

Глава 7

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ОСНОВНЫХ ВИДАХ ОПЕРАЦИЙ НА ГОЛОВНОМ МОЗГЕ

7.1. НЕЙРОХИРУРГИЯ ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА

Хирургические операции в области основания черепа сопряжены с рисками повреждения важных структур и образований. В области передней черепной ямки расположены обонятельные нервы, зрительные тракты, гипоталамус, к ней прилежат основания лобных долей. В средней черепной ямке располагаются височная доля, в наружной стенке кавернозного синуса (медиальные отделы средней черепной ямки) располагаются III, IV, VI черепные нервы. В задней черепной ямке расположены ствол мозга, мозжечок, акустико-фациальная и каудальная группы нервов. С целью контроля за функциональным состоянием нервных структур выполняется интраоперационный нейрофизиологический мониторинг. Исходя из возможных хирургических рисков для операций, в каждом регионе черепа и головного мозга проводится свой методический комплекс исследований.

7.1.1. Патология хиазмально-селлярной области

К наиболее часто встречающейся хирургической патологии передней черепной ямки и хиазмально-селлярной области следует отнести краниофарингиомы, аденомы гипофиза, менингиомы, дермоидные и эпидермоидные кисты. Выполняемые при этих заболеваниях нейрохирургические операции могут быть разделены на открытые и трансфеноидальные. Последние выполняются, как правило, без нейрофизиологического мониторинга, что отчасти связано с более низким риском повреждения цереброваскулярных структур и развития зрительных, глазодвигательных, обонятельных и диэнцефальных расстройств.

К сожалению, современный арсенал методик ИОМ не позволяет достаточно надежно информировать нейрохирурга обо всех возникающих угрозах. Нейрофизиология при проведении операций в данном регионе располагает только методикой интраоперационной регистрации ЗВП для оценки проводимости по зрительным трактам (табл. 7.1), которая может дополняться электроретинографией для контроля стимуляции сетчатки. Оценка проводимости зрительных путей строится по динамике амплитудно-временных параметров компонента P100. При стойкой утрате компонента P100 вероятны нарушения остроты и полей зрения в послеоперационном периоде (рис. 7.1).

При риске глазодвигательных нарушений контролируется активность глазодвигательных мышц. Возможен косвенный контроль за состоянием диэнцефальных структур с помощью ЭЭГ и АСВП. При угрозе диэнцефальных нарушений на ЭЭГ регистрируется высокоамплитудная бета-активность, на АСВП – VI пик.

Глава 7

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ОСНОВНЫХ ВИДАХ ОПЕРАЦИЙ НА ГОЛОВНОМ МОЗГЕ

7.1. НЕЙРОХИРУРГИЯ ОСНОВАНИЯ ЧЕРЕПА

Хирургические операции в области основания черепа сопряжены с рисками повреждения важных структур и образований. В области передней черепной ямки расположены обонятельные нервы, зрительные тракты, гипоталамус, к ней прилежат основания лобных долей. В средней черепной ямке располагаются височная доля, в наружной стенке кавернозного синуса (медиальные отделы средней черепной ямки) располагаются III, IV, VI черепные нервы. В задней черепной ямке расположены ствол мозга, мозжечок, акустико-фациальная и каудальная группы нервов. С целью контроля за функциональным состоянием нервных структур выполняется интраоперационный нейрофизиологический мониторинг. Исходя из возможных хирургических рисков для операций, в каждом регионе черепа и головного мозга проводится свой методический комплекс исследований.

7.1.1. Патология хиазмально-селлярной области

К наиболее часто встречающейся хирургической патологии передней черепной ямки и хиазмально-селлярной области следует отнести краниофарингиомы, аденомы гипофиза, менингиомы, дермоидные и эпидермоидные кисты. Выполняемые при этих заболеваниях нейрохирургические операции могут быть разделены на открытые и трансфеноидальные. Последние выполняются, как правило, без нейрофизиологического мониторинга, что отчасти связано с более низким риском повреждения цереброваскулярных структур и развития зрительных, глазодвигательных, обонятельных и диэнцефальных расстройств.

К сожалению, современный арсенал методик ИОМ не позволяет достаточно надежно информировать нейрохирурга обо всех возникающих угрозах. Нейрофизиология при проведении операций в данном регионе располагает только методикой интраоперационной регистрации ЗВП для оценки проводимости по зрительным трактам (табл. 7.1), которая может дополняться электроретинографией для контроля стимуляции сетчатки. Оценка проводимости зрительных путей строится по динамике амплитудно-временных параметров компонента P100. При стойкой утрате компонента P100 вероятны нарушения остроты и полей зрения в послеоперационном периоде (рис. 7.1).

При риске глазодвигательных нарушений контролируется активность глазодвигательных мышц. Возможен косвенный контроль за состоянием диэнцефальных структур с помощью ЭЭГ и АСВП. При угрозе диэнцефальных нарушений на ЭЭГ регистрируется высокоамплитудная бета-активность, на АСВП — VI пик.

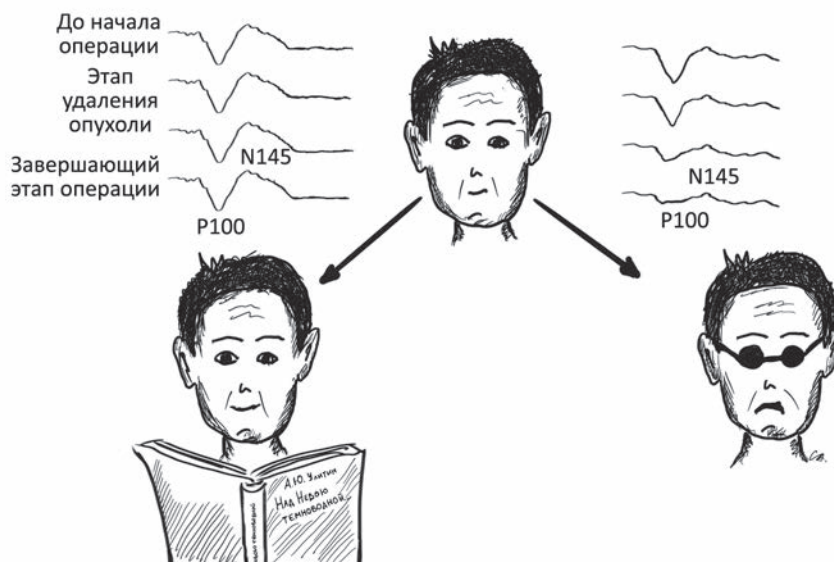


Рис. 7.1. Интраоперационный мониторинг ЗВП при операциях в хиазмально-селлярной области

Таблица 7.1

Нейрофизиологический мониторинг при операциях в хиазмально-селлярной области

Задачи ИОМ	Нейрофизиологические методики	Особенности общей анестезии
Контроль проводимости по зрительным трактам	ЗВП ЭРГ	Внутривенная анестезия предпочтительна

Особенности анестезии. Учитывая, что общие анестетики вызывают более выраженное снижение амплитуды компонентов корковых вызванных ответов, по возможности предпочтительным является выполнение операции под внутривенной анестезией.

7.1.2. Новообразования мостомозжечкового угла

7.1.2.1. Нейрохирургические риски и задачи ИОМ

Анатомически мостомозжечковый угол — это пространство, где смыкаются варолиев мост, продолговатый мозг и мозжечок. Новообразования, локализуемые в области мостомозжечкового угла, составляют 10–12 % от всех опухолей головного мозга. Наиболее частой опухолью, располагающейся в данной

области, является вестибулярная шваннома (невринома преддверно-улиткового нерва): на ее долю приходится до 80 % всех новообразований мостомозжечкового угла. Менингиомы и эпидермоидные кисты встречаются значительно реже. Актуальность вопроса хирургического удаления опухолей мостомозжечкового угла обусловлена практическим выздоровлением пациента при радикально выполненной операции, а также отсутствием альтернатив хирургическому лечению при опухолях больших размеров, включая и современные стереорадиохирургические методы лечения.

Нейрохирургические риски определяются тем, что в области мостомозжечкового угла располагаются корешки V–XI пар черепных нервов, верхняя мозжечковая, передняя нижняя мозжечковая и лабиринтная артерии, многочисленные вены мозжечка, впадающие в верхний каменный синус (рис. 7.2). Взаимоотношение черепных нервов имеет выраженную индивидуальную вариабельность. При опухолевом росте анатомо-топографические соотношения могут существенно меняться, и выделение нервов без проведения электродиагностики становится крайне затруднительным. При хирургическом удалении опухолей в области мостомозжечкового угла кроме повреждения сосудов и черепных нервов возможна хирургическая травма ствола мозга.

Возможные риски обуславливают *задачи ИОМ*: локализация черепных нервов и мониторинг их проводимости, наблюдение за функциональным состоянием ствола мозга, оценка кортико-нуклеарных трактов (табл. 7.2). В зависимости от вида и размера опухоли в патологический процесс вовлекаются различные черепно-мозговые нервы. Так, при вестибулярных шванномах относительно небольших размеров опухолевый рост затрагивает VII и VIII нервы. При удалении больших шванном (более 3 см) с каудальным ростом или

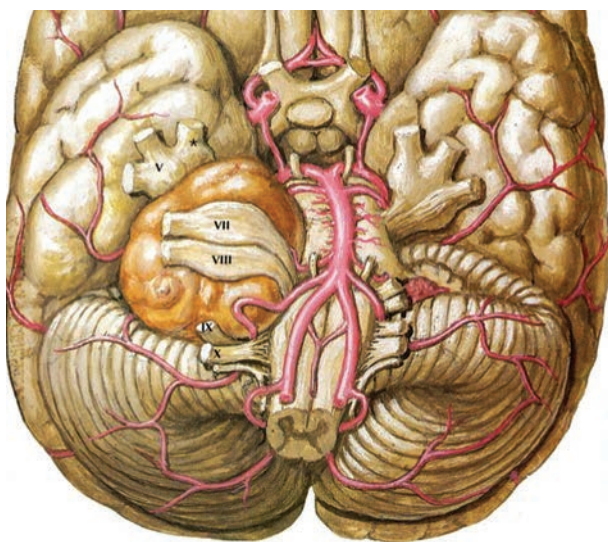


Рис. 7.2. Базальная поверхность мозга: опухоль мостомозжечкового угла с примерным взаимоотношением новообразования с нервами, сосудами и структурами ствола мозга

петрокливалльных менингиом возникает дополнительный риск повреждения глазодвигательных нервов и каудальной группы черепных нервов. Соответственно задачи ИОМ при различных вариантах опухолевого роста могут изменяться за счет увеличения количества мониторируемых черепных нервов. При хирургии вестибулярных шванном внимание уделяется V и VII нервам, а при относительной сохранности слуха дополнительно может мониторироваться проведение по VIII нерву. Если вестибулярные шванномы достигают большого и гигантского размеров, а также в случае петрокливалльных менингиом, дополнительно оценивается состояние каудальной группы черепных нервов и ствола мозга.

Таблица 7.2

Нейрофизиологический мониторинг при операциях в области мостомозжечкового угла

Патология	Задачи ИОМ	Нейрофизиологические методики	Особенности общей анестезии
Вестибулярная шваннома (< 3 см)	Сохранность VII, V Контроль кортико-нуклеарных трактов Сохранность слуха (VIII) Контроль состояния ствола мозга	ЭМГ: <i>mm. orbicularis oris, orbicularis oculi, masseter</i> Прямая стимуляция: <i>n. facialis, n. trigeminus</i> ТЭС АСВП Потенциал слухового нерва Тест TOF: стимуляция <i>n. medianus</i>	Внутривенная анестезия предпочтительна; миорелаксанты только на этапе индукции
Большие и гигантские вестибулярные шванномы, петрокливалльные менингиомы	Сохранность V, VII, IX, X, XI, XII Контроль VIII (в случаях сохранного слуха) Сохранность глазодвигательных нервов (IV и VI) Контроль кортико-нуклеарных трактов Контроль состояния ствола мозга	ЭМГ: <i>mm. orbicularis oris, orbicularis oculi, masseter, stylopharyngeus, trapezoideus, tongue</i> ЭМГ мышц гортани (интубационная трубка с поверхностными электродами) Прямая стимуляция нервов: V, VII, IV, VI, IX, X, XI, XII ТЭС АСВП Тест TOF: стимуляция <i>n. medianus</i>	

Таким образом, при хирургическом удалении опухолей в области мостомозжечкового угла ИОМ может включать регистрацию ЭМГ мышц-мишеней, выполнение прямой стимуляции нервов, регистрацию М-ответов при проведении ТЭС, регистрацию АСВП. Перечень методик зависит от вида и объема новообразования.

Особенности анестезии. Следует помнить, что М-ответы угнетаются не только миорелаксантами, но и фторсодержащими ингаляционными общими анестетиками. Желательно выполнять операции по протоколу тотальной внутривенной анестезии (TIVA). Введение миорелаксантов допустимо лишь на этапе индукции.

7.1.2.2. Резекция вестибулярных шванном: техника и методика ИОМ

Основной целью ИОМ при резекции вестибулярной шванномы (невринома VIII нерва) является сохранение функции лицевого нерва. Для локализации и оценки функционального состояния *n. facialis* и *n. trigeminus* выполняется прямая низкотоковая стимуляция нервов (direct nerve stimulation — DNS) с регистрацией М-ответов в иннервируемых ими мышцах. Для оценки проксимальной порции лицевого нерва и контроля сохранности кортиконуклеарных трактов выполняется ТЭС с регистрацией М-ответов. При наличии показаний (большие и гигантские невриномы, оральный или каудальный рост опухоли и др.) дополнительно контролируются глазодвигательные нервы и/или каудальная группа нервов. Для оценки состояния ствола проводится регистрация АСВП или/и ССВП. В тех случаях, когда сохранен слух, и опухоль не выходит за пределы внутреннего слухового прохода, дополнительно проводится мониторинг проведения по слуховому нерву: регистрируется потенциал слухового нерва и АСВП. Для контроля нервно-мышечной проводимости выполняется тест ТОФ при стимуляции *n. medianus*.

Мониторинг черепных нервов (прямая стимуляция). Для мониторинга *n. facialis* устанавливают парные игольчатые электроды в *mm. orbicularis oris*, *oculi*, а если это более удобно по каким-либо причинам — в *mm. mentalis*, *frontalis* (рис. 7.3). Рекомендуется устанавливать две пары электродов на сто-

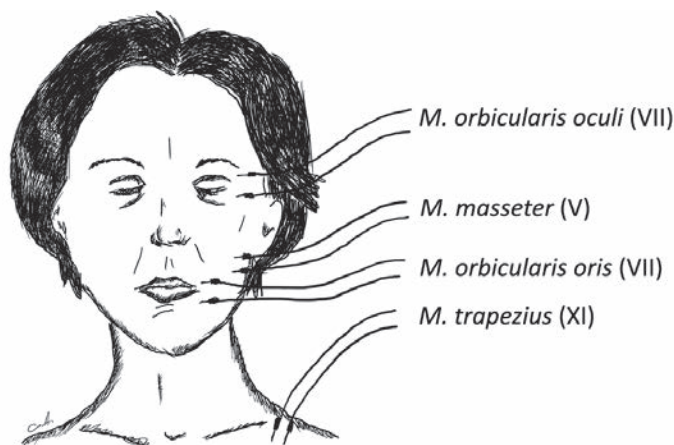


Рис. 7.3. Места установки игольчатых электродов для мониторинга М-ответов лицевых мышц при стимуляции *n. trigeminus* (V) и *n. facialis* (VII). Для контроля ложноположительных ответов установлены электроды в трапецевидную мышцу

роне поражения и одну — контрлатерально для контроля (исключение ложно-отрицательных результатов стимуляции). Для мониторинга двигательной порции *n. trigeminus* парные электроды устанавливают в *m. masseter* на стороне поражения. По показаниям мониторируют и другие черепные нервы. После установки игольчатых электродов следует проверить импеданс. Межэлектродное сопротивление не должно превышать 50 кОм.

Регистрация спонтанной ЭМГ (free-run) выполняется постоянно. Всплески спонтанной активности одного из нервов будут свидетельствовать о его раздражении в результате действий нейрохирурга. Всплески активности на всех каналах свидетельствуют об ирритации двигательных ядер ствола мозга.

Для уточнения локализации *n. facialis* выполняется прямая стимуляция нерва пачкой из 5–7 прямоугольных импульсов с межстимульным интервалом 5 мс, частота стимуляции 1–2 Гц. Перед ее проведением следует выполнить тест ТОФ, чтобы убедиться в отсутствии нервно-мышечной блокады. Прямая стимуляция лицевого нерва проводится нейрохирургом с помощью моно- или биполярного стимулятора (зонда). Рекомендуется начинать стимуляцию с уровня 1 мА. При отсутствии ответа следует поднимать силу тока до того уровня, на котором появится ответ. М-ответы при прямой стимуляции функционально сохранного нерва регистрируются при силе тока 0,5–1 мА. При отсутствии М-ответа при силе тока 5 мА констатируется, что в непосредственной близости нерва нет. Определив локализацию лицевого нерва, нейрохирург продолжает резекцию, периодически проверяя его состояние.

Необходимо учитывать, что в процессе резекции опухоли при тракциях нерва или других хирургических манипуляциях состояние нерва может «ухудшиться», что отразится в увеличении силы тока, необходимой для получения М-ответа. Так, порог стимуляции может транзиторно повышаться после работы ультразвукового деструктора. Стойкое увеличение порога стимуляции до 3 мА и выше — неблагоприятный признак: возможно развитие послеоперационных нарушений *n. facialis* (рис. 7.4).



Рис. 7.4. Интраоперационный мониторинг функции *n. facialis*. Стойкая утрата М-ответов является предиктором нарастания неврологического дефицита

Мониторинг М-ответов при транскраниальной стимуляции. Для транскраниальной электростимуляции спиральные электроды устанавливаются в точки Cz (Cz') и C3/C4 — контрлатерально стороне операции. Регистрация М-ответов осуществляется с лицевых мышц. Для контроля рекомендуется установить пару регистрирующих электродов в мышцы кисти (*mm. abductor pollicis brevis, abductor digiti minimi*). «Базовый» уровень М-ответов и порогов ТЭС определяют перед выполнением кожного разреза. В течение операции регистрацию М-ответов при ТЭС рекомендуется проводить периодически раз в несколько минут. Снижение амплитуды ответов свидетельствует об угнетении проводимости. По окончании резекции рекомендуется для проверки функционального состояния лицевого нерва провести прямую стимуляцию. Высокая амплитуда М-ответов с мышц лица будет свидетельствовать о сохранности кортико-нуклеарного тракта и лицевого нерва, в том числе проксимальной порции, где проверить ее при помощи прямой стимуляции практически невозможно.

Акустические стволовые вызванные потенциалы регистрируются и оцениваются по стандартной для интраоперационных исследований методике.

Регистрация *потенциала слухового нерва* (cochlear nerve action potential — CNAP) — интраоперационная методика прямой регистрации вызванной активности слухового нерва при акустической стимуляции (рис. 7.5).

Вызванная активность слухового нерва (CNAP) регистрируется специальным диссектором, который соединен проводом со входом усилителя. Референтный электрод — Cz или Fz. Параметры стимуляции и регистрации аналогичны методике АСВП: стимуляция осуществляется тоном (щелчком) интенсивностью 90–100 дБ, частота предъявления стимула — 15–20 Гц (используются дробные значения для исключения интерференции с сетевой наводкой, например, 19,7 Гц), полоса пропускания — 100–2000 Гц. Количество накоплений — 25–50 в зависимости от устойчивости вызванного ответа. На первоначальном



Рис. 7.5. Потенциал слухового нерва: классификация паттернов и прогноз сохранения слуха в послеоперационном периоде (по: Aihara N. [et al.], 2009)

этапе при локализации VIII нерва в массиве опухоли количество накоплений может быть увеличено до 100. Эпоха анализа — 5—10 мс.

Потенциал слухового нерва при его сохранности представляет собой трехфазную осцилляцию. Поскольку регистрация CNAP выполняется с разных участков слухового нерва, абсолютные значения амплитуды и пиковых латентностей компонентов потенциала не нормируются и практического значения не имеют. Прогностической ценностью обладает паттерн CNAP в целом. В процессе операции, например при выделении нерва из опухоли, потенциал может редуцироваться до двухфазной осцилляции. Устойчивая регистрация трехфазного или двухфазного ответов с высокой степенью вероятности позволяет прогнозировать сохранность слуха. При монофазной осцилляции и тем более при отсутствии ответа (плоский паттерн) вероятность сохранения слуха в послеоперационном периоде весьма сомнительна.

Таким образом, современная хирургия вестибулярных шванном уже немыслима без интраоперационного нейрофизиологического мониторинга.

7.1.2.3. Интраоперационный мониторинг функций глазодвигательных нервов

Мышцы, обеспечивающие движение глазных яблок (рис. 7.6), иннервируются *n. oculomotorius* (III), *n. trochlearis* (IV) и *n. abducens* (VI). Повреждение ядер и волокон глазодвигательных нервов (III, IV, VI) сопровождается неврологическими осложнениями, резко ухудшающими качество жизни пациента. При поражении *n. oculomotorius* (III) развиваются расходящееся косоглазие, птоз. Сходящееся косоглазие характерно для поражений *n. abducens* (VI). Повреждение *n. trochlearis* (IV) приводит к диплопии при взгляде вниз.

Показанием для проведения мониторинга функций глазодвигательных мышц является наличие объемных образований, хирургическое удаление которых сопряжено с риском повреждения глазодвигательных нервов или их ядер, расположенных в области среднего мозга (III, IV пара) и моста (VI пара). Такая ситуация возникает при новообразованиях в области вершины пирамиды

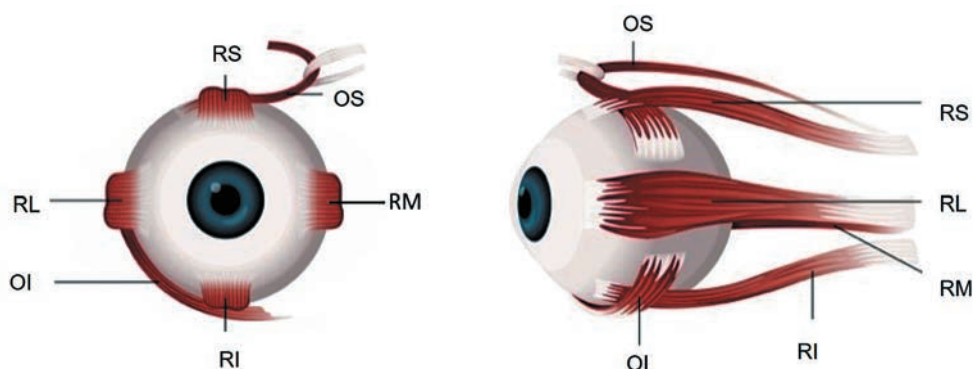


Рис. 7.6. Мышцы глаза: OS — *m. obliquus superior*; RM — *m. rectus medialis*; RS — *m. rectus superior*; RL — *m. rectus lateralis*; RI — *m. rectus inferior*; OI — *m. obliquus inferior*

височной кости, при гигантских образованиях в области мосто-мозжечкового угла, распространяющихся в переднюю черепную ямку, а также при патологических образованиях верхних отделов ствола головного мозга. Контроль функций глазодвигательных нервов необходим при резекции опухолей в области кавернозного синуса, хирургическом лечении патологических образований глазницы.

Основной методикой мониторинга глазодвигательных нервов является регистрация спонтанной и стимулированной активности наружных мышц глаза (табл. 7.3). Для регистрации используются, как правило, специальные игольчатые электроды: парные «монополярные» или биполярные концентрические (рис. 7.7). Конец игольчатого электрода устанавливается в брюшко мышцы. Риск повреждения глазного яблока при установке игольчатых электродов минимален, поскольку упруго-эластичные свойства склеры не позволяют ввести в нее электрод без интенсивного усилия. При установке электродов необходимо легко прижать пальцами глазное яблоко для оценки его положения, проколоть кожу века под углом 45° по направлению к краю глазницы в точках проекций соответствующих глазодвигательных мышц (см. табл. 7.3; рис. 7.8) и погрузить электрод до достижения костного края глазницы. Затем вытянуть на себя электрод на 1–2 мм и, уменьшив угол наклона электрода до 10° , осторожно продвигать электрод между стенкой глазницы и глазным яблоком. Установку электродов можно выполнять под контролем УЗИ.

Таблица 7.3

Мониторинг функций глазодвигательных нервов (III, IV, VI): мышцы-мишени, ориентиры для установки игольчатых электродов

Черепной нерв	Двигательные ядра	Мышцы-мишени	Точки установки игольчатых электродов
III <i>n. oculo- motorius</i>	<i>Nucleus n. oculomo- torii</i>	<i>m. rectus medialis</i>	Внутренний угол глаза
		<i>m. rectus superior</i>	Середина верхнего края глазницы
		<i>m. rectus inferior</i>	Середина нижнего края глазницы
		<i>m. obliquus inferior</i>	Граница наружной и средней трети нижнего края глазницы
IV <i>n. trochlearis</i>	<i>Nucleus n. trochlearis</i>	<i>m. obliquus superior</i>	Граница внутренней и средней трети верхнего края глазницы
VI <i>n. abducens</i>	<i>Nucleus n. abducentis</i>	<i>m. rectus lateralis</i>	Наружный угол глаза

Оценка активности глазодвигательных мышц возможна путем регистрации *электроокулографии (ЭОГ)*. Методика основана на регистрации изменений направления вектора разности потенциалов между роговицей и сетчаткой. Используются накожные адгезивные электроды, реже — игольчатые. Регистрация осуществляется в двух отведениях: в горизонтальной плоскости (активный электрод располагается у наружного угла глаза, референтный — у медиально-

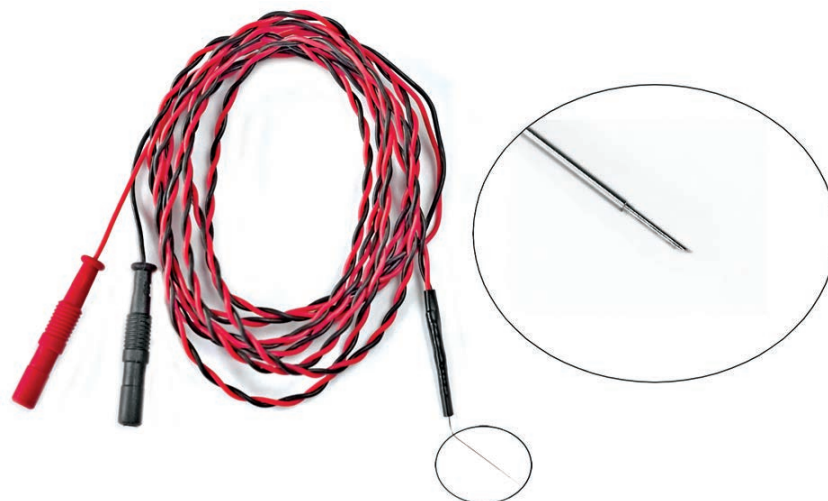


Рис. 7.7. Биполярный концентрический изогнутый электрод для регистрации активности глазодвигательных мышц

го) и вертикальной плоскости (активный электрод размещается над верхним веком, референтный — под нижним). При такой коммутации отклонению глазного яблока кнаружи соответствует позитивный потенциал, движению кнутри — негативное отклонение (рис. 7.9).

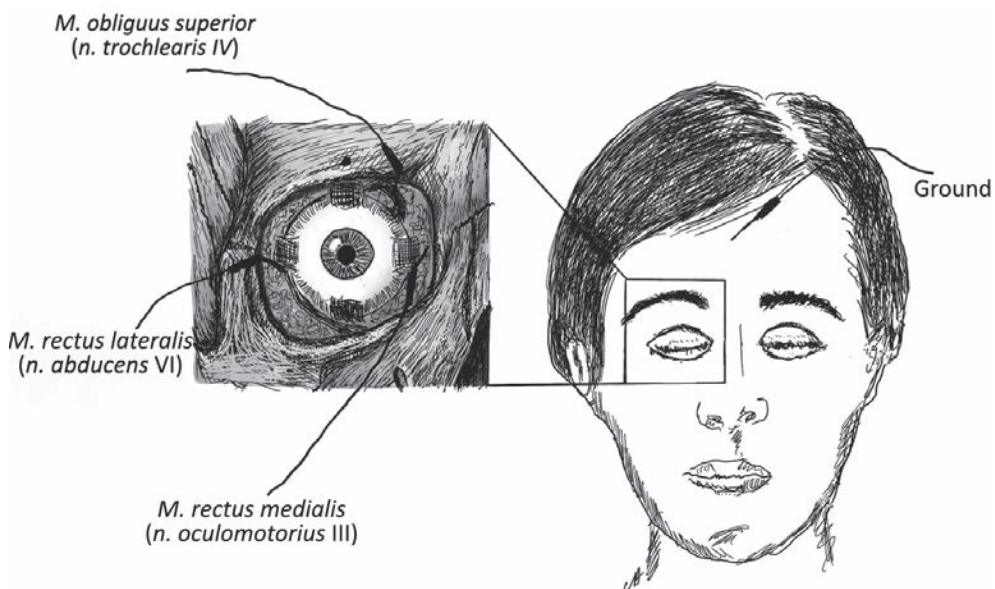


Рис. 7.8. Интраоперационный мониторинг функции глазодвигательных нервов (III, IV, VI): места установки игольчатых электродов в наружные мышцы глаза

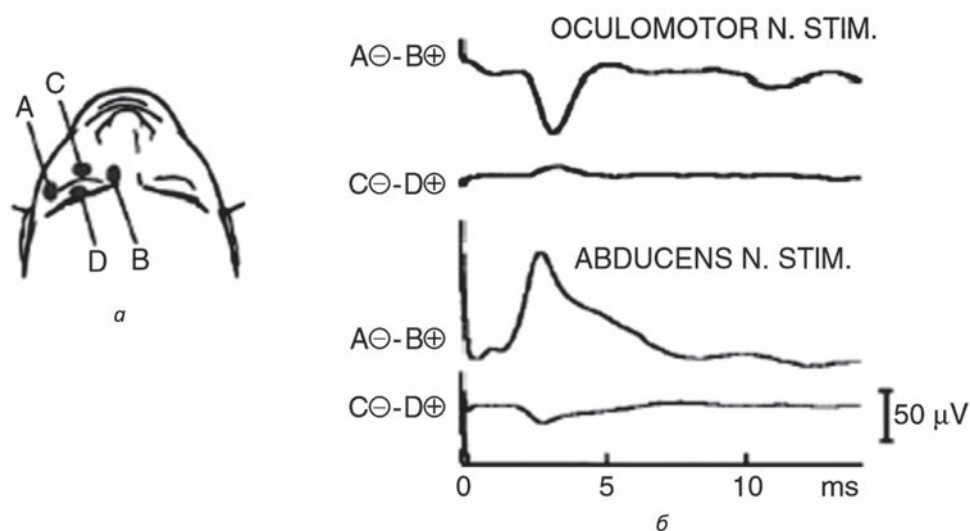


Рис. 7.9. Электроокулография:

а — места установки электродов; б — электроокулографические ответы при интракраниальной стимуляции левого глазодвигательного и отводящего нервов (по: Fukaya [et al.], 1999)

7.1.3. Опухоли четвертого желудочка

Опухолью IV желудочка считается новообразование, которое исходит из его стенок и располагается в его полости. Новообразования IV желудочка относятся к опухолям задней черепной ямки. На их долю приходится до четверти всех субтенториальных новообразований.

Крышу IV желудочка образуют верхний и нижний мозжечковый парус. По бокам располагаются ножки мозжечка. Дном IV желудочка является ствол мозга, а именно ромбовидная ямка, содержащая на небольшой площади множество ядер и нейронных центров в сочетании с проводниками, идущими в оба направления между большими полушариями и к спинному мозгу (рис. 7.10).

Серое вещество в области ромбовидной ямки располагается в виде отдельных скоплений, или ядер, которые отделены друг от друга белым веществом. Чувствительные ядра среднего мозга, соответствующие задним рогам спинного мозга, занимают в ромбовидной ямке латеральное положение. Двигательные ядра, соответствующие передним рогам спинного мозга, располагаются в ромбовидной ямке медиально. Вегетативные ядра, соответствующие боковым рогам спинного мозга, расположились в белом веществе между двигательными и чувствительными ядрами ромбовидной ямки. В мосту, дорсальная поверхность которого образует верхнюю часть ромбовидной ямки, лежат ядра V, VI, VII и VIII черепных нервов. Ядра четырех последних черепных нервов (IX, X, XI и XII пар) проецируются на поверхность нижнего треугольника