

Настоящее изобретение также относится к токсинам клостридий, которые имеют НС-нативный сайт расщепления протеазой. В таких токсинах клостридий, нативный сайт расщепления протеазой (также известный как сайт активации, описанный выше) был модифицирован или заменен сайтом расщепления протеазой, который не является нативным для данного токсина клостридий (то есть, экзогенным сайтом расщепления). Для расщепления этого сайта требуется экзогенная протеаза, которая позволяет лучше регулировать продолжительность и локализацию событий расщепления. НС-нативными сайтами расщепления протеазой, которые могут быть использованы в токсинах клостридий, являются:

- энтерокиназа (DDDDKj),
- фактор Ха (IEGRj/IDGRj),
- TEV (вирус гравировки табака) (ENLYFQIG),
- тромбин (LVPRjGS),
- PreScission (LEVLFOJGP).

Другими сайтами расщепления протеазой являются последовательности распознавания, которые расщепляются нецитотоксической протеазой, например, легкой цепью нейротоксина клостридий. Такими сайтами являются последовательности, распознающие белки SNARE (например, SNAP-25, синтаксин, VAMP), которые расщепляются нецитотоксическими протеазами, такими как легкая цепь нейротоксина клостридий. Токсины клостридий, содержащие НС-нативные сайты расщепления протеазой, описаны в патенте США 7132259, патенте EP1206554-B2 и в заявке США 2007/0166332, которые во всей своей полноте вводятся в настоящее описание посредством ссылки. Термин "сайт расщепления протеазой" также охватывает интеин, который представляет собой саморасщепляющуюся последовательность. Реакция аутосплайсинга регулируется, например, путем изменения концентрации присутствующего восстановителя.

Настоящее изобретение также охватывает токсины клостридий, содержащие "сайт деструктивного расщепления". В указанных токсинах клостридий, НС-нативный сайт расщепления протеазой вводят в токсин клостридий в положение, выбранное так, чтобы расщепление в указанном сайте приводило к снижению активности или к инактивации токсина клостридий. Сайт деструктивного расщепления протеазой может быть восприимчивым к расщеплению локальной протеазой, в результате чего токсин клостридий, после его введения, может мигрировать в положение, не являющееся мишенью. Подходящими

T5-лаз-оператор, IPTG, 0,2 мМ (0,05-2,0 мМ).

Молекулы нуклеиновой кислоты согласно изобретению могут быть получены любым подходящим способом, известным специалистам. Таким образом, молекулы нуклеиновой кислоты могут быть получены методами химического синтеза. Альтернативно, молекулы нуклеиновой кислоты согласно изобретению могут быть получены методами молекулярной биологии.

ДНК-конструкцию согласно изобретению, предпочтительно, конструируют *in silico*, а затем синтезируют стандартными методами синтеза ДНК.

Данные, полученные для вышеупомянутой последовательности нуклеиновой кислоты, модифицируют, но необязательно, путем смещения кодонов в соответствии с используемой экспрессионной системой конечных клеток-хозяев (например, *E. coli*).

В одном из вариантов осуществления изобретения, последовательностью нуклеиновой кислоты, кодирующей сконструированный токсин клостридий, описанный выше, является последовательность нуклеиновой кислоты, которая по меньшей мере на 70% (например, по меньшей мере на 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98 или 99%) идентична последовательности нуклеиновой кислоты, выбранной из SEQ ID NN: 3, 5, 7 и 9.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к последовательности нуклеиновой кислоты, которая по меньшей мере на 70% (например, по меньшей мере на 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98 или 99%) идентична последовательности нуклеиновой кислоты, выбранной из SEQ ID NN: 3, 5, 7 и 9. В одном из вариантов осуществления изобретения, последовательность нуклеиновой кислоты по меньшей мере на 90% идентична последовательности нуклеиновой кислоты, выбранной из SEQ ID NN: 3, 5, 7 и 9.

Настоящее изобретение также относится к полипептидам, кодируемыми последовательностями нуклеиновой кислоты, описанными выше. Таким образом, в одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к полипептиду, содержащему аминокислотную последовательность, которая по меньшей мере на 70% (например, по меньшей мере на 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98 или 99%) идентична аминокислотной последовательности, выбранной из SEQ ID NN: 4, 6, 8 и 10. В одном из вариантов осуществления изобретения, аминокислотная последовательность по меньшей мере на 90% идентична аминокислотной последовательности, выбранной из SEQ ID NN: 4, 6, 8 и 10.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий согласно изобретению является сконструированный VoNT/A, описанный выше, где указанный сконструированный VoNT/A включает аминокислотную последовательность которая по меньшей мере на 70% (например, по меньшей мере на 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99, 99,5 или 99,9%) идентична аминокислотной последовательности, выбранной из SEQ ID NN: 4, 6, 8 и 10.

В одном из вариантов осуществления изобретения, сконструированным токсином клостридий согласно изобретению является сконструированный VoNT/A, описанный выше, где указанный сконструированный VoNT/A включает аминокислотную последовательность (или состоит из нее) SEQ ID NO: 4, 6, 8 или 10.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к полипептиду, который включает аминокислотную последовательность (или состоит из нее) SEQ ID NO: 4, 6, 8 или 10.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к нуклеиновой кислоте, кодирующей сконструированный токсин клостридий, описанный выше, где указанная нуклеиновая кислота содержит последовательность нуклеиновой кислоты, которая по меньшей мере на 70% (например, по меньшей мере на 75, 80, 85, 90, 95, 97, 98, 99, 99,5 или 99,9%) идентична последовательности нуклеиновой кислоты, выбранной из SEQ ID NN: 3, 5, 7 и 9. В одном из вариантов осуществления изобретения, нуклеиновая кислота содержит последовательность нуклеиновой кислоты (или состоит из нее) SEQ ID NO: 3, 5, 7 или 9.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к нуклеиновой кислоте, содержащей последовательность нуклеиновой кислоты (или состоящей из нее) SEQ ID NO: 3, 5, 7 или 9.

"Процент идентичности последовательностей" двух или более нуклеиновых кислот или аминокислотных последовательностей зависит от числа идентичных положений в этих последовательностях. Так, например, % идентичности может быть вычислен как отношение числа идентичных нуклеотидов/аминокислот к общему числу нуклеотидов/аминокислот, умноженное на 100. Процент идентичности последовательностей может быть также вычислен с учетом числа пробелов и общей длины каждого пробела, который необходимо ввести для оптимизации выравнивания двух или более последовательностей. Сравнение последовательностей и определение процента идентичности двух или более последовательностей может быть осуществлено с помощью специально разработанных математических алгоритмов, хорошо известных специалистам, таких как BLAST.

В одном из своих аспектов, настоящее изобретение относится к способу получения одноцепочечного сконструированного белкового токсина клостридий, имеющего легкую цепь и тяжелую цепь, где указанный способ включает экспрессию нуклеиновой кислоты (нуклеиновой кислоты, описанной выше) в подходящей клетке-хозяине; лизис клетки-хозяина с получением гомогената клетки-хозяина, содержащего одноцепочечный сконструированный белковый токсин клостридий; и выделение указанного одноцепочечного сконструированного белкового токсина клостридий.

В другом своем аспекте, настоящее изобретение относится к способу активации сконструированного токсина клостридий, где указанный способ включает получение одноцепочечного сконструированного белкового токсина клостридий как описано выше; контактирование полипептида с протеазой, расщепляющей полипептида в сайте распознавания (сайте расщепления), расположенном между легкой цепью и тяжелой цепью; и превращение полипептидов в двухцепочечный полипептид, в котором легкая цепь и тяжелая цепь связаны друг с другом дисульфидной связью.

Сконструированные токсины клостридий согласно изобретению могут быть использованы для предупреждения или лечения некоторых заболеваний и состояний, а также в косметических целях. Таким образом, в другом своем аспекте, настоящее изобретение относится к применению сконструированного токсина клостридий, описанного выше, в медицине.

В своем родственном аспекте, настоящее изобретение относится к применению сконструированного токсина клостридий, описанного выше, в целях предупреждения или лечения заболевания или состояния, выбранного из: косоглазия; блефароспазма;

гетеротропии; дистонии (например, спастической дистонии, нижнечелюстной дистонии, очаговой дистонии, поздней дистонии, дистонии ротоглотки, дистонии конечностей, шейной дистонии); кривошеи (например, спастической кривошеи);

снижения клеточной/мышечной активности (посредством ингибирования или инактивации SNARE), которое может быть предотвращено методами, применяемыми в косметологии (с использованием косметических средств); нервномышечного заболевания или нарушения моторики глазного яблока (например, сопутствующего косоглазия, вертикального косоглазия, паралича бокового отдела прямой кишки, нистагма, дистиреоидной миопатии);

писчего спазма;

блефароспазма; бруксизма; болезни Вильсона; тремора; тиков; сегментарного синдрома "пляшущих глаз"; спазмов; спастичности, вызываемой хроническим рассеянным склерозом; спастичности, приводящей к нарушению функции мочевого пузыря; анимуса; спазмов в области спины; судорог икроножной мышцы ("болезни всадников"); головной боли напряжения; синдрома поднимающей мышцы таза; синдрома расщепленного позвоночника; поздней дискинезии; болезни Паркинсона; тугоподвижности; спазмов в гемифациальной области; поражения век; церебрального паралича; фокальной спастичности; спастического колита; нейрогенного мочевого пузыря; анизма; спастичности конечностей; тиков; треморов; бруксизма; трещин в анальной области; ахалазии; дисфагии; слезливости; гипергидроза;

избыточного слюноотделения; избыточной секреции желудочного сока; боли в мышцах (например, боли, вызываемой мышечными спазмами); головной боли (например, головной боли напряжения); глубоких морщин в области бровей; рака; заболеваний матки; расстройств мочеполовых путей; мочеполовых-нервных расстройств; хронического нейрогенного воспаления и расстройств гладких мышц.

В настоящем изобретении используется фармацевтическая композиция, содержащая сконструированный токсин клостридий в комбинации по меньшей мере с одним компонентом, выбранным из фармацевтически приемлемого носителя, наполнителя, адьюванта, пропеллента и/или фармацевтически приемлемой соли.

Сконструированные токсины клостридий согласно изобретению могут быть введены перорально, парентерально, путем непрерывного вливания, путем ингаляции или путем местного применения. Композиции для инъекций могут быть введены в форме растворов, суспензий или эмульсий, или в форме сухих порошков, которые, перед их применением, растворяют или суспендируют в подходящем носителе.

В случае местного применения сконструированного токсина клостридий, такой сконструированный токсин клостридий может быть приготовлен в виде крема (например, для местного нанесения) или субдермальной инъекции.

Методы местной доставки могут включать применение аэрозоля или другого спрея (например, введение с помощью ингалятора). В соответствии с этим, аэрозольная композиция, включающая сконструированный токсин клостридий, обеспечивает доставку токсина в легкие и/или в другие носовые и/или бронхиальные или дыхательные пути.

Сконструированные токсины клостридий согласно изобретению могут быть введены пациенту путем интратекальной или эпидуральной инъекции в позвоночный столб на уровне сегмента позвоночника, ответственного за иннервацию пораженного органа.

Предпочтительным способом введения является лапароскопия и/или местная, а в частности, внутримышечная инъекция.

Сконструированные токсины клостридий согласно изобретению вводят в дозах, достаточных для достижения желаемого терапевтического эффекта. Следует отметить, что необходимый интервал доз зависит от конкретной природы сконструированного токсина клостридий или его состава; от способа введения и свойства композиции; от возраста пациента; от характера, степени или тяжести состояния пациента; от противопоказаний, если они имеются, и от назначения лечащего врача. Эти дозы могут варьироваться, и они могут быть скорректированы с применением стандартных эмпирических рутинных методов оптимизации.

Подходящие суточные дозы (на кг массы тела пациента) составляют в пределах 0,0001-1 нг/кг, предпочтительно 0,0001-0,5 нг/кг, более предпочтительно 0,002-0,5 нг/кг, а особенно предпочтительно 0,004-0,5 нг/кг. Унифицированная доза может варьироваться от менее чем 1 пикограмма до 30 нг, а обычно, она составляет в пределах от 0,01 до 1 нг, и такая доза может быть введена ежедневно или, предпочтительно, реже, например, раз в неделю или раз в шесть месяцев.

Особенно предпочтительной схемой введения доз является введение 0,05 нг сконструированного токсина клостридий в 1×-дозе. В этом случае, предпочтительные дозы составляют в пределах 1× - 100× (то есть, 0,05-5 нг).

Жидкие лекарственные формы обычно содержат сконструированный токсин клостридий и апиогенный стерильный носитель. Сконструированный токсин клостридий, в зависимости от используемого носителя и его концентрации, может быть растворен или суспендирован в этом носителе. При получении растворов, сконструированный токсин клостридий может быть растворен в носителе, а затем полученный раствор может быть сделан изотоничным, если это необходимо, путем добавления хлорида натрия с последующей стерилизацией путем фильтрации через стерильный фильтр в асептических условиях, после чего, полученным раствором заполняют подходящие стерильные емкости или ампулы и эти емкости или ампулы герметично запаивают. Альтернативно, если стабильность раствора является приемлемой, то этот раствор, находящийся в герметично запаянных контейнерах, может быть стерилизован путем автоклавирования. Предпочтительно, в носителе могут быть растворены добавки, такие как забуферивающие агенты, солюбилизаторы, стабилизаторы, консерванты или бактерицидные, суспендирующие или эмульгирующие агенты и/или местные анестетики.

Сухие порошки, которые, перед их применением, растворяют или суспендируют в подходящем носителе, могут быть получены путем заполнения стерильного контейнера предварительно стерилизованными ингредиентами с применением методов стерилизации в стерильных условиях. Альтернативно, эти ингредиенты могут быть растворены в подходящих контейнерах с применением методов стерилизации в стерильных условиях. Затем продукт подвергают сушке вымораживанием, и контейнеры герметично запаивают в асептических условиях.

Суспензии для парентерального введения, подходящие для внутримышечной, подкожной или интрадермальной инъекции, готовят, в основном, тем же самым способом, за исключением того, что стерильные компоненты, вместо их растворения, суспендируют в стерильном носителе, причем, в данном случае, стерилизация не может быть осуществлена путем фильтрации. Эти компоненты могут быть выделены в стерильном состоянии, или, альтернативно, они могут быть стерилизованы после их выделения, например, путем гамма-облучения.

Для обеспечения равномерного распределения компонентов, в композицию(и), предпочтительно, включают суспендирующий агент, например, поливинилпирролидон.

В соответствии с настоящим изобретением, введение может быть осуществлено с применением различных методов доставки, включая инкапсуляцию микрочастиц, доставку с использованием вирусной системы или аэрозольное распыление при высоком давлении.

Описание чертежей

Фиг. 1. Изоэлектрическое фокусирование (ИЭФ) в геле, содержащем катионные конструкции.

Фиг. 2. Процент расщепления SNAP-25 в нейронах спинного мозга крысиных эмбрионов (eSCN) под действием Cat5v2(K1064H/N954K) (A), Cat5v2(K1064H/N886K) (B) и Cat5v2(K1064H/N1025K) (C), и суммарная доза pEC₅₀ для nBoNT/A1. (A, B, C) Нейроны спинного мозга крысиных эмбрионов культивировали в течение трех недель, обрабатывали Cat5v4 в течение 24 ч, а затем осуществляли вестерн-блоттинг с использованием SNAP-25-специфического антитела. Данные представлены как среднее ± ср. кв. ош. для трех независимых экспериментов, проводимых с тремя повторностями. (D) Относительная активность Cat5v2(K1064H/N886K), Cat5v2(K1064H/N954K) и Cat5v2(K1064H/N1025K) по отношению к nBoNT/A1 (List Biological Laboratories) в анализе на активность расщепления SNAP-25 в крысиных eSCN. Каждая точка соответствует отдельной партии и означает среднее для 3 независимых определений pEC₅₀ по кривой зависимости "концентрация - ответ" (CRC), построенной по 8 точкам. Каждая концентрация на CRC была оценена с тремя повторностями. Данные сравнения активности представлены как среднее для партий, входящих в список, совокупные данные, n=24. Данные представлены как среднее ± ср. кв. ош. для n=3 партий на Cat5v4.

Фиг. 3. Активность (t₅₀) nBoNT/A1 и Cat5v4 в анализе, проводимом для правого или левого купола мышечного диафрагмального нерва (mPNHD). Ткань правого или левого купола мышечного диафрагмального нерва инкубировали с Cat5v4 или с нативным BoNT/A1, как указано на фигуре. Сократительную способность диафрагмы регистрировали до тех пор, пока сокращения больше не детектировались, или по прошествии 140 мин. Каждая точка соответствует независимым определениям. Величина t₅₀ означает время, необходимое для ингибирования сократительной способности правого или левого купола мышечной диафрагмы на 50%.

Последовательности SEQ ID NO: 1.

Последовательность нуклеиновой кислоты BoNT/A1. SEQ ID NO: 7.

Сконструированная последовательность нуклеиновой кислоты VoNT/A1 "Cat-C". SEQ ID NO: 8.
 Сконструированная аминокислотная последовательность VoNT/A1 "Cat-C". SEQ ID NO: 9.
 Сконструированная последовательность нуклеиновой кислоты VoNT/A1 "Cat-D".
 SEQ ID NO: 10. Сконструированная аминокислотная последовательность VoNT/A1 "Cat-D".

Примеры

Нижеследующие примеры приводятся в целях иллюстрации конкретных вариантов осуществления изобретения и не должны рассматриваться как ограничение объема изобретения, заявленного в формуле изобретения.

Пример 1.

Было получено три различных варианта сконструированной молекулы VoNT/A1 в соответствии с настоящим изобретением.

Аминокислоты для модификации (в сайтах мутации) были выбраны с учетом ряда различных критериев.

Замены остатков были осуществлены по следующим критериям:

- 1) тип остатка;
- 2) степень доступности остатка на поверхности;
- 3) локализация во вторичной/третичной структуре;
- 4) локализация известных функциональных доменов VoNT;
- 5) степень консервативности последовательностей для подтипов VoNT/A или VoNT/E;
- 6) возможность введения дополнительного сайта убихитинизации.

В этом примере, для мутации были выбраны аспарагин (Asn, N) и глутамин (Gln, Q), поскольку они являются полярными, имеют размер, аналогичный размеру Lys, образуют только слабые дипольные связи с другими остатками, и составляют 14% от всех остатков в молекуле.

Остатки Asn и Gln, которые визуальным образом обнаруживаются на поверхности молекулы, были идентифицированы по кристаллической структуре VoNT/A1 (PDB ID: 3BTA). Это означает, что все замененные остатки имеют внешний заряд. Из этого списка можно исключить те остатки, которые являются наименее подходящими для замены в соответствии с пунктами 3-5 вышеуказанных критериев отбора (операция повторной итерации).

Неконсервативные остатки в VoNT/A1 были идентифицированы посредством их выравнивания с остатками в VoNT/A других подтипов и функционально аналогичных серотипов VoNT/E. Остатки, выявленные как основные остатки в других последовательностях, были выбраны как наилучшие кандидаты для замены.

После проведения последовательных раундов итерации в соответствии с критериями отбора, указанными в разделах, приведенных выше, был идентифицирован конечный список остатков-кандидатов. Эти остатки были скринированы на возможное присутствие дополнительных консенсусных последовательностей убихитинизации (с использованием сервера CKSAAP_UbSite). Несколько идентифицированных остатков лизина были удалены путем их замены на аргинин.

Конечные репрезентативные синтезированные катионные конструкции, имеющие последовательности VoNT/A1, перечислены ниже, и обозначены Cat-A, Cat-B и Cat-C. Каждая конструкция имеет молекулярную массу 149637 Дальтон.

Cat-A: N930K, S955K, Q991K, N1026K, N1052K, Q1229K, N886K.

Cat-B: N930K, S955K, Q991K, N1026K, N1052K, Q1229K, N954K.

Cat-C: N930K, S955K, Q991K, N1026K, N1052K, Q1229K, N1025K.

Пример 2.

Аминокислотные последовательности VoNT/B, F и E были оценены на остатки-кандидаты, которые могут быть заменены остатками Lys или Arg. Такая предварительная оценка позволяет идентифицировать остатки, которые могут быть заменены с получением белка VoNT/B, E или F, имеющего более высокую рI.

Была проанализирована первичная последовательность VoNT/B (Ac: P10844), VoNT/E (Ac: Q00496) и VoNT/F (Ac: P30996), и аминокислотный состав этой последовательности систематизирован в нижеприведенной таблице:

Таблица 3

Серотип	Теоретический рI	Суммарный заряд при рН 7,4	№. Asn и Gln	№. Asp и Glu
VoNT/B	5,3	-23	179	156
VoNT/E	6,2	-7	160	132
VoNT/F	5,4	-22	169	161

Как видно из таблицы, указанные аминокислотные последовательности имеют такое же большое число полярных остатков Asn/Gln, как это наблюдается в VoNT/A1. В этих последовательностях также присутствует относительно большое число кислотных (Asp/Glu) остатков, которые могут быть заменены

либо соответствующими нейтральными остатками (Asn/Gln), либо основными остатками (Lys или Arg).

Пример 3.

Идентификация предпочтительных для модификации аминокислот токсина клостридий.

Для последовательностей BoNT/A, BoNT/B и BoNT/E имеются данные об их полноразмерной структуре, однако, для остальных четырех серотипов, исходя из информации о последовательностях и их структурной гомологии, была построена теоретическая модель с помощью компьютерной программы LOOPP.

Каждая структура была проанализирована с помощью программы ArealMol (входящей в пакет программ CCP4), и доступные остатки были идентифицированы как остатки, имеющие суммарное число более, чем 40. Из этого списка были выбраны остатки с полярными боковыми цепями, и было отдано предпочтение остаткам, которые являются либо кислотными (Asp и Glu), либо имеют акцепторную боковую цепь с Н-связью (Asn и Gln). Конечная стадия компьютерного анализа включает отбор остатков, находящихся между α -спиралями и β -цепями, по данным анализа, проводимого на сервере Stride. Структура каждой молекулы была визуальнo оценена для идентификации остатков, находящихся в пограничных областях, и эти остатки отбрасывали.

Для BoNT/A1, список предпочтительных остатков был дополнен функционально неконсервативными остатками, составляющими по меньшей мере 90% от всех остатков сопоставляемых последовательностей [остатки с крупными неполярными боковыми цепями (Met, Pro, Phe, Trp) рассматривались как эквивалентные; остатки с небольшими неполярными боковыми цепями (Gly, Ala, Val, Leu, Ile) рассматривались как эквивалентные; остатки с кислотными боковыми цепями (Asp, Glu) рассматривались как эквивалентные; и остатки с основными боковыми цепями (Arg, Lys) рассматривались как эквивалентные]. Более конкретно, эти неконсервативные остатки, которые были идентифицированы как основные остатки, составляющие по меньшей мере 10% от всех остатков в последовательностях, и неконсервативные остатки Asn, Gln, Asp или Glu, присутствующие в исходной последовательности, были выбраны в качестве кандидатов.

Для оставшихся серотипов было проведено выравнивание множества последовательностей различных подтипов в целях выявления функционально неконсервативных остатков, которые были идентифицированы как основные остатки, составляющие по меньшей мере 10% от всех остатков в последовательностях.

Ниже представлены предпочтительные для модификации аминокислоты токсина клостридий:

BoNT/A:

используемые последовательности:

идентификационные номера:

BoNT/A: P10845,

BoNT/B: P10844,

BoNT/C₁: P18640,

BoNT/D: P19321,

BoNT/E: Q00496,

BoNT/F: YP_001390123,

BoNT/G: Q60393,

TeNT: P04958.

Источник получения структурных данных.

Кристаллические структуры BoNT/A (3BTA.pdb), BoNT/B (1EPW) и BoNT/E (3FFZ.pdb) были получены от RCSB.

Моделирование гомологии BoNT/C₁, BoNT/D, BoNT/F, BoNT/G и TeNT осуществляли с использованием программы LOOPP и следующих последовательностей, соответственно: P18640, P19321, YP_001390123, Q60393 и P04958.

Структурный анализ.

Доступные остатки определяли с использованием программы ArealMol, входящей в пакет программ CCP4.

Присваивание вторичной структуры осуществляли с использованием программы Stride.

Пограничные остатки определяли путем визуальной оценки с использованием программы RasMol. Анализ последовательностей.

Полноразмерные последовательности BoNT были получены от NCBI.

Выравнивание проводили с использованием компьютерной программы ClustalX.

Пример 4.

Клонирование, экспрессия и очистка.

ДНК-конструкции, кодирующие сконструированные молекулы BoNT/A, описанные в примере 1, синтезировали, клонировали в экспрессионный вектор pJ401, а затем переносили в BL21 (DE3) *E. coli*. В результате была достигнута сверхэкспрессия растворимых рекомбинантных белков Cat-A, Cat-B и Cat-C в BL21(DE3) *E. coli*.

Рекомбинантно сконструированные BoNT очищали из лизатов *E. coli* классическими методами

хроматографии. Сначала осуществляли стадию очистки с использованием катионообменной смолы, а затем осуществляли стадию промежуточной очистки с использованием гидрофобной смолы. После этого, рекомбинантный одноцепочечный сконструированный BoNT расщепляли посредством протеолиза, в результате чего получали активированный двухцепочечный BoNT. Затем проводили конечную стадию очистки для удаления остальных примесей.

Пример 5.

Характеризация очищенных сконструированных BoNT.

Сконструированные BoNT, описанные выше в примере 1, характеризовали экспериментально способом, описанным ниже.

Измерение pI показало, что сконструированные BoNT имели более высокое значение изоэлектрической точки, чем немодифицированный (нативный) BoNT/A1 - см. фиг. 1 и таблицу, представленную ниже.

Таблица 4

Молекула BoNT/A1	pI (вычисленная)	pI (наблюдаемая)
Сконструированная «Cat-A» [Cat5v2 (K1064H/N886K)]	6,9	~ 8,0
Сконструированная «Cat-B» [Cat5v2 (K1064H/N954K)]	6,9	~ 8,0
Сконструированная «Cat-C» [Cat5v2 (K1064H/N1025K)]	6,9	7,8-8,0
Нативная BoNT/A1 [nBoNT/A1]	6,05	~ 7,4

Способность сконструированных BoNT проникать в нейроны и расщеплять SNAP-25 (мишень для BoNT/A1) оценивали с использованием нейронов спинного мозга крысиных эмбрионов (eSCN). На фиг. 2 показано, что сконструированные BoNT сохраняли такую же способность проникать в нейрон и расщеплять SNAP-25, как и нативный BoNT/A1.

Активность сконструированных BoNT дополнительно оценивали с помощью анализа, проводимого с использованием правого или левого купола мышинового диафрагмального нерва (mPNHD). На фиг. 3 показано, что сконструированные BoNT сохраняли такую же способность ингибировать сокращение правого или левого купола мышинной диафрагмы, как и нативный BoNT/A1.

Был проведен *in vivo* анализ методом оценки абдукции пальцев задних конечностей (DAS) для определения активности, а также коэффициента безопасности сконструированного BoNT по сравнению с активностью и коэффициентом безопасности нативного BoNT/A1. Обе эти молекулы имели более высокий коэффициент безопасности, чем нативный BoNT/A1, и были несколько более активными. Полученные данные представлены ниже (табл. 4).

Таблица 4

Молекула	DAS ED ₅₀ (пг/мышь)	Доза DAS 4 (пг/мышь)	Доза для ~10% ΔBW (пг/мышь)	Коэффициент безопасности
Нативная BoNT/A1 (n=5)	2	10-20	9,9-14,5	7
Сконструированная «Cat-A»	1,16	10-20	27,4	24
Сконструированная «Cat-B»	1,79	25	47,6	27

DAS ED₅₀: Вычисленная доза, индуцирующая DAS 2.

Доза DAS 4: Экспериментальная доза, индуцирующая DAS 4.

BW: Масса тела.

Доза для ~ 10% ΔBW: вычисленная доза, вызывающая 10% снижение BW по сравнению с BW на день 0.

Коэффициент безопасности: доза для ~ 10% ΔBW/DAS ED₅₀ Коэффициент безопасности представляет собой показатель негативного эффекта после введения BoNT (потеря массы) по отношению к активности BoNT (полумаксимальная оценка абдукции пальцев задних конечностей (DAS)). Этот коэффициент был вычислен как отношение ~ 10% массы тела (BW) к DAS ED₅₀, где ~ 10% BW означает количе-

ство BoNT (пг/животное), необходимое для 10% снижения массы тела, а ED₅₀ означает количество BoNT (пг/животное), достаточное для достижения DAS=2.

Анализ DAS осуществляли путем инъекции 20 мкл сконструированного токсина клостридий, приготовленного в желатин-фосфатном буфере, в икроножную мышцу/солнечное сплетение мышцы, с последующей оценкой абдукции пальцев задних конечностей, проводимой как описано ранее в публикации Aoki (Aoki KR, Toxicon 39: 1815-1820; 2001).

Пример 6

Другой сконструированный токсин клостридий согласно изобретению получали в соответствии с критериями, указанными выше в примере 1.

Эта катионная конструкция также происходила от BoNT/A1 и имела вычисленную pI=7,4 и молекулярную массу 149859. Данную конструкцию обозначали Cat-D. Конструкции Cat-A, Cat-B и Cat-C содержат остатки, замененные лизином, а Cat-D содержит остатки, замененные аргинином.

Cat-D: N1188R, D1213R, G1215R, N1216R, N1242R, N1243R, S1274R, T1277R.

Пример 7.

Лечение пациентки, страдающей шейной дистонией.

50-летняя женщина, страдающая спастической кривошеей, находилась на стационарном лечении в клинике, где она проходила курс лечения путем введения в шейную мышцу терапевтически эффективного количества стандартного препарата BoNT/A, однако, у этой пациентки наблюдалась дисфагия, вызванная распространением токсина в область ротоглотки. Этой пациентке в шейные мышцы вводили инъекцию приблизительно 1,5 нг (или более) сконструированного BoNT/A согласно изобретению. Через 3-7 дней, степень кривошеи у пациентки значительно снижалась, при этом какой-либо дисфагии не наблюдалось, и пациентка могла держать голову и плечи в нормальном положении по меньшей мере в течение пяти месяцев. Так как сконструированная молекула BoNT/A удерживалась в ткани в течение более длительного периода времени и почти не проникала в другие органы, то лечащий врач может назначить введение большего количества лекарственного продукта без какого-либо опасения возникновения побочных эффектов, и такое увеличение дозы будет обеспечивать более длительное действие препарата.

Пример 8.

Лечение пациента, страдающего блефароспазмом.

47-летний мужчина, страдающий блефароспазмом, находился в клинике на стационарном лечении. Этому пациенту было назначено лечение путем инъекции 5 пг - 25 пг сконструированного BoNT/A согласно изобретению в латеральную мышцу предплюсневой кружка верхнего века и в латеральную мышцу предплюсневой кружка нижнего века. Приблизительно через неделю, у этого пациента наблюдалось ослабление симптомов, а по меньшей мере через пять месяцев, симптомы данного заболевания полностью исчезали, при этом, блефароптоза не наблюдалось. Высокий уровень безопасности полипептида согласно изобретению позволял лечащему врачу повышать дозу этого полипептида и, тем самым, увеличивать продолжительность его клинического эффекта.

Пример 9.

27-летний мужчина, страдающий церебральным параличом, при котором наблюдались такие симптомы, как деформированная "конская стопа" и затруднение при ходьбе, находился в клинике на стационарном лечении. Этот пациент проходил лечение терапевтически эффективным BoNT/A, в результате чего наблюдалось улучшение его походки, но это улучшение сопровождалось мышечной слабостью и болями в конечностях. Данному пациенту было назначено лечение путем инъекции приблизительно 20 пг/кг сконструированного BoNT/A согласно изобретению в каждый из двух участков медиального и латерального купола икроножной мышцы пораженной(ых) нижней(их) конечности(ей). Через неделю, походка у пациента улучшалась, и при этом не наблюдалось каких-либо явных побочных эффектов, а по меньшей мере через четыре месяца, симптомы этого заболевания полностью исчезали. Возможность увеличения дозы этого лекарственного средства позволяла продолжать лечение и, тем самым, увеличивать продолжительность его действия.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий, содержащий по меньшей мере две аминокислотные модификации,

где по меньшей мере две указанные аминокислотные модификации увеличивают изоэлектрическую точку (pI) сконструированного терапевтического нейротоксина до величины, которая по меньшей мере на 0,2 единицы выше, чем pI другого идентичного нейротоксина клостридий, не содержащего по меньшей мере две указанные аминокислотные модификации,

где по меньшей мере две аминокислотные модификации расположены в домене, связывающемся с рецептором токсина клостридий (H_c-домене),

где сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий представляет собой ботулинический нейротоксин А (BoNT/A), имеющий pI по меньшей мере 6,6,

где сконструированный терапевтический нейротоксин содержит модификацию по меньшей мере

двух аминокислот, выбранных из:

кислотных аминокислотных остатков: GLU 920, GLU 992, ASP 1058, GLU 1081, GLU 1083 и ASP 1086 и/или незаряженных аминокислотных остатков: ASN 886, ASN 905, GLN 915, ASN 918, ASN 930, ASN 954, SER 955, GLN 991, GLN 995, ASN 1006, ASN 1025, ASN 1026, ASN 1032, ASN 1043, ASN 1046, ASN 1052, HIS 1064, ASN 1080 и GLN 1229,

где по меньшей мере две указанные аминокислотные модификации содержат:

- (i) замену кислотного аминокислотного остатка остатком лизина или остатком аргинина;
- (ii) замену кислотного аминокислотного остатка остатком гистидина, остатком аспарагина, остатком глутамина, остатком серина, остатком треонина, остатком тирозина, остатком метионина, остатком триптофана, остатком цистеина, остатком аланина, остатком глицина, остатком валина, остатком лейцина, остатком изолейцина, остатком пролина или остатком фенилаланина;
- (iii) замену незаряженного аминокислотного остатка остатком лизина или остатком аргинина;
- (iv) инсерцию остатка лизина или остатка аргинина; или
- (v) делецию кислотного аминокислотного остатка, и

где сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий представляет собой двухцепочечный сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий, где легкая цепь и тяжелая цепь связаны друг с другом дисульфидной связью, полученный способом, включающим предоставление одноцепочечного сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий, содержащего полипептидную последовательность, имеющую по меньшей мере 90% идентичности последовательности с аминокислотной последовательностью, выбранной из SEQ ID NO: 4, 6 и 8, или одноцепочечного сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий, кодируемого нуклеотидной последовательностью, имеющей по меньшей мере 90% идентичность последовательности с нуклеотидной последовательностью, выбранной из SEQ ID NO: 3, 5, и 7, и контактирование одноцепочечного сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий с протеазой, расщепляющей полипептид в сайте расщепления, расположенном между легкой цепью и тяжелой цепью, таким образом превращая одноцепочечный сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий в двухцепочечный сконструированный терапевтический полипептид клостридий.

2. Сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий по п.1, где модификация содержит замену остатком лизина или остатком аргинина.

3. Сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий, содержащий по меньшей мере две аминокислотные модификации,

где по меньшей мере две указанные аминокислотные модификации увеличивают изоэлектрическую точку (pI) сконструированного терапевтического нейротоксина до величины, которая по меньшей мере на 0,2 единицы выше, чем pI другого идентичного нейротоксина клостридий, не содержащего по меньшей мере две указанные аминокислотные модификации,

где по меньшей мере две аминокислотные модификации расположены в домене, связывающемся с рецептором токсина клостридий (H_C-домене),

где сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий представляет собой ботулинический нейротоксин A (BoNT/A), имеющий pI по меньшей мере 6,6,

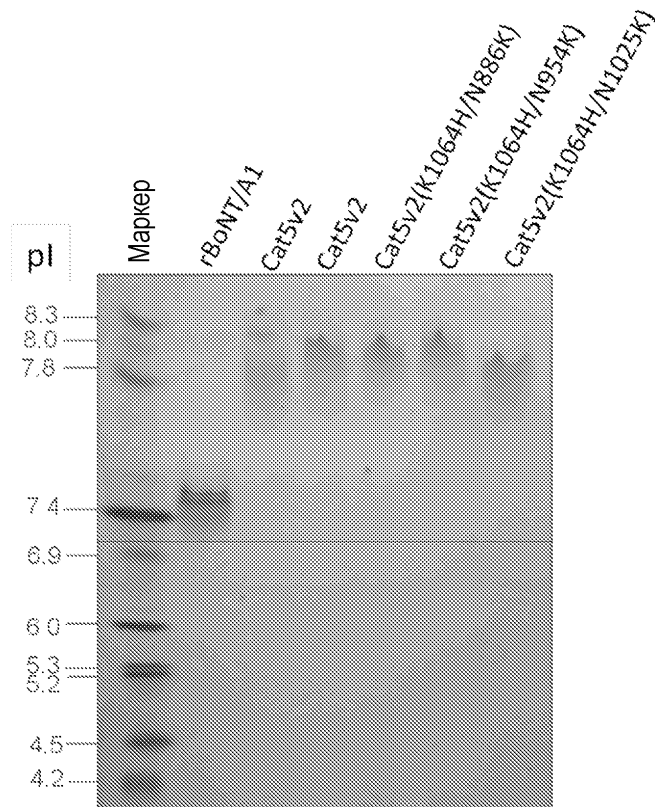
где по меньшей мере две аминокислотные модификации включают замену по меньшей мере двух аминокислот, выбранных из: ASN 886, ASN 905, GLN 915, ASN 918, GLU 920, ASN 930, ASN 954, SER 955, GLN 991, GLU 992, GLN 995, ASN 1006, ASN 1025, ASN 1026, ASN 1032, ASN 1043, ASN 1046, ASN 1052, ASP 1058, HIS 1064, ASN 1080, GLU 1081, GLU 1083, ASP 1086, ASN 1188, ASP 1213, GLY 1215, ASN 1216, GLN 1229, ASN 1242, ASN 1243, SER 1274 и THR 1277, остатком лизина или остатком аргинина, и

где сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий представляет собой двухцепочечный сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий, где легкая цепь и тяжелая цепь связаны друг с другом дисульфидной связью, полученный способом, включающим предоставление одноцепочечного сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий, содержащего полипептидную последовательность, имеющую по меньшей мере 90% идентичности последовательности с аминокислотной последовательностью, выбранной из SEQ ID NO: 4, 6, 8 и 10, или одноцепочечного сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий, кодируемого нуклеотидной последовательностью, имеющей по меньшей мере 90% идентичность последовательности с нуклеотидной последовательностью, выбранной из SEQ ID NO: 3, 5, 7 и 9, и контактирование одноцепочечного сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий с протеазой, расщепляющей полипептид в сайте расщепления, расположенном между легкой цепью и тяжелой цепью, таким образом превращая одноцепочечный сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий в двухцепочечный сконструированный терапевтический полипептид клостридий.

4. Сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий по любому из предшествующих пунктов, где двухцепочечный сконструированный терапевтический нейротоксин клостридий имеет коэффициент безопасности по меньшей мере 8, где коэффициент безопасности вычисляют как дозу токсина, необходимую для -10% изменения массы тела, измеренного как пг/мышь, и деленную на ED₅₀, изме-

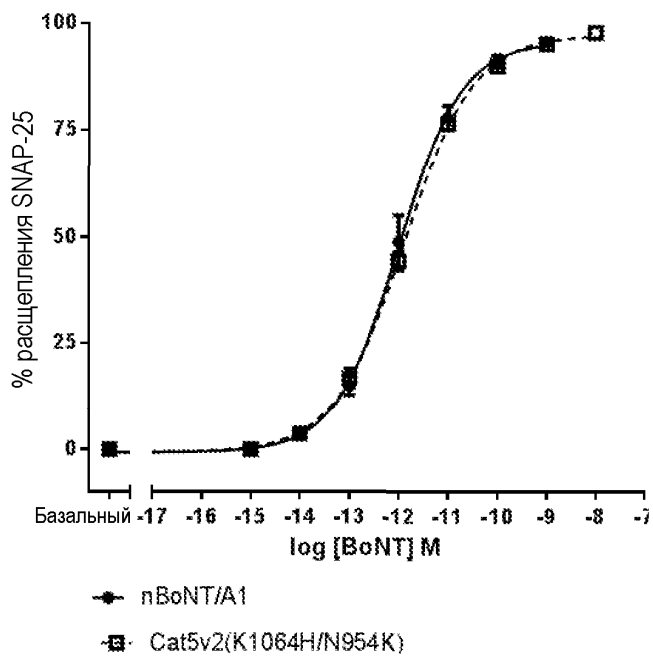
ренную как пг/мышь, по DAS, где ED_{50} равна дозе, необходимой для получения оценки по DAS, равной 2.

5. Применение сконструированного терапевтического нейротоксина клостридий по любому из предшествующих пунктов для предупреждения или лечения заболевания или состояния, выбранного из: косоглазия, блефароспазма, гетеротропии, дистонии (например, спастической дистонии, нижнечелюстной дистонии, очаговой дистонии, поздней дистонии, дистонии ротоглотки, дистонии конечностей, шейной дистонии), кривошеи (например, спастической кривошеи), снижения клеточной/мышечной активности (посредством ингибирования или инактивации SNARE), которое может быть предотвращено методами, применяемыми в косметологии (с использованием косметических средств), нервномышечного заболевания или нарушения моторики глазного яблока (например, сопутствующего косоглазия, вертикального косоглазия, паралича бокового отдела прямой кишки, нистагма, дистиреоидной миопатии), писчего спазма, блефароспазма, бруксизма, болезни Вильсона, тремора, тиков, сегментарного синдрома "пляшущих глаз", спазмов, спастичности, вызываемой хроническим рассеянным склерозом, спастичности, приводящей к нарушению функции мочевого пузыря, спазмов в области спины, судорог икроножной мышцы ("болезни всадников"), головной боли напряжения, синдрома поднимающей мышцы таза, синдрома расщепленного позвоночника, поздней дискинезии, болезни Паркинсона, тугоподвижности, спазмов в гемифациальной области, поражения век, церебрального паралича, фокальной спастичности, спастического колита, нейрогенного мочевого пузыря, анизма, спастичности конечностей, тиков, треморов, бруксизма, трещин в анальной области, ахалазии, дисфагии, слезливости, избыточного слюноотделения, избыточной секреции желудочного сока, боли в мышцах (например, боли, вызываемой мышечными спазмами), головной боли (например, головной боли напряжения), глубоких морщин в области бровей, морщин на коже, рака, заболеваний матки, расстройств мочеполовых путей, мочеполовых-нервных расстройств, хронического нейрогенного воспаления и расстройств гладких мышц.

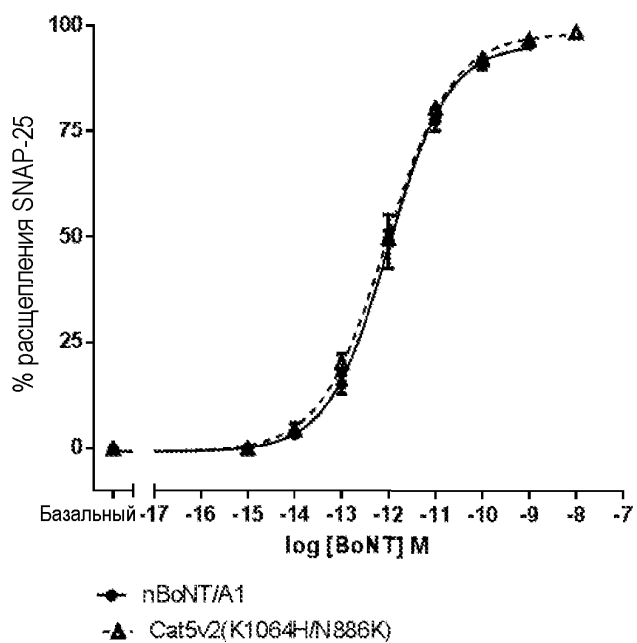


Фиг. 1

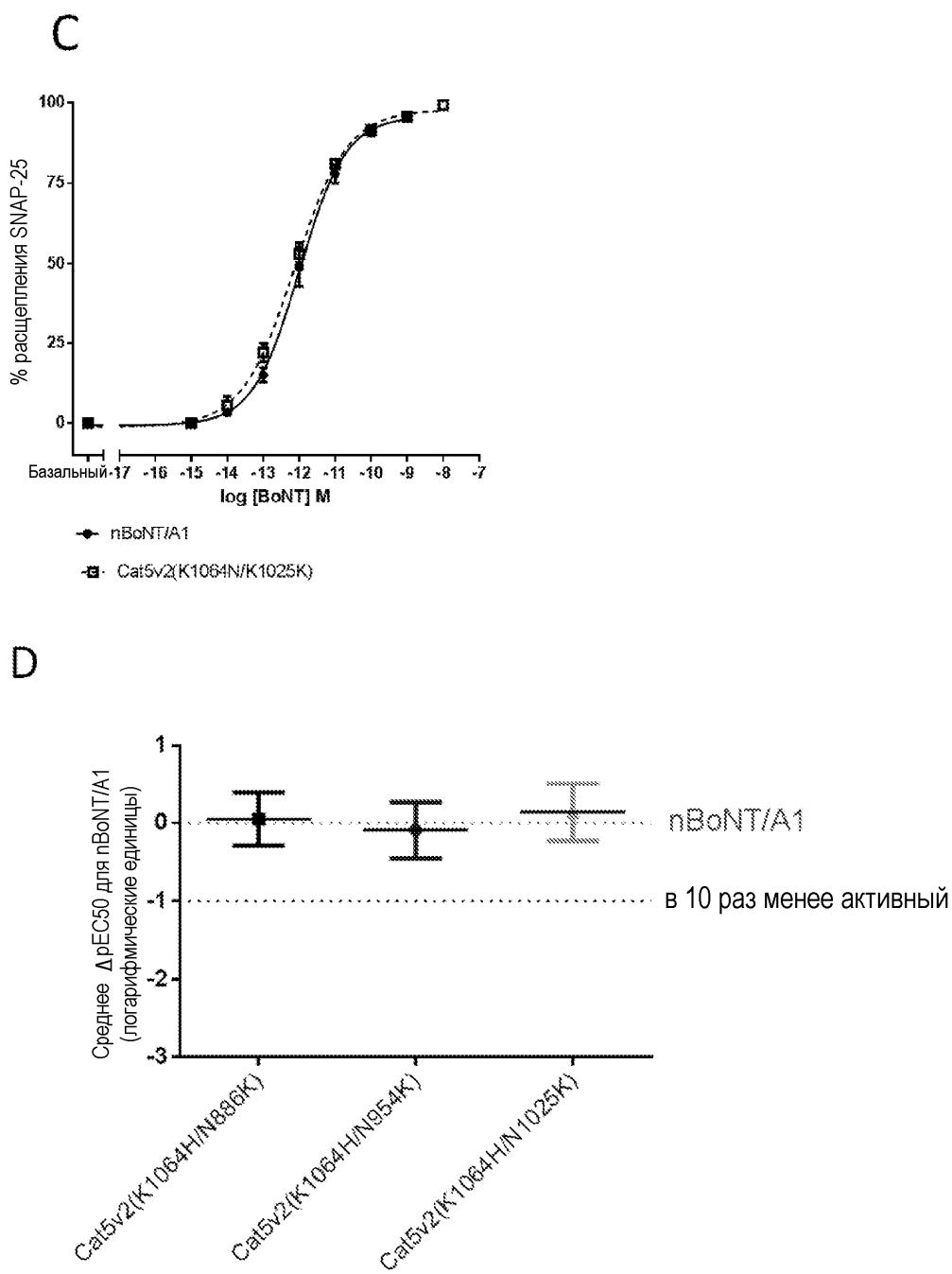
A



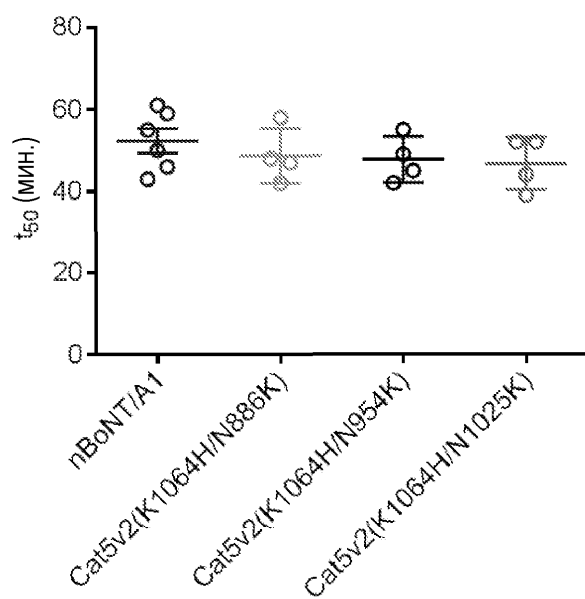
B



Фиг. 2



Фиг. 2 (продолжение)



SXN/партия	t ₅₀ (среднее, мин. ± ср. кв. ош.)
nBoNT/A1	52 ± 3
Cat5v2(K1064H/N886K)	49 ± 3
Cat5v2(K1064H/N954K)	48 ± 3
Cat5v2(K1064H/N1025K)	47 ± 3

Фиг. 3



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2