

УДК 616.8-009.7-089

В.А. Шабалов, Э.Д. Исагулян

НЕЙРОМОДУЛЯЦИЯ - СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХИРУРГИИ БОЛИ

НИИ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко РАМН
(г. Москва)*Ключевые слова: боль, нейромодуляция.*

Боль является наиболее распространенным страданием миллионов людей во всем мире, и для врача лечение боли является одной из первейших задач, которая по своей важности сравнима с мероприятиями по спасению жизни [4]. Согласно данным эпидемиологических исследований, той или иной болью страдают до 64% населения. Среди пожилых пациентов распространенность боли достигает 78% [7]. По данным отечественных эпидемиологических исследований, распространенность хронических болевых синдромов (без учета онкологических заболеваний) составляет не менее 40% взрослого населения, и эти цифры имеют тенденцию к неуклонному росту. Боль, как правило, поражает людей трудоспособного возраста. Отрицательное влияние боли проявляется не только на самих пациентах, оно также отражается и на их ближайшем окружении [3].

Значительный прогресс в фундаментальных знаниях привел к появлению новых медикаментов, в том числе патогенетически направленных на борьбу с патологической болью. Появление новых лекарственных средств и форм их применения позволяют в некоторых случаях облегчить страдания больных. Однако многообразие методов лечения наряду с отсутствием стандартов в отношении тактики терапии не только не облегчает решение данной проблемы, но, напротив, только усложняет ее.

Большой выбор медикаментов и немедикаментозных методов лечения (мануальная терапия, массаж, фитнес, акупунктура, физиотерапия, курортное лечение, психотерапия, реабилитация и т.д.) позволяют переключаться с одного лекарства на другое, переходить от одного метода к другому. Такой подход применим к легким или умеренным болевым синдромам или на самой ранней стадии лечения тяжелых болевых синдромов, но только не к больным с явной резистентностью к консервативному лечению или к лицам с отчетливыми признаками деафферентационной боли. Своевременный переход от консервативного лечения к хирургическому смог бы предотвратить развитие тяжелых инкурабельных форм хронической боли и значительно улучшить качество жизни сотен тысяч страдающих.

Однако и в хирургии болевых синдромов у нас в стране, к сожалению, имеется немало недостатков. Часто не учитываются выработанные за последние годы стандарты и огромный опыт лечения тяжелых

болевых синдромов в развитых странах мира. Несмотря на достаточно широкое распространение и доступность электронной информации, во многих клиниках по-прежнему выполняются операции, от которых давно отказались в развитых странах. Как и в случае консервативного лечения, отсутствует преемственность при переходе от одного метода к другому. Нет единых, отчетливых критериев отбора больных к тому или иному методу хирургического лечения. Выбор нередко осуществляется в зависимости от предпочтений и навыков хирурга, а также от стоимости (!) лечения.

Хирургическое лечение болевых синдромов в настоящее время представлено тремя основными видами оперативных вмешательств:

- 1) анатомическими;
- 2) деструктивными;
- 3) методами нейромодуляции.

Анатомические операции представлены декомпрессией, транспозицией и невротизмом. При наличии показаний они чаще выполняются на первом этапе хирургического лечения и являются во многих случаях патогенетически направленными.

Хорошо известно, что наиболее полный функциональный результат хирургического лечения тригеминальной невралгии достигается микроваскулярной декомпрессией корешка тройничного нерва. Эта операция является в данной ситуации единственной патогенетически обоснованной и нередко позволяет полностью устранить болевой синдром [1, 6]. Широкое применение анатомические операции нашли в хирургическом лечении туннельных синдромов [10].

Деструктивные операции — это вмешательства на различных отделах периферической и центральной нервной системы, целью которых является перерезка или разрушение путей болевой чувствительности и деструкция структур, воспринимающих и перерабатывающих болевую информацию в головном мозге. Появление новых фундаментальных данных о патогенезе хронических болевых синдромов заставляет по-новому пересмотреть тактику хирургического лечения болевых синдромов и, в частности, показания к применению деструктивных операций. Эти вмешательства в силу необратимости в 30% случаев вызывают тяжелые осложнения (парезы, параличи, нарушения функций тазовых органов, болезненные парестезии и даже нарушения витальных функций) [2, 5, 10, 13, 14]. Поэтому было принято решение (Брюссель, 1998):

- 1) ограничить деструктивные операции чрескожными вмешательствами при тригеминальной невралгии и фасеточно-болевым синдроме;
- 2) заменить деструктивные операции методами нейромодуляции.

В настоящее время в развитых странах мира деструктивные операции применяют только у ограниченного числа практически обреченных больных

с тяжелыми формами хронической боли, не поддающейся никаким другим методам воздействия [14, 23].

Методы нейромодуляции — это способы электрического или медиаторного воздействия на периферическую и/или центральную нервную систему, которые модулируют двигательные и сенсорные реакции организма путем перестройки нарушенных механизмов саморегуляции центральной нервной системы.

Нейромодуляция подразделяется на две основных разновидности:

- 1) нейростимуляция — электрическая стимуляция периферических нервов, спинного и головного мозга;
- 2) дозированное интратекальное введение лекарственных средств с помощью программируемых помп.

Последний метод лечения чаще применяется при онкологических болевых синдромах или при неэффективности нейростимуляции. В лечении неонкологических болевых синдромов чаще применяются методы нейростимуляции. Последние принято подразделять на:

- 1) электростимуляцию спинного мозга;
- 2) электростимуляцию периферических нервов;
- 3) электростимуляцию глубинных структур головного мозга;
- 4) электростимуляцию центральной (моторной) коры головного мозга.

Хроническая стимуляция спинного мозга

Хроническая стимуляция спинного мозга (Spinal Cord Stimulation — SCS) — наиболее распространенная форма электростимуляции нервной системы. Первая имплантация нейростимулятора осуществлена нейрохирургом C.N. Shealy в 1967 г. для облегчения тяжелого болевого синдрома у неизлечимо больных пациентов с онкологическими заболеваниями [25]. За три года C.N. Shealy et al. провели такие операции шести пациентам. Сегодня во всем мире ежегодно выполняется более 25 000 операций по SCS.

Основы обезболивающего действия SCS можно свести к следующему:

- 1) электрофизиологическая блокада проведения болевых импульсов;
- 2) выработка эндогенных антиноцицептивных веществ (ГАМК, серотонин, глицин, норадреналин и др.) и усиление нисходящих влияний антиноцицептивной системы;
- 3) периферическая вазодилатация, вследствие воздействия на симпатическую нервную систему [21].

Основными критериями отбора пациентов для нейромодуляции являются:

- тяжесть болевого синдрома и влияние его на качество жизни (по визуально-аналоговой шкале от 5 баллов и выше);
- отсутствие патологии, требующей лечения основного заболевания;

- неэффективность медикаментозного и других методов консервативного лечения (более 3 мес);
- отсутствие показаний к прямому хирургическому вмешательству (к анатомическим операциям);
- положительные результаты тестовой электростимуляции (см. ниже).

Противопоказаниями к нейростимуляции следует считать:

- тяжелую сопутствующую соматическую патологию;
- инкурабельную лекарственную зависимость;
- наличие в анамнезе суицидальных попыток, способствующих тяжелой психической патологии;
- психические нарушения с явными признаками социализации;
- недостаточность интеллектуального развития пациента, препятствующую использованию системы для электростимуляции.

Пациент должен быть полностью осведомлен о возможностях метода, его ограничениях, возможных осложнениях и ожидаемых результатах [30].

Существует два основных метода имплантации электродов: чрескожная (пункционная) имплантация цилиндрических электродов и открытая имплантация с помощью микроламинэктомии. Чаще имплантация производится пункционным способом под местной анестезией [5, 27].

При имплантации цилиндрических электродов под местной анестезией производится пункция заднего эпидурального пространства. По игле под контролем рентгеноскопии имплантируется электрод. Точное расположение электрода достигается благодаря тестовой интраоперационной стимуляции. Она позволяет точно расположить электрод над областью соответствующих сегментов спинного мозга.

Во время тестовой стимуляции необходимо получить парестезию, полностью соответствующую по локализации зоне боли. Парестезия не должна вызывать неприятных ощущений. С помощью тестовой электростимуляции уже на операционном столе обычно удается получить анальгетический эффект, выраженность которого имеет важную прогностическую ценность в отношении дальнейшей хронической SCS [9].

На первом этапе электроды подсоединяются к временным коннекторам, которые выводятся наружу через контрапертуру. В течение 7–10 дней выполняется тестовый период наблюдения. В течение данного периода больной обучается пользованию системой для хронической электростимуляции. Производится подбор режима стимуляции (частоты сеансов в сутки, продолжительность каждого сеанса), параметров стимуляции (амплитуды, частоты, ширины импульсов, полярности, комбинации контактов).

Только в случае заметного уменьшения выраженности болевого синдрома (обычно на 50% и более от исходного уровня) производится второй этап операции — имплантация подкожной части системы. Данный этап производится обычно под общим

Таблица

Эффективность SCS, по данным литературы за последние 5 лет [14, 18, 19, 27]

Источник	Диагноз	Кол-во наблюдений	Катамнез, мес.	Уменьшение боли на 50% и более
Bennett et al., 1999	КРБС ¹ I	101	18,7-23,5	У 70% лиц с 4-контактными и у 91 % лиц с 8-контактными электродами
Kavaretal., 2000	Люмбоишиалгия	25	18,5	56% отличных результатов
Kemleretal., 2005	КРБС ¹	54	16	Значительное улучшение (в 3 раза по сравнению с контролем)
Petrakis, Sciacca, 2001	Нейроваскулярные синдромы	60	18	78%
Huberetal., 2002	Нейроваскулярные синдромы	17	32	100%
Barolatetal., 2004	FBSS ²	41	12	88,2%

¹ КРБС — комплексный региональный болевой синдром.² FBSS — Failed Back Surgery Syndrome (синдром неудачных операций на позвоночнике).

обезболиванием (нет необходимости в речевом контакте с пациентом). Электроды туннелируются через мягкие ткани в область подкожного кармана, образованного для генератора импульсов и соединяются с последним.

При имплантации плоских электродов операция проходит чаще под общим обезболиванием. В области планируемой имплантации проводится микроламинэктомия. Электроды располагаются над твердой мозговой оболочкой и фиксируются к последней узловыми швами. При этом тестовая интраоперационная электростимуляция обычно не производится или больной пробуждается на данном этапе. Для обеспечения адекватной проходимости дыхательных путей во время болезненной части операции и более легкого пробуждения для проведения теста в некоторых клиниках применяется ларингеальная маска. В некоторых случаях можно ориентироваться на моторные эффекты — сокращения мышц в зоне боли. Мышечные сокращения обычно удается получить при стимуляции с использованием низкой частоты (5–10 Гц).

Дальнейшие этапы операции такие же, как и при имплантации цилиндрических электродов. Выбор электродов, их количество, расположение вдоль оси позвоночника и по отношению к поперечному сечению спинного мозга зависит от локализации и распространенности болевого синдрома.

Для стимуляции спинного мозга чаще применяются системы Medtronic (США) - ITREL 3, SYNERGY и RESTORE. За стандарт успешного результата лечения следует принимать уменьшение боли на 50% и более (по визуально-аналоговой шкале). Данные литературы последних лет указывают на эффективность метода в раннем послеоперационном периоде у 80–90% больных, а в отдаленном периоде (с катамнезом до 20 лет) хорошие и отличные результаты сохраняются у 70% больных (табл.).

Осложнения при SCS можно условно разделить на три основные категории: 1) технические (связан-

ные с неисправностью в системе), 2) инфекционные, 3) неврологические.

Большинство технических проблем устранимо без дальнейших осложнений и реимплантации системы.

Ликворея может возникать как при имплантации открытым способом, так и при чрескожной имплантации. Ее причина — прокол твердой мозговой оболочки иглой, проводником или электродом. В среднем частота ликвореи составляет менее 1%. Инфекционные осложнения развиваются в 0,5–15 % случаев. В среднем их частота не превышает 3–5%. Чаще всего происходит инфицирование в области генератора (или приемника) импульсов или соединительного кабеля (коннектора). Очень редко инфекция распространяется в эпидуральное пространство. В связи с усовершенствованием систем и применением биологически индифферентных материалов аллергические реакции возникают все реже. Если все же они развиваются, система должна быть удалена. Кожные изменения (эрозии над компонентами системы) обычно возникают у пациентов с сопутствующим сахарным диабетом [27].

Наиболее опасное осложнение, которое может возникнуть при любом вмешательстве на структурах позвоночника, — это повреждение нервных образований. Однако количество таких осложнений составляет менее 1% [27]. Причиной послеоперационного неврологического дефицита может быть и эпидуральная гематома [13].

Одним из возможных осложнений является усиление исходной боли и даже появление новой. Это особенно характерно для комплексного регионального болевого синдрома I типа. Пациенты с комплексным региональным болевым синдромом могут ощущать боль и аллодинию в области имплантируемых компонентов системы. Обычно боль возникает в процессе заживления раны и длится от 7 до 14 дней. Редко такая боль может длиться дольше и проходит в течение 2–3 недель [18, 27]. У подавляющего большинства пациентов с развитием подкожной гематомы над

имплантированными компонентами системы отмечены изменения свертываемости крови под воздействием антикоагулянтной терапии [27].

Хроническая стимуляция глубинных структур головного мозга

Первое применение электрической стимуляции глубинных структур головного мозга (Deep Brain Stimulation — DBS) в лечении болевых синдромов относится к 50-м годам прошлого столетия. В 1956 г., при выполнении психирургических вмешательств, Pool et al. наблюдали анальгетический эффект при стимуляции септальной области кпереди и латеральнее от столбов свода [30].

В течение последних десятилетий достижения нейровизуализации, усовершенствования самой методики сделали нейростимуляцию глубинных структур головного мозга эффективным методом лечения нейрогенной боли, преимущественно центрального генеза:

- 1) боль после инсультов (таламический болевой синдром);
- 2) фантомная боль;
- 3) боль после травм и других повреждений головного и спинного мозга;
- 4) комплексный региональный болевой синдром обоих типов;
- 5) другие виды нейропатической боли (а также соматогенная хроническая боль) при неэффективности нейростимуляции на низележащем уровне и отсутствии показаний к анатомическим операциям [8, 14, 17, 30].

Точные механизмы анальгетического действия электрической стимуляции глубинных структур головного мозга до сих пор остаются неизвестными. Однако в современной литературе доминируют три основные гипотезы, многие из которых подтверждены экспериментально.

1. Стимуляция периаквадуктального или перивентрикулярного серого вещества приводит к активизации преимущественно опиоидергической антиноцицептивной системы [20, 29, 30].

2. Противоболевой эффект стимуляции сенсорных ядер таламуса и внутренней капсулы преимущественно связывают с электрофизиологической блокадой болевой импульсации и опосредованно с активизацией ГАМК- и серотонинергической антиноцицептивной системы [8, 29].

3. Срединный центр и парафасцикулярный комплекс больше отвечают за психоэмоциональный компонент в восприятии боли [8, 19].

Критерии отбора больных, подлежащих DBS, практически не отличаются от вышеописанных при SCS. Можно выделить следующую локализацию точек цели (мишеней):

- 1) вентрокаудальная группа сенсорных ядер таламуса;
- 2) срединный центр таламуса;
- 3) периаквадуктальное и перивентрикулярное серое вещество;

4) сенсорные ядра таламуса плюс срединный центр и парафасцикулярный комплекс;

5) различные сочетания основных точек-мишеней.

В настоящее время операции по имплантации внутримозговых электродов проводятся двумя основными способами стереотаксической нейрохирургии — классическим рамным стереотаксисом и безрамной стереотаксической навигацией. После имплантации электрода производится интраоперационная стимуляция. Дальнейшие этапы операции практически не отличаются от описанных в методике SCS. Для стимуляции глубинных структур головного мозга обычно применяется система KINETRA.

Несмотря на 30-летний опыт применения метода DBS, эффективность лечения по-прежнему значительно варьирует — прежде всего в зависимости от критериев выбора пациентов и длительности катамнеза.

В лечении центральной боли эффективность метода превосходит таковую при SCS. При таламическом болевом синдроме данные многих авторов расходятся. По данным К. Kumar et al., только у одного из пяти больных наблюдался адекватный контроль над болью [30]. В последнее время появляется все больше успешных результатов лечения таламического болевого синдрома с помощью стимуляции моторной коры головного мозга.

По данным Европейского кооперативного исследования, у 26 из 30 пациентов с фантомной болью достигнуто значительное уменьшение боли при ЭС сенсорных ядер таламуса, а также периаквадуктального серого вещества или внутренней капсулы [29]. G. Mazars et al. [22] отмечали успешные результаты у 40 из 41 больных, которым применялась DBS. Однако в других исследованиях сообщается о менее успешных результатах (20–30%) [20]. Таламическая репрезентация отсутствующей конечности может драматически увеличиваться при возникновении генераторов патологически усиленного возбуждения, что доказано с помощью томографически контролируемых исследований. С помощью этих исследований также установлена возможность миграции корковой репрезентации отсутствующей конечности под воздействием различных методов лечения [12].

Результаты DBS при болевой анестезии лица также неоднородны. Наибольшее количество больных описал J. Siegfried. Он представил 24 пациентов, у 10 из которых были достигнуты отличные и еще у 6 хорошие длительные результаты DBS. G. Mazars et al. представили 6 отличных результатов у 7 больных [22]. В то же время Y. Hosobuchi сообщил только о 4 пациентах из 12 с адекватным обезболиванием на фоне DBS [15]. Несмотря на вышеописанное расхождение в отношении частоты успешных результатов, до последнего времени DBS был практически единственным методом лечения пациентов с этим мучительным болевым синдромом. Иногда DBS может явиться эффективным методом лечения при повреждениях спинного мозга. Так, G. Mazars писал о 4 хороших результатах из 4 наблюдений [22].

DBS может быть показана при центральных болевых синдромах, в случаях, где метод SCS, как правило, малоэффективен. Однако, как и при SCS, здесь прослеживается зависимость результатов от выраженности деафферентации и уровня распространения генераторов патологически усиленного возбуждения по оси нервной системы: чем меньше выраженность деафферентационной боли и чем ниже уровень распространения генераторов патологически усиленного возбуждения, тем лучше результаты [8, 29, 30].

Клинически определить уровень распространенности генераторов патологически усиленного возбуждения практически невозможно, поэтому перспективными в этом отношении являются методы функциональной нейровизуализации. Функциональная магнитно-резонансная томография и позитронно-эмиссионная томография способны во многих случаях выделить область преобладания гиперактивности, ее динамику при том или ином воздействии. Наконец, с помощью данных исследований можно определить миграцию репрезентативного участка отсутствующей конечности в коре головного мозга в случае деафферентационных и фантомных болевых синдромов [14, 30].

В целом все возможные осложнения DBS составляют около 13%, с летальностью 1,6% [20, 29]. Наиболее частой причиной летальных исходов является внутримозговое кровоизлияние. Оно может возникнуть как при имплантации, так и при удалении электрода. Частота внутримозговых кровоизлияний варьирует от 1,9 до 4,1%.

Частота инфекционных осложнений составляет 3,3–13,3% [20]. Инфекционные осложнения в поверхностных слоях раны могут регрессировать на фоне адекватной антибиотикотерапии. Большинство осложнений носят технический характер [8, 17, 20, 29, 30]. Побочные эффекты нейростимуляции возникают нечасто и проявляются необычными ощущениями и/или парестезиями в контралатеральных конечностях, лице или туловище [8, 30]. Иногда возникают ощущения прилива, жара, преходящие затруднения дыхания. Все вышеназванные явления преходящи и проходят сразу после прекращения действия электростимулятора. При стимуляции на подпороговых величинах побочные эффекты обычно не возникают [8, 30].

Хроническая стимуляция моторной коры головного мозга

В 1991 г. Tsubokawa предложил метод хронической стимуляции моторной коры головного мозга (Motor Cortex Stimulation — MCS) [28]. В настоящее время — это быстро развивающееся направление нейростимуляции, которое преимущественно применяется при деафферентационных болевых синдромах, рефрактерных к медикаментозной терапии и в случае неэффективности SCS [8, 11, 15, 16, 26, 24].

Механизм действия MCS до сих пор полностью не объяснен. В своих первых публикациях Tsubokawa предложил следующую гипотезу: при MCS происходит антидромная активация нейронов сенсорной

коры, которая посылает нисходящие импульсы, активизирующие структуры, которые, в свою очередь, ингибируют патологическую гиперактивность таламуса, возникающую при деафферентации. Одним из возможных механизмов обезболивания также является активация периаквадуктального серого вещества головного мозга [24]. Критерии выбора пациентов, показания, противопоказания практически не отличаются от таковых при DBS.

Операция проводится в несколько этапов. На дооперационном этапе производится магнитно-резонансная томография (часто функциональная) головного мозга. Данные о распространенности представительства «зоны боли» в коре головного мозга и, соответственно, области интереса заносятся в базу данных навигационной станции. Производится костно-пластическая трепанация (диаметр — 4–5 см) [8, 23, 24]. Под контролем безрамной нейронавигации, и электрофизиологических методов в эпидуральное пространство над областью центральной коры головного мозга имплантируются электроды. Их установка проводится таким образом, чтобы катоды (активные контакты) оказались над областью моторной коры, а аноды — над областью сенсорной коры [8, 24].

Для идентификации зоны интереса производят интраоперационную электростимуляцию. При макростимуляции на надпороговых и пороговых величинах получают сокращения мышц в области боли [8, 26]. При этом иногда могут возникать парциальные или вторично генерализованные припадки. Они бесследно исчезают сразу при уменьшении амплитуды импульса и в дальнейшем не возобновляются при ЭС на подпороговых значениях тока [11, 16].

Результаты уже первой серии наблюдений Т. Tsubokawa et al. [28] подтвердили эффективность стимуляции коры у пациентов с таламической болью: у 67% пациентов достигнут хороший и продолжительный эффект, превышающий эффективность таламической стимуляции.

Обзор литературы последних лет показывает достаточно высокую эффективность метода в лечении нейрогенных болей различного происхождения в границах 44–88% хороших и отличных результатов в зависимости от нозологической формы. Лучшие результаты наблюдаются у больных с тригеминальной невралгией (в том числе и с атипичными формами) [11, 24].

Все осложнения и/или побочные эффекты, связанные с MCS, встречаются не чаще чем в 11,4% случаев. Осложнения представлены эпилептическими (3,6%) или субдуральными (2,2%) гематомами, эпилептическими припадками (0,7%) и преходящими нарушениями речи (0,7%) [11, 16, 24].

Заключение

Таким образом, современная хирургия боли располагает достаточным арсеналом средств борьбы с нейрогенной болью. На первом этапе обычно рассматривается возможность патогенетически направленных

анатомических операций. Так, при наличии грубого дискорадикулярного конфликта в пояснично-крестцовом отделе позвоночника и установленной связи его с болевым синдромом (возможно, и с неврологическими выпадениями) в качестве операции выбора может быть произведена минимально-инвазивная дискэктомия. Арсенал таких операций на сегодняшний день также достаточно широкий (от лазерной вапоризации и эндоскопического удаления грыжи до микроламинэктомии), каждая из которых имеет свои показания и противопоказания. Однако в случае неэффективности уже произведенной анатомической операции необходимо с особой осторожностью рассматривать возможность ее повторного применения. Особенно это относится к операциям, направленным на удаление рубцово-спаечной ткани. При отсутствии других показаний к анатомическим вмешательствам необходимо поставить вопрос о возможности применения методов нейромодуляции.

Лечение с помощью методов нейромодуляции сдерживается не ценой нейростимуляторов, что любят подчеркивать оппоненты метода, а отсутствием информации о возможностях нейростимуляции. Все это послужило поводом для написания данной статьи.

Безусловно, методы нейромодуляции не являются панацеей от всех видов боли. Как и к любому хирургическому вмешательству, здесь имеются свои показания и противопоказания. Лечение тяжелых форм болевых синдромов должно быть комплексным, многогранным. Цель данной статьи обратить внимание, прежде всего неврологов и врачей общей практики, на возможности современной функциональной нейрохирургии в решении этой мультидисциплинарной проблемы.

Литература

1. Григорян Ю.А., Онопченко Е.В. // 3-й съезд нейрохирургов России: материалы. — СПб., 2002. — С. 461—462.
2. Древалъ О.Н. Болевые синдромы при поражениях плечевого сплетения (патогенез, клиника, микрохирургия): дис.... д-ра мед. наук. — М., 1991.
3. Крыжановский Г.Н. // Боль. — 2003. — № 1. — С. 4-5.
4. Кукушкин М.Л., Хитров Н.К. Общая патология боли. — М.: Медицина, 2004.
5. Нинель В.Г. Электростимуляция спинного мозга в лечении тяжелых болевых синдромов туловища и конечностей нейрогенной природы: дис. ... д-ра мед. наук. — М., 1994.
6. Оглезнев К.Я., Григорян Ю.А. // Вопросы нейрохирургии. — 1991. — № 1. — С. 22-25.
7. Павленко С.С., Денисов В.Н., Фомин Г.И. Организация медицинской помощи больным с хроническими болевыми синдромами. — Новосибирск: Новосибирский полиграфкомбинат, 2002.
8. Шабалов В.А. // Патогенез. — 2005. — № 2. — С. 26.
9. Шабалов В.А., Исагулян Э.Д. // Вопросы нейрохирургии. — 2005. — № 4. — С. 11-18.
10. Шевелев И.Н. Клиника, диагностика и микрохирургическое лечение травматических поражений плечевого сплетения: дис.... д-ра мед. наук. — М., 1990.
11. Brown J.A., Barbaro N.M. // Pain. — 2003. — Vol. 104, No. 3. — P. 431.
12. Cohen L.G., Bandinelli S., Findley T. W. // Brain. — 1991. — Vol. 114. — P. 615-627.
13. Giancarlo B., Sharan A.D. // Seminars in Neurosurgery. — 2004. — Vol. 15, No. 2/3.
14. Gybels J.S., Erdine J., Maeyaert B. et al. // European Journal of Pain. — 1998. — Vol. 2. — P. 203-209.
15. Hosobuchi Y. // Electrical and Magnetic Stimulation of the Brain and Spinal Cord. — New York: Raven Press, 1993. — P. 215-217.
16. Katayama Y., Yamamoto T., Kobayashi K. et al. // Stereotact. Funct. Neurosurg. — 2001. — Vol. 77. — P. 159-161.
17. Krauss J.K., Pohle T., Weigel R., Kalbarczyk A. // Stereotact. Funct. Neurosurg. — 2001. — Vol. 77. — P. 194.
18. Kumar K., Toth C., Nath R.K., Laing P. // Surg. Neurol. — 1998. — Vol. 50, No. 2. — P. 110-120.
19. Kumar K., Malik S., Demeria D. // Neurosurgery. — 2002. — Vol. 52. — P. 106-116.
20. Levy R.M. // Neurosurg. Clin. N. Am. — 2003. — Vol. 14, No. 3. — P. 389-399.
21. Linderth B. Dorsal Column Stimulation and Pain: Experimental Studies of Putative Neurochemical and Neurophysiological Mechanisms. — Stockholm: Kongl Carolinska Medico Chirurgiska Institutet; 1992.
22. Mazars G., Merienne L., Cioloca C. // Adv. Pain Res. Ther. — 1979. — Vol. 3. — P. 541-546.
23. Meyerson B.A. // Acta Anaesthesiologica Scand. — 2001. — Vol. 45, No. 9. — P. 1108.
24. Nguyen I.P., Lefaucher J.P., LeGuerinel C. et al. // Arch. Med. Res. — 2000. — Vol. 31. — P. 263-265.
25. Shealy C.N., Mortimer J.T., Reswick J.B. // Anesth. Analg. curr. Res. — 1967. — Vol. 46. — P. 299-304, 489-491.
26. Smith H., Joint C., Schlugman D. et al. // Neurosurg. Focus. — 2001. — Vol. 11, No. 3.
27. Tracy C. // Texas J. Neurosurg. — 2004. — Vol. 100. — P. 254-267.
28. Tsubokawa T., Katayama Y., Yamamoto T. et al. // Acta Neurochir. — 1991. — Vol. 52, Suppl. — P. 137-139.
29. Louis A., Whitworth J.F., Claudio A.F. // Seminars in Neurosurgery. — 2004. — Vol. 15. — P. 183-193.
30. Young R.F. // Current Science. — 1997. — No. 1. — P. 182-191.

Поступила в редакцию 26.02.2008.

NEUROMODULATION - THE MODERN METHODS OF PAIN SURGERY

V.A. Shabalov, E.D. Isagulyan
Scientific Research Institute of Neurosurgery named by N.N. Burdenko of Russian Academy of Medical Science (Moscow)
Summary — The review of the literature devoted to the treatment of the pain by methods of neuro-stimulation. Indications and contra-indications to Spinal Cord Stimulation, Deep Brain Stimulation, and Motor Cortex Stimulation are considered. It is concluded necessity of the complex approach to the treatment of the severe forms of the syndrome of pain.

Pacific Medical Journal, 2008, No. 1, p. 16-21.