

Сведения об авторах	5
Рецензии	7
Оглавление	11
Список сокращений и условных обозначений.	20
Введение	25

ЧАСТЬ I

Этиопатогенез, диагностика и лечение хронических болевых синдромов	27
-------------------------------------------------------------------------------------	-----------

Глава I Алгология	29
------------------------------------	-----------

1.1 Эпидемиология, дефиниции и классификация болевых синдромов	29
1.2 Основные виды хронической боли	32
1.3 Анатомо-физиологические основы ноцицепции — «теории боли»	40
1.4 Диагностика и попытки объективизировать субъективное.	45
1.4.1 Анамнез заболевания	45;
1.4.2 Неврологический осмотр	45;
1.4.3 Нейроортопедическое обследование: характерные симптомы и синдромы	46
1.4.4 Оценка болевого синдрома с помощью шкал	50
1.4.5 Инструментальные методы	53
1.5 Лечение. Общие принципы. Консервативные методы лечения.	63
1.5.1 Общие принципы лечения хронических болевых синдромов	63
1.5.2 Консервативное лечение	67
1.5.2.1 Антikonвульсанты	67
1.5.2.2 Антидепрессанты	69
1.5.2.3 Топические анальгетики.	69
1.5.2.4 Опиоидные анальгетики.	70
1.5.2.5 Лекарственные средства других групп	72
1.6 Обзор минимально-инвазивных методов лечения	75

Глава 2 Современная хирургия болевых синдромов	79
-----------------------------------------------------------------	-----------

2.1 Современное состояние хирургических методов лечения боли, общая стратегия и тенденции ее развития	79
2.2 Деструктивные операции	80

ЧАСТЬ II

Хирургическая нейромодуляция болевых синдромов 85

Глава 1 История 87

1.1 История развития нейромодуляции 87

1.2 История развития нейромодуляции в России 93

Глава 2 Нейростимуляция 97

2.1 Хроническая электростимуляция периферических нервов . . 97

2.1.1 Механизм действия 97

2.1.2 Критерии отбора пациентов, показания,
противопоказания 98

2.1.2.1 Показания 99

2.1.2.2 Отбор пациентов 101

2.1.2.3 Противопоказания 103

2.1.3 Методика 104

2.1.3.1 Стандартный открытый метод PNS 104

2.1.3.2 Чрескожный метод 115

2.1.3.3 Фиксация электрода (-ов) 136

2.1.3.4 Туннелирование 139

2.1.3.5 Формирование кармана 141

2.1.4 Особенности методики при сочетанных цефалгиях . . . 143

2.1.5 Эффективность PNS при основных показаниях 152

2.1.5.1 Головная боль 152

2.1.5.1.1 Мигрень 152

2.1.5.1.2 Кластерная головная боль 158

2.1.5.1.3 Невралгия затылочных нервов
и цервикогенная головная боль 166

2.1.5.1.4 Смешанные причины цефалгий 170

2.1.5.2 Стимуляция плечевого сплетения и его ветвей . 172

2.1.5.3 Болевой синдром при постоперационной
или посттравматической невралгии 174

2.1.5.4 Хроническая боль в области
крестцово-подвздошного сустава 176

2.1.5.5 Невропатия подвздошно-пахового,
подвздошно-подчревного
и бедренно-полового нервов 177

2.1.5.6 Невропатия полового нерва 179

2.1.5.7 Фибромиалгия 186

2.1.5.8 Постампутационная боль 191

2.1.6 Осложнения 195

2.2 Электростимуляция дистальных ветвей
периферических нервов 195

2.2.1	Механизм действия	195
2.2.2	Критерии отбора пациентов, показания, противопоказания	196
2.2.3	Методика	199
2.2.3.1	Стандартный пункционный метод	199
2.2.3.2	Перекрестный метод	206
2.2.4	Осложнения	227
2.3	Хроническая стимуляция спинного мозга	230
2.3.1	Механизмы действия	230
2.3.2	Показания. Критерии отбора пациентов	235
2.3.2.1	Показания	235
2.3.2.2	Критерии отбора	235
2.3.3	Оборудование. Возможности современных электродов и систем	239
2.3.3.1	Чрескожные электроды	239
2.3.3.2	Плоские электроды	252
2.3.3.3	Удлинитель	255
2.3.3.4	Адаптеры	257
2.3.3.5	Заглушки	257
2.3.3.6	Генераторы импульсов	258
2.3.3.7	Имплантируемые генераторы импульсов	259
2.3.3.8	Программатор врача	267
2.3.3.9	Пульт пациента	270
2.3.3.10	Зарядное устройство	271
2.3.3.11	«Безгенераторные» микроволновые системы	272
2.3.3.12	Аксессуары	274
2.3.4	Методика имплантации	275
2.3.4.1	Стандартный пункционный метод	275
2.3.4.1.1	Подготовка	275
2.3.4.1.2	Процедура имплантации	285
2.3.4.1.3	Тестовый период	310
2.3.4.1.4	Локализация генератора и подготовка к его установке	323
2.3.4.2	Открытая имплантация. Методика. Особенности ЭС и анестезии	330
2.3.4.3	Особенности имплантации «безгенераторных» систем	338
2.3.4.4	Техника ретроградной имплантации	340
2.3.4.5	Имплантация электрода в зоне DREZ	343
2.3.5	Программирование	344
2.3.6	Применение SCS при основных показаниях	358
2.3.6.1	Синдром оперированного позвоночника	358
2.3.6.1.1	Визуализация	360

2.3.6.1.2	Показания и противопоказания	361
2.3.6.1.3	Эффективность	362
2.3.6.2	SBRS — Surgical Back Risk Syndrome	366
	Заключение	368
2.3.6.3	Комплексный регионарный болевой синдром	371
2.3.6.3.1	Введение	371
2.3.6.3.2	Демография пациентов и факторы риска	373
2.3.6.3.3	Патофизиология комплексного регионарного болевого синдрома	374
2.3.6.3.4	Текущий подход к лечению комплексного регионарного болевого синдрома и роль SCS	376
2.3.6.3.5	Отбор пациентов	377
2.3.6.3.6	Эффективность	378
2.3.6.3.7	Осложнения SCS при КРБС.	387
2.3.6.3.8	Экономическая эффективность SCS при КРБС	388
	Заключение	388
2.3.6.4	Болезнь периферических сосудов и постампутационный болевой синдром	389
2.3.6.4.1	Введение	389
2.3.6.4.2	Постановка диагноза	389
2.3.6.4.3	Фундаментальные научные данные	394
2.3.6.4.4	Лечение и оценка	397
2.3.6.4.5	Эффективность	398
2.3.6.5	Хроническая рефрактерная стенокардия	407
2.3.6.5.1	Введение	407
2.3.6.5.2	Эпидемиология	408
2.3.6.5.3	Постановка диагноза: стенокардия и роль SCS	408
2.3.6.5.4	Механизмы боли при стенокардии	411
2.3.6.5.5	SCS и альтернативные методы лечения PC	411
2.3.6.5.6	Механизм действия SCS при стенокардии	414
2.3.6.5.7	Отбор пациентов с PC для SCS.	418
2.3.6.5.8	Оборудование и техника SCS при PC	421
2.3.6.5.9	Эффективность	422
2.3.6.6	Посттравматический болевой синдром	427
2.3.6.7	Болевая диабетическая периферическая нейропатия	429
2.3.6.8	Другие относительно частые показания	432

2.3.6.9	Висцеральная абдоминальная боль	432
2.3.6.9.1	Введение	432
2.3.6.9.2	Патофизиология висцеральной боли.	433
2.3.6.9.3	Спинно-мозговая стимуляция при висцеральной боли: возможные механизмы облегчения боли	434
2.3.6.9.4	Клинический опыт применения SCS при хронической висцеральной боли.	434
2.3.6.9.5	Стимуляция спинного мозга в алгоритме лечения хронической абдоминальной боли	439
2.3.6.10	Постгерпетическая невралгия	439
2.3.6.10.1	Введение	439
2.3.6.10.2	Краткий обзор существующих методов лечения ПГН. Роль нейростимуляции в купировании боли при ПГН	440
2.3.7	Осложнения	441
2.3.7.1	Типы осложнений	442
2.3.7.1.1	Техногенные осложнения	443
2.3.7.1.2	Биологические осложнения	446
2.3.7.2	Предоперационный этап	449
2.3.7.2.1	Рекомендации, связанные с факторами риска	449
2.3.7.2.2	Прочие рекомендации	456
2.3.7.3	Этап операции	456
2.3.7.3.1	Обработка кожи пациента и драпировка операционного поля	456
2.3.7.3.2	Облачение хирурга	457
2.3.7.3.3	Структура, оснащение и оборудование операционной	457
2.3.7.3.4	Накрытие операционного поля	458
2.3.7.3.5	Опыт хирурга.	458
2.3.7.3.6	Влияние способа проведения тестового периода и имплантации постоянной системы.	458
2.3.7.3.7	Особенности хирургических манипуляций	459
2.3.7.4	Послеоперационный этап	461
2.3.7.4.1	Геморрагические осложнения	463
2.3.7.4.2	Неврологические осложнения	465
2.3.7.4.2.1	Головная боль вследствие прокола твердой мозговой оболочки	465

2.3.7.4.2.2 Другие неврологические осложнения	468
2.3.7.4.3 Другие биологические осложнения. . .	470
2.3.7.4.3.1 Серома	470
2.3.7.4.3.2 Боль в области расположения элементов системы	471
2.3.7.4.3.3 Эпидуральный фиброз . . .	472
2.3.7.4.4 Гастроэнтерологические осложнения .	472
2.3.7.4.5 Урологические осложнения	473
2.3.7.4.6 Аллергические реакции	474
2.3.7.4.7 Осложнения, связанные с программированием системы.	476
2.3.7.5 Ревизии	479
2.3.7.6 Снижение рисков и предотвращение осложнений	480
Заключение	486
2.4 Новые методики SCS – залповая и высокочастотная.	
Стимуляция ганглиев спинного мозга	487
2.4.1 Механизмы действия	487
2.4.1.1 Высокочастотная стимуляция	487
2.4.1.2 Залповая стимуляция	489
2.4.1.3 DRGS – стимуляция ганглиев спинного мозга . .	490
2.4.2 Критерии отбора пациентов, показания и противопоказания	491
2.4.3 Методика имплантации	491
2.4.3.1 Методика DRGS	492
2.4.3.2 Оборудование	492
2.4.3.3 Техника имплантации	495
2.4.3.4 «Трансградная» методика.	503
2.4.3.5 Открытая микрохирургическая методика	506
2.4.3.6 Имплантация IPG	507
2.4.3.7 Особенности метода прямой трансфораминальной имплантации электрода на DRG	508
2.4.4 Эффективность и безопасность	510
2.4.4.1 Высокочастотная стимуляция спинного мозга .	510
2.4.4.2 Залповая стимуляция спинного мозга	516
2.4.4.3 Стимуляция ганглиев спинного мозга	519
2.4.4.4 Безопасность.	529
2.5 Электростимуляция крестцовых корешков	530
2.5.1 Механизм действия	530
2.5.2 Отбор пациентов. Показания, противопоказания	532
2.5.2.1 Общие показания	532
2.5.2.2 Абсолютные противопоказания	533
2.5.2.3 Относительные противопоказания	534

2.5.3	Методика	534
2.5.3.1	Анатомия	534
2.5.3.2	Трансвертебральный подход для стимуляция корешков	535
2.5.3.3	Ретроградная стимуляция нервных корешков	537
2.5.3.4	Экстрафораминальная стимуляция нервных корешков	541
2.5.3.5	Сакральная стимуляция нервных корешков с целью лечения кокцигодинии или боли в области крестцово-подвздошного сочленения	555
2.5.4	Программирование	558
2.5.4.1	Общая характеристика устанавливаемых параметров	558
2.5.5	Эффективность SNRS при ХТБ	564
2.5.5.1	Интерстициальный цистит/синдром болезненного мочевого пузыря	565
2.5.5.2	Вероятность эксплантации IPG у пациентов с ИЦ/СБМП	570
2.5.5.3	Функциональная аноректальная боль	570
2.5.5.4	Нарушения функций тазовых органов	572
2.5.5.5	Женская сексуальная дисфункция	573
2.5.6	Осложнения	574
2.6	Хроническая стимуляция глубоких структур головного мозга	574
2.6.1	DBS в лечении боли. История	575
2.6.2	Механизм действия	577
2.6.3	Критерии отбора пациентов, показания, противопоказания	581
2.6.3.1	Отбор пациентов	581
2.6.3.2	Показания	583
2.6.4	Выбор мишени	583
2.6.4.1	Чувствительные ядра таламуса (VPL, VPM)	585
2.6.4.2	Периакведуктальное и перивентрикулярное серое вещество	587
2.6.4.3	«Гипоталамическая» мишень Franzini	589
2.6.4.4	Вентральная часть полосатого тела и передняя ножка внутренней капсулы.	590
2.6.4.5	Cingulum	590
2.6.5	Методика имплантации	592
2.6.5.1	Методика (по этапам)	594
2.6.5.2	Доступ	598
2.6.5.3	Микроэлектродная регистрация и имплантация электродов	599
2.6.5.4	Имплантация подкожного генератора импульсов	602

2.6.6	Программирование	604
2.6.7	Эффективность DBS при основных показаниях	608
2.6.7.1	Кластерная головная боль и другие ТВЦ.	608
2.6.7.2	Нейропатические лицевые болевые синдромы	613
2.6.7.3	Постинсультная боль (из метаанализа Elias 2017)	614
2.6.7.4	Боль при повреждении спинного мозга	616
2.6.7.5	Постампутационный болевой синдром	616
2.6.8	Осложнения	618
2.7	Хроническая стимуляция центральной (моторной) коры головного мозга	621
2.7.1	Механизм действия	621
2.7.2	Критерии отбора пациентов, показания, противопоказания	622
2.7.3	ФМРТ	624
2.7.4	Картирование и нейронавигация	627
2.7.5	Методика операции	630
2.7.6	Интраоперационный мониторинг	633
2.7.7	Программирование и параметры хронической ЭС центральной коры головного мозга	638
2.7.8	Эффективность	641
2.7.8.1	Тригеминальная нейропатическая боль. Резистентные к другим методам лечения лицевые боли	641
2.7.8.2	Центральные болевые синдромы	646
2.7.8.2.1	Постинсультный болевой синдром	646
2.7.8.3	Деафферентационные болевые синдромы на фоне повреждения спинного мозга	649
2.7.8.4	Болевой синдром на фоне повреждений плечевого сплетения	650
2.7.8.5	Фантомный болевой синдром	652
2.7.8.6	Другие показания	652
2.7.9	Осложнения	654
Глава III	Инtrateкальное введение лекарственных средств	656
3.1	Введение	656
3.2	Показания, критерии отбора, противопоказания	657
3.2.1	Критерии отбора	658
3.2.2	Противопоказания	658
3.3	Характеристика лекарственных препаратов, используемых для инtrateкальной терапии.	659
3.3.1	Опиоиды: морфин, гидроморфон, фентанил, суфентанил	659
3.3.2	Местные анестетики	660
3.3.3	Зиконотид	661
3.3.4	Клонидин	661

3.3.5 Баклофен для лечения спастичности.	661
3.4 Устройство и заправка помпы	662
3.5 Скрининг-тест или предимплантационная проба	664
3.6 Методика операции	673
3.7 Диагностика системы для интратекальной терапии	680
3.8 Алгоритм интратекальной терапии.	682
3.9 Эффективность	690
3.9.1 Онкологическая боль	691
3.9.2 Неонкологическая боль	696
3.9.3 Монотерапия неопиоидными анальгетиками	702
3.10 Осложнения, связанные с лекарственными средствами	711
3.10.1 Морфин	711
3.10.1.1 Возможные осложнения и способы их устранения при длительном ИТ-введении опиоидов	713
3.10.2 Местные анестетики	717
3.10.3 Зиконотид	718
3.10.4 Клонидин	719
3.10.5 Баклофен	719
3.11 Хирургические осложнения	719
3.11.1 Осложнения, связанные с имплантированной системой	721
3.11.2 Осложнения, связанные с заправкой помпы	723
Глава IV Перспективы нейростимуляции при хронической боли	724
4.1 Развитие устройств	725
4.1.1 Миниатюризация	725
4.1.2 «Умная» стимуляция	730
4.1.3 Обратная связь.	730
4.1.4 Положение тела	731
4.1.5 Регистрация ECAPs	731
4.1.6 Регистрация LFP	732
4.2 Новые параметры	733
4.2.1 Рандомная/стохастическая стимуляция (random/stochastic stimulation)	733
4.2.2 Дифференциальная мультиплексная стимуляция (DTM-differential-target multiplexed)	735
4.2.3 Таргетированная стимуляция	736
4.3 Новые варианты нейромодуляции	737
4.3.1 Светочувствительный элемент	738
4.3.2 Переносчик	739
4.3.3 Источник света	740
4.4 Исследования в области боли	743
5.1 Заключение	743
Список литературы	747

Глава 2

Нейростимуляция

2.1 Хроническая электростимуляция периферических нервов

Стимуляция периферических нервов (PNS) рассматривалась в качестве одного из способов лечения периферической нейропатической боли еще со времен первого описания этого метода P.D. Wall и W.H. Sweet в 1967 г. С помощью введения себе перкутанных игольчатых электродов в инфраорбитальные области эти авторы смогли проверить эффекты стимуляции периферических нервов. Посредством стимуляции с частотой 100 Гц и длительностью импульса 100 мс можно было индуцировать снижение чувствительности к иголкальванию в области стимуляции. Эти испытания положили начало исследованиям использования PNS как одной из форм лечения невропатической боли.

На протяжении последних двух десятилетий наблюдается повышенный интерес к использованию PNS при затылочной невралгии, боли в области лица и при комплексном регионарном болевом синдроме. В дополнение к воздействию на определенные периферические нервы врачи также применяли методы PNS для подкожной и региональной стимуляции. Такие точки приложения данного метода стали предпосылкой к ряду испытаний по оценке эффективности PNS для широкого спектра патологических состояний, в том числе боли в пояснице, боли в паховой области после герниорафии, боли в области крестца и мигрени.

2.1.1 Механизм действия

Механизм, лежащий в основе стимуляции периферических нервов, до сих пор до конца не изучен. PNS стала концептуально воз-

возможной после разработки теории воротного контроля, описанной выше. Механизм, посредством которого PNS оказывает обезболивающий эффект, предполагает активацию периферических Аβ-волокон, которые в свою очередь ингибируют активность ноцицепторов в Аδ- и С-волокнах, вызывая парестезии в области болевой зоны. Активность периферических Аβ-волокон, вероятнее всего, вовлекает проводящие пути медиальной петли, которые в свою очередь проводят импульсы в вентральное заднемедиальное ядро таламуса, тем самым перекрывая афферентный импульс от спиноталамических путей. Стоит отметить, что в случае сенсбилизации супратенториальных структур, участвующих и в когнитивных, и в перцептивных проекциях лимбической системы, эффект нейростимуляции может уменьшаться или даже нивелироваться.

Другие исследователи указывали на дополнительные механизмы, которые могут способствовать потенциальной эффективности PNS. Так, J.N. Campbell и A. Taub изучали механизм PNS, проводимой посредством чрескожной стимуляции срединного нерва. Авторы стимулировали проксимальный отдел нерва импульсами частотой 100 Гц и длительностью 1 мс. Они обнаружили, что индуцированный ответ зависит от амплитуды импульса. При амплитуде 10–12 В сенсорный порог был повышен. С повышением напряжения болевой порог также увеличивался, а при напряжении 50 В было достигнуто обезболивание. Кроме того, развитие анальгезии коррелировало с потерей частью А волокон суммарного потенциала действия. Это позволило предположить, что в основе подавления боли с помощью PNS может лежать блокада проведения импульса по периферическим нервам. R.J. Ignelzi и J.K. Nyquist продолжили изучение механизма периферической стимуляции путем размещения электродов вокруг икроножного и поверхностного лучевого нервов у кошек. Они обнаружили, что при стимуляции изменялись все компоненты суммарного потенциала действия, однако нейростимуляция больше влияла на максимум А волокон, чем на максимумы Аβ-волокон. Изменения были представлены либо снижением амплитуды, либо увеличением латентности этих волн. Эти данные также подтверждали роль периферического механизма, лежащего в основе обезболивающего действия PNS.

2.1.2 Критерии отбора пациентов, показания, противопоказания

Методы периферической стимуляции достаточно быстро завоевали доверие врачей и пациентов благодаря своей наименьшей инва-

живности, простоты исполнения и высокой эффективности. Периферическая ЭС, как и любая нейростимуляция, разделяется на тестовую и хроническую. Имплантация тестового электрода в область периферического нерва или его ветвей по простоте выполнения сравнима с обычной блокадой тех же нервов, однако для достижения хороших и стабильных результатов необходимо строго придерживаться показаний, противопоказаний и критериев отбора.

2.1.2.1 Показания

PNS прежде всего показана пациентам, страдающим от периферической нейропатической боли, которая распространяется только на один периферический нерв. Перед направлением на процедуру PNS больные, как правило, должны пройти комплексное консервативное лечение, включая медикаментозную терапию, а также блокады периферических нервов, зон их иннервации и физиотерапевтическое лечение.

Нейропсихологическое тестирование, как и в случае с SCS, имеет большое значение при отборе пациентов для PNS. Перед тем, как произвести имплантацию нейростимулятора для хронической ЭС, пациенты должны пройти этап тестовой стимуляции в течение 5–10 дней.

Показания для PNS могут быть систематизированы следующим образом:

1. Нейропатические болевые расстройства. Развиваются обычно вторично в результате травмы, воспаления, метаболической нейропатии или ишемических, постоперационных изменений в структуре нерва. Нередко боль развивается на фоне аутоиммунной, воспалительной или другой этиологии демиелинизации, а также без видимых причин (идиопатическая нейропатия).

К специфическим нейропатическим болевым расстройствам, которые неплохо контролируются с помощью PNS, относятся:

- 1) постгерпетическая невралгия, лечится с помощью электростимуляции с 1974 г.;
- 2) посттравматическая невралгия. Нейропатическая боль, связанная с травматизацией нерва в результате различных травм или вмешательств, является надежным показанием для PNS;
- 3) нейропатия ветвей тройничного нерва (которую часто совершенно не верно называют атипичной лицевой болью). Она может быть представлена как мононейропатией (супра-

орбитальные, инфраорбитальные и нижнечелюстные невропатии), так и комбинацией невропатий. Чаще они являются вторичными в результате повторных оперативных вмешательств на пазухах, зубочелюстной системе или самих ветвях тройничного нерва, а также на их корешке;

- 4) невралгия затылочных нервов. Одна из наиболее сложных невралгий, которая успешно поддается PNS, точнее ONS – Occipital Nerve Stimulation;
- 5) паховые невралгии. Подвздошно-паховая и бедренно-половая невралгии являются установленными показаниями для PNS. Наиболее часто подвздошно-паховая невралгия наблюдается после удаления грыж, в то время как бедренно-половые невралгии чаще возникают в результате ретроперитонеальных или урологических/гинекологических операций. Оба типа невропатий могут успешно контролироваться с помощью PNS;
- 6) Другие невралгии. Эта группа невралгий включает в себя боль на фоне невропатий надлопаточного нерва, латерального кожного нерва бедра, а также невропатическую боль в конечностях в результате травмы или компрессии нерва, в том числе в процессе хирургической операции. Все эти невралгии могут хорошо контролироваться с помощью PNS у правильно отобранных по показаниям пациентов;

2. КРБС. Может контролироваться с помощью многих методов электростимуляции, а также с помощью интратектального введения лекарств. Хорошо локализованный КРБС 2-го типа (часто называемый каузалгией), возникший в результате повреждения нерва, может неплохо контролироваться с помощью PNS.

3. Цефалгии. Среди различных синдромов головных болей успешно контролируются с помощью PNS в основном первичные головные боли:

- 1) классическая мигрень, трансформирующаяся мигрень;
- 2) кластерная головная боль;
- 3) хроническая пароксизмальная гемикрания.

Из вторичных головных болей на стимуляцию может отвечать cervикогенная головная боль.

4. Другие показания к применению. Болевой синдром при фибромиалгии очень неплохо поддается стимуляции ветвей затылочных нервов, несмотря на то что показания к ней пока не являются утвержденными. Данное заболевание характеризуется широко распро-

страненной хронической болью, сонливостью, повышенной утомляемостью, головными болями, нарушениями вегетативной нервной системы, а также когнитивными и психиатрическими симптомами. Это относительно новое показание, однако уже имеются данные с катамнезом более 3 лет о неплохом контроле этого заболевания, которое достаточно плохо поддается консервативному лечению. К развивающимся показаниям PNS относится также постампутационный болевой синдром в конечностях и острая боль после артропластики коленного сустава.

2.1.2.2 Отбор пациентов

Существует 4 главных критерия отбора пациентов на PNS:

1. *Трудноизлечимая боль.* Как уже описывалось, это боль хроническая и резистентная к лечению. Для определения показаний очень важно, чтобы до возможной имплантации применялись стандартные неинвазивные методы лечения ХБС — как медикаментозные, так и немедикаментозные, в том числе неинвазивная нейростимуляция. Лишь после того, как применение этих методов окажется неэффективным, можно рассматривать вопрос об имплантации системы нейростимуляции.
2. *Локализованная боль.* Размер поля боли является важным фактором для принятия решения о наилучшем методе нейростимуляции. Для применения PNS важно, чтобы боль имела мононейропатический характер. Большие зоны боли могут лучше поддаваться лечению другими методами стимуляции, такими как стимуляция спинного мозга, стимуляция глубоких структур мозга или его моторной коры, а также интратекальным введением лекарственных средств.
3. *Психологическое тестирование.* Этот фактор заимствован из стандартов применения нейростимуляции, в частности стимуляции спинного мозга. Психологические характеристики играют важную роль в формировании ответа к различным методам нейромодуляции хронической боли. Все пациенты должны пройти психологическое тестирование и лечение по поводу неконтролируемой тревоги, депрессии и других психических расстройств.
4. *Успешное тестирование.* В большинстве случаев пациентам вначале имплантируют электроды, которые соединяют с внешним генератором импульсов. Тест выполняется, как правило, на амбулаторной основе. Длительность испытательного периода ва-

рьюрует от 2 до 10 дней. У большинства пациентов ответ наблюдается уже спустя 48 часов. Некоторые пациенты нуждаются в периодическом перепрограммировании в амбулаторных условиях. Регресс боли на 50% и соответствующее улучшение качества жизни расцениваются как положительные результаты испытательного периода.

Стоит также сказать, что при физикальном осмотре врач должен сосредоточиться на оценке состояния неврологической и опорно-двигательной систем, а также кожи. Отмечаются любые двигательные или чувствительные нарушения, специфические дерматомные или соответствующие ходу периферических нервов. Обязательно выделяются области аллодинии, гиперестезий или гипералгезий. Также следует обращать внимание на вазомоторные, судомоторные или трофические изменения, так как они могут указывать на комплексный региональный болевой синдром.

Электродиагностические исследования чрезвычайно важны, но их результаты могут быть нормальными при первичных болевых синдромах. Для классификации, градации и прогнозирования различных нервных повреждений важны результаты электронейромиографии (ЭНМГ) и исследований нервной проводимости (ИНП, от англ. NCS — nerve conduction studies), таких как измерение потенциала действия чувствительных нервов (SNAP — sensory nerve action potential), скорости проведения нервного импульса (conduction velocity) и др. В некоторых случаях последовательные сравнения данных ЭНМГ/ИНП пациентов могут выявить важные тенденции в реиннервации или текущей денервации конкретных областей.

Блокады нервов также являются методикой для предоперационного отбора пациентов. Блокада нерва проксимальнее места повреждения помогает подтвердить его вовлеченность в патофизиологию боли. В одном протоколе исследований было прослежено использование местного анестетика в сочетании с клонидином (Catapres) для блокады нерва. В дополнение к своей способности во многих случаях продлевать действие местного анестетика клонидин может иметь значение в качестве противовоспалительного средства, блокируя продукцию цитокинов, участвующих в гипералгезии. P. Lavand'homme и J.C. Eisenbach продемонстрировали снижение интенсивности нейропатической боли при помощи клонидина.

Пожалуй, не имеет первостепенного значения, выполняется ли блокада нерва под контролем УЗИ или при помощи электростимуляции и поверхностных ориентиров, однако одним из преимуществ бло-

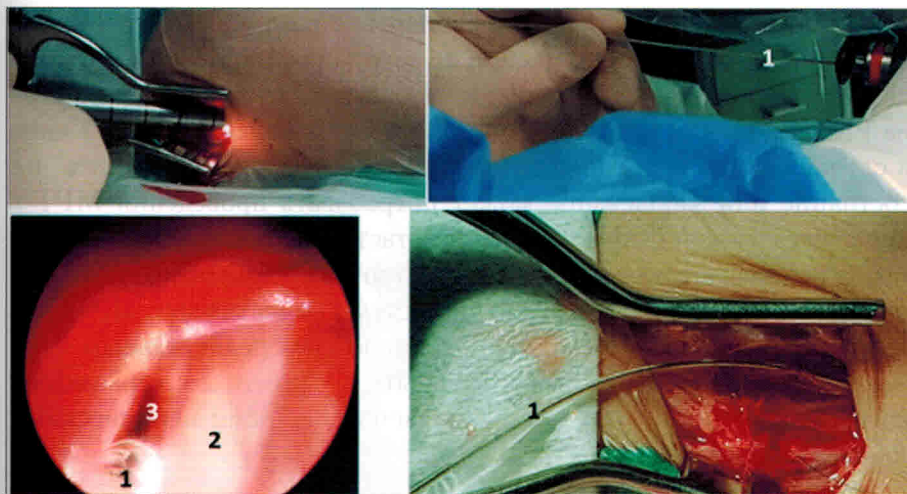


Рис. 17. Эндоскопическая имплантация электрода. Проведение электрода (1) по каналу эндоскопа, введенного через небольшой разрез мягких тканей вдоль икроножного нерва (n. suralis) (2); металлический контакт электрода (3).

кады под контролем УЗИ является возможность полностью просканировать интересующую область. При этом можно диагностировать конкретную причину, такую как неврома, сдавление, вызванное механическими факторами, инородное тело или вариант анатомии, который может вызвать технические проблемы при имплантации. Имплантацию электродов вдоль периферических нервов можно также проводить под контролем эндоскопического оборудования (рис. 17).

2.1.2.3 Противопоказания

PNS является процедурой, которая хорошо переносится пациентами и ограничена лишь аспектами, стандартными для любых хирургических вмешательств. Основные противопоказания к имплантации, как правило, касаются состояния пациента в отношении готовности к проведению хирургического вмешательства в целом. В частности, у пациента не должно быть коагулопатии и противопоказаний к общей или регионарной анестезии. Поскольку процедура включает в себя имплантацию медицинского устройства, в зоне планируемого вмешательства не должно быть активного инфекционного

процесса. Вполне очевидно, что пациенты с различными гипокоагуляционными расстройствами или те, кому противопоказано прекращение приема антикоагулянтов, исключаются из списка кандидатов на PNS. Пациенты с острым инфекционным заболеванием, особенно в случаях, когда возможность бактериемии высока, и пациенты, чье состояние или заболевание может потребовать проведения МРТ в динамике (рассеянный склероз или метастазы), в большинстве своем также исключаются из списка кандидатов на PNS. Однако, учитывая все более широкое распространение систем, совместимых с МРТ, последнее противопоказание постепенно становится неактуальным.

Кандидатами на PNS не могут быть и пациенты с серьезными когнитивными расстройствами или неизлеченными психическими заболеваниями.

2.1.3 Методика

2.1.3.1 Стандартный открытый метод PNS

Первым этапом производится доступ к заинтересованному нерву. Часть нерва на протяжении примерно 4 см отделяется от окружающих тканей. Важно стараться не нарушать кровоснабжение нерва. После того как нерв выделен, начинается размещение электрода под нервом так, чтобы электродные контакты лежали непосредственно рядом с нервом. С целью предотвращения смещения, электрод может быть пришит к окружающим тканям, например, к эпиневрью, с использованием нейлоновых нитей 4,0 (рис. 18).

Некоторые авторы настаивают на размещении части фасции между стимулирующими электродами и нервом. Считается, что роль фасциальной ткани в данном случае аналогична роли твердой мозговой оболочки, которая отделяет стимулирующий электрод от спинного мозга при его стимуляции. Рисунок 19 иллюстрирует хирургическую технику установки электрода для ЭС локтевого нерва.

Электрод может быть имплантирован либо выше, либо ниже нерва, подвергающегося стимуляции. Фасциальная манжета может быть уложена вокруг плоского электрода и подлежащих тканей, чтобы предотвратить смещение (рис. 19). Электрод может быть туннелирован до подключичной области, в которой устанавливается генератор.

При имплантации генератора в подключичной области мы в основном пользуемся разрезом из подмышечной области во избе-

2.5.3.2 Трансвертебральный подход для стимуляция корешков

При данной технике доступ к соответствующим корешкам осуществляется из эпидурального пространства — как традиционно в каудокраниальном направлении (антероградно), так и в краниокаудальном направлении (ретроградно). Антероградное размещение обычно используется для грудных и шейных корешков с традиционной точкой входа на уровне верхнего поясничного отдела позвоночника. Электрод проводится по средней линии, как при традиционной SCS для стимуляции задних столбов, но затем он смещается латеральнее для размещения корешков в боковой воронке вблизи корешкового отверстия.

При имплантации электродов на нижние поясничные или крестцовые корешки антероградный доступ возможен только при введении иглы трансхиатально — через крестцовую щель (*hiatus sacralis*). Широкое распространение данного подхода было ограничено тем, что манипуляции, а также сама рана в этой области, в непосредственной близости к анальному отверстию, затрудняют гигиенические мероприятия и повышают риск развития инфекционных осложнений. Вероятность инфицирования при любом загрязнении раны после установки постоянной системы довольно высокая. Кроме того, часто непросто разместить якоря — фиксаторы в этой области — таким образом, чтобы они не приносили пациенту неудобств в положении сидя.

Селективная ретроградная техника (aka *cephalocaudal*) чрескожной имплантации электрода является наиболее частой и хорошо отработанной методикой. Существует два способа подобного подхода. Верхний доступ предполагает введение иглы на уровне $L_{III} - L_{IV}$ ретроградно парамедианно, и электрод по ней продвигается в сторону желаемого промежуточного пространства. Возможно также саму иглу ввести на любом уровне парамедианно ретроградно и довести до необходимого корешкового отверстия. В таком случае остистые отростки и дужки позвонков могут затруднять вход в эпидуральное пространство, но если электрод проведен в эпидуральное пространство, то и далее он может быть направлен ретроградно без особых трудностей. Из-за технических сложностей, присущих этому подходу, и проблем с обучением некоторые центры перешли к так называемому латероградному доступу, при котором игла Туохи первоначально вкалывается латеральнее межпозвоночного пространства на уровне $L_I - L_{III}$ под углом, почти перпендикулярным по отношению к коже (рис. 250, А). Затем игла поворачива-

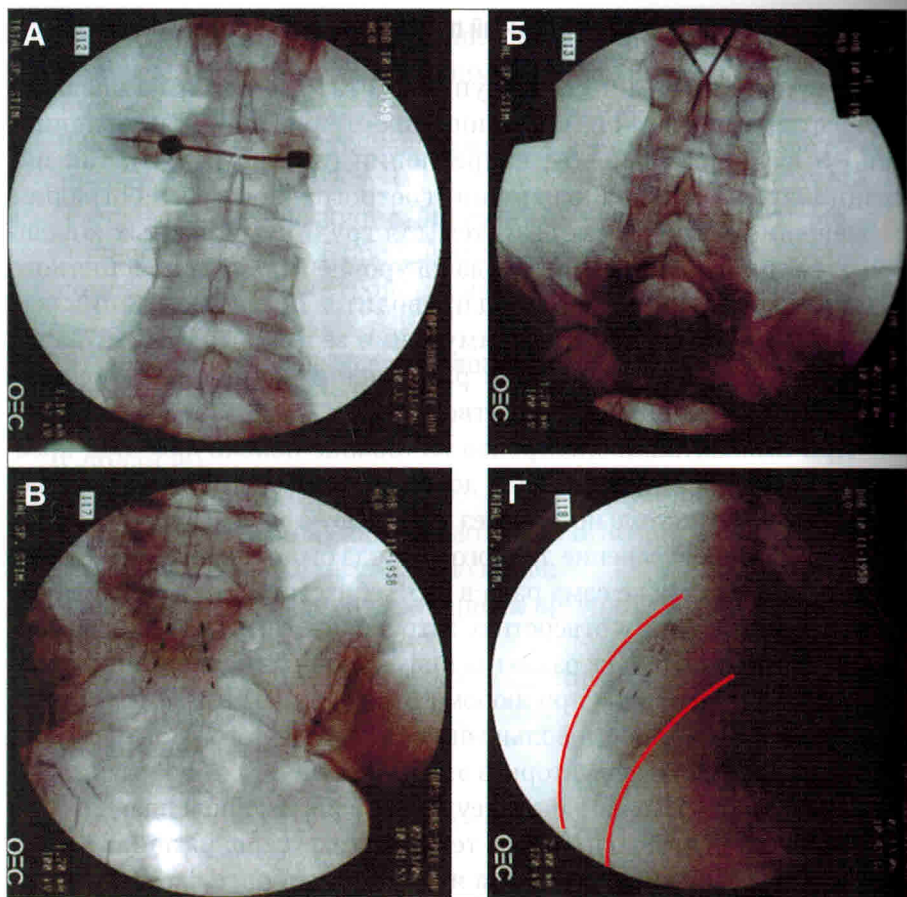


Рис. 250. Ретроградное размещение двух S_{II} – S_{III} -электродов с латеральным доступом на поясничном уровне.

А — иглы размещаются с двух сторон на уровне L_{II} – L_{III} так, что почти соприкасаются по средней линии. Б — концы игл развернуты каудально и также почти соприкасаются друг с другом для проведения электродов; В — под контролем рентгеноскопии в прямой проекции электроды размещены на уровне отверстия S_{II-III} для стимуляции корешков S_{II-IV} ; Г — подтверждение правильности размещения электродов в боковой проекции. Красными линиями указаны границы крестца.

ется каудально, и электрод также проводится каудально по средней линии до уровня S_{II} – S_{III} (см.рис. 250).

2.5.3.3 Ретроградная стимуляция нервных корешков

(Рисунки из Deer. Atlas of implantable therapies for pain management, New York: Springer, 2011).

Для улучшения охвата проблемных мишеней было разработано селективное краниокаудальное «ретроградное» размещение электродов. Из соображений безопасности применение данного вида размещения ограничено в шейном отделе.

Данная методика будет подробно рассмотрена нами в зависимости от анатомической области размещения электродов.

Селективная имплантация электродов в области нервных корешков нижней конечности. Для стимуляции области стопы четырехконтактный электрод вводится по средней линии в промежуток $L_{II}-L_{III}$, пересекая дисковое пространство $L_{III}-L_{IV}$, до того, как он ротируется к отверстию L_{IV} , не проходя через него (рис. 251, А, Б). Такое положение позволяет электроду оставаться на линии с ипсилатеральными нервными корешками $L_{IV}-L_V$ и S_1 . Затем электрод программируется на уровне отверстия как анод, а до трех проксимальных контактов электрода могут программироваться как катоды. Это позволяет провести деполяризацию всех трех корешков от краниального латерального до медиального. Второй электрод может использоваться в зависимости от области, необходимой для охвата стимуляцией (см. рис. 251, А). Учитывая сниженное количество спинномозговой жидкости в данной области и расположение вблизи корешка, можно сказать, что большинство пациентов ощущают первую парестезию при низких значениях интенсивности тока (или напряжения) 1,0–1,5 В и при максимально переносимой интенсивности – 1,5–2,5 В.

У пациентов с радикулярной болью четырехконтактный электрод вводится по средней линии в область $L_{II}-L_{III}$ и поворачивается к отверстию на уровне целевого корешка (см. рис. 251, Б, В). Пороги при программировании и активации похожи на те, что указывались для размещения при стимуляции области стопы, однако, существует вероятность, что и активация, и максимально переносимая интенсивность будут характеризоваться немного более высокими показателями вследствие относительного увеличения количества спинномозговой жидкости над L_5 . Во время программирования электрода (как это было описано ранее) разная длительность импульса ощущается как увеличение или уменьшение охвата регионарной парестезии, а изменения частоты ощущаются как изменения характера и интенсивности парестезий.

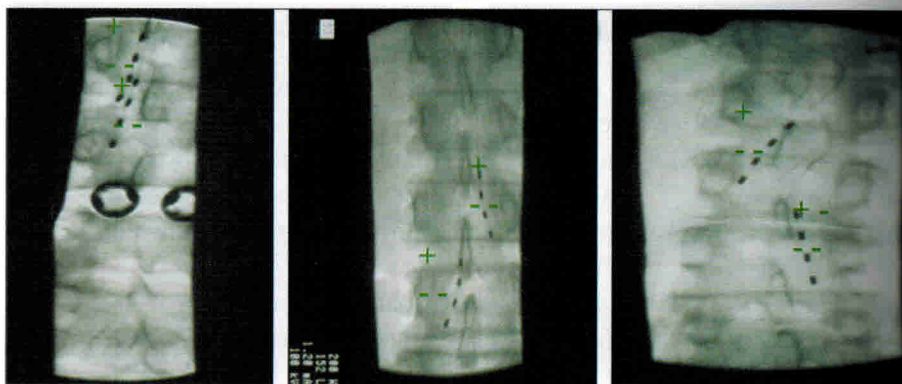


Рис. 251. Ретроградное размещение электродов для стимуляции нервных корешков нижних конечностей.

А – односторонняя стимуляция левой ноги/стопы с помощью двух четырехконтактных селективных электродов. Дистальный электрод проходит до уровня отверстия L_{IV} и стимулирует нервные корешки L_{IV} , L_V , S_1 за счет анода, расположенного на уровне отверстия, и трех катодов, расположенных проксимальнее. Проксимальный электрод стимулирует корешки L_{IV} и L_{III} и запрограммирован аналогичным образом. При увеличении длительности импульса увеличивается область покрытия парестезиями дерматомов $L_{III}-L_V$ и S_1 с левой стороны; **Б** – четырехконтактные селективные электроды, расположенные краниокаудально по средней линии и используемые для лечения радикулярной боли нижней конечности. Правый электрод на уровне отверстия L_{III} (охватывает нервные корешки $L_{III}-L_V$) и левый электрод на уровне отверстия L_{IV} (охватывает корешки L_{IV} , L_V , S_1). Программирование подразумевает создание дистально расположенного анода и до трех проксимально расположенных катодов; **В** – четырехконтактные селективные электроды, расположенные краниокаудально по средней линии и используемые для лечения радикулярной боли нижней конечности. Правый электрод на уровне отверстия L_{III} (охватывает нервные корешки $L_{III}-L_V$, S_1), левый электрод на уровне отверстия L_{II} (охватывает корешки $L_{II}-L_{III}$). Программирование подразумевает создание дистально расположенного анода и до трех проксимально расположенных катодов.

Селективная имплантация электродов в области тазовых нервных корешков. Чтобы стимулировать корешки тазовых нервов, необходимо ввести четырехконтактный электрод на уровне $L_{II}-L_{III}$ и проводить в таком состоянии, пока он не пересечет отверстия S_1 перед ротацией к ипсилатеральному отверстию S_{II} , не проходя через него. Второй электрод размещается по такому же принципу конт-

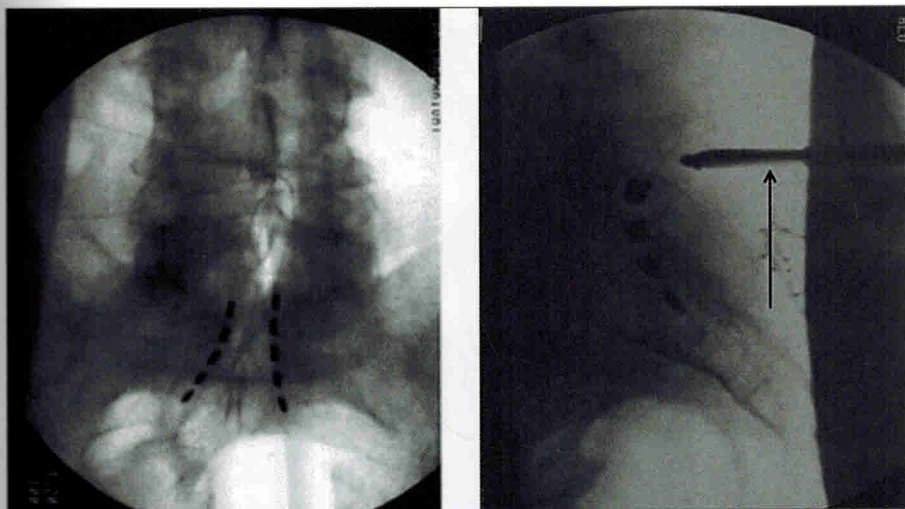


Рис. 252. Ретроградная имплантация электродов для стимуляции тазовых нервных корешков. Слева – двусторонняя тазовая стимуляция с использованием 3,8-миллиметровых четырехконтактных селективных плоских электродов, расположенных краниокаудально (ламинотомия на уровне S_1). Дистальные контакты являются анодами в каждом из отверстий S_{II} , три проксимальных контакта являются катодами. Справа – рентгенограмма того же пациента в боковой проекции. Диссектор Пенфилда (указан стрелкой) используется для приподнятия электрода при продвижении 3,8-миллиметровых плоских электродов вдоль отверстия S_{II} .

ралатерально при двусторонней патологии. Эти электроды также программируются с дистальным анодом в области отверстия и с катодами над проксимальными корешками S_{II} , S_{III} , S_{IV} соответственно. Такое расположение позволяет проводить стимуляцию при недержании мочи, синдроме частых позывов к мочеиспусканию (в том числе дисфункции детрузора), половой невралгии, вульводинии и интерстициальном цистите. Процедура также может проводиться с использованием плоских электродов за счет небольшой ламинотомии в области S_1 (рис. 252, слева). Чтобы при ламинотомии облегчить размещение плоского электрода в направлении отверстия S_{II} , применяется диссектор Пенфилда №3 для поднятия электрода до необходимой позиции (см. рис. 252, справа). Учитывая относительно небольшое количество цереброспинальной жидкости на уровне S_{II} ,