Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра анестезиологии и реаниматологии ИПО

Заведующий кафедрой:

ДМН, профессор Грицан А.И.

Кафедральный руководитель:

 КМН, доцент, Довбыш Н.Ю.

Реферат

**«Нейромышечный мониторинг. Особенности управления нейромышечным блоком в нейрохирургии»**

Выполнил:

Ординатор 1 года обучения

Специальность: Анестезиология и реаниматология

Игнатьева А.А.

Красноярск, 2022

**Содержание**

1. Введение

2. Классификация мышечных релаксантов

-Миорелаксанты деполяризующего действия

-Недеполяризующие миорелаксанты

-Показания и ограничения к применению

3. Нейромышечный мониторинг

4. Миорелаксация в нейрохирургии

5. Восстановление нейромышечной проводимости

6. Выводы

7. Литература

**Введение**

В 1942г. Гарольд Гриффит опубликовал результаты применения очищенного экстракта кураре (яда, которым южноамериканские индейцы смазывали наконечники стрел) при анестезии. Со временем миорелаксанты быстро стали неотъемлемой частью лекарственного арсенала анестезиолога. Правильное, адекватное обеспечение мышечной релаксации на различных этапах операции и анестезии, а также своевременное и полное устранение остаточного НМБ по их окончании, значимо влияют на безопасность, качество и конечный результат хирургического лечения. Несмотря на это, современные миорелаксанты не дают возможности полного управления НМБ, что подразумевало бы возможность быстро и прогнозируемо изменять глубину нейромышечной блокады в зависимости от ситуации на операционном столе.

Помимо риска остаточной кураризации, у всех пациентов с неполным восстановлением НМП существует угроза респираторных осложнений. При этом важно учитывать не только риски дыхательных расстройств при значительном остаточном НМБ, но и потенциальные респираторные осложнения остаточной кураризации. Для минимизации указанных рисков и оптимизации управления НМБ необходим современный подход. Он состоит из нескольких составляющих. Во-первых, это выбор оптимального миорелаксанта, ориентированный на клиническую ситуацию, т.е. особенности пациента, вид планируемого вмешательства, его ожидаемую продолжительность. Во-вторых, обязательность применения периоперационного объективного мониторинга НМП. В-третьих, соблюдение чёткого алгоритма действий при экстубации трахеи, с использованием, по возможности, указанного выше мониторинга. В-четвертых, на выборе средства реверсии остаточного НМБ. В настоящее время появилась принципиальная возможность полного и быстрого восстановления НМП из НМБ любой глубины при использовании некоторых видов миорелаксантов. Для оптимизации использования препаратов для реверсии НМБ целесообразно определить больных, принадлежащих к группам риска, а также категории хирургических вмешательств с настоятельными показаниями к её использованию.

**Классификация мышечных релаксантов**

Принцип сбалансированной анестезии предполагает создание мышечной релаксации введением миорелаксантов – препаратов, блокирующих проведение электрических импульсов на уровне нейромышечных синапсов, что останавливает сократительную работу мышечных волокон поперечнополосатой мускулатуры. Миорелаксанты представлены разными по структуре и фармакологическим свойствам препаратами с различными механизмами и продолжительностью действия.

С практической точки зрения наиболее популярна классификация, предложенная Дж. Саваресом более 30 лет назад, основанная на механизме и продолжительности действия.

*1. Деполяризующего действия:*

* Ультракороткого действия (<7 мин): суксаметоний (сукцинилхолин, дитилин, листенон)

*2. Недеполяризующего действия:*

* Короткого действия (<20 мин): мивакурия хлорид (мивакрон)
* Средней продолжительности действия (<40 мин): атракурия безилат (тракриум), цисатракурия безилат (нимбекс), векурония бромид (норкурон), рокурония бромид (эсмерон)
* Длительного дейсвтия (> 40 мин): панкурония бромид (павулон), пипекурония бромид (ардуан, аперомид, веро-пипекуроний)

В Российской Федерации зарегистрированы и доступны (по состоянию на 2013г.) следующие миорелаксанты:

* Суксаметоний (Дитилин, Листенон)
* Атраккурия безилат (Тракриум, Атракурия безилат, Атракуриум-Медарго, Риделат-С, Нотриксум)
* Цисатракурия безилат (Нимбекс)
* Рокурония бромид (Эсмерон, Рокуроний Каби)
* Пипекурония бромид (Ардуан, Веро-пипекуроний, Аперомид, Пипекурония бромид)

**Миорелаксанты деполяризующего действия.**

Суксаметоний (сукцинилхолин, листенон, дитилин); единственный деполяризующий миорелаксант.

В краткосрочных операциях: в дозах 1-1,5 мг/кг НМБ, необходимый для интубации трахеи, развивается через 30-60 секунд и длится 5-10 минут. Поддерживающая доза при перемежающемся струйном введении: 0,15 мг/кг. Поддерживающая доза при инфузии: 2-15 мг/мин. Несмотря на множество побочных эффектов, широко применяется в практике анестезиолога благодаря быстрому и короткому действию.

В длительных операциях требуется многократное введение суксаметония, что создаёт риск развития второй фазы НМБ, которая напоминает недеполяризующий блок и характеризуется эффектом затухания при нейромышечном мониторинге. Обычно это наблюдается при кумуляции дозы до 3-5 мг/кг суксаметония. Развитие второй фазы блока может ускоряться эффектом тахифилаксии, который побуждает анестезиолога наращивать дозу суксаметония.

Суксаметоний характеризуется высоким риском развития нежелательных явлений, иногда создающих прямую угрозу жизни. Особенно: при гиперкалиемии (острая почечная недостаточность, краш-синдром, длительная гиподинамия, ожоговая болезнь); глаукома; проникающие ранения глаз; злокачественная гипертермия в анамнезе. Прогнозировать вероятность и выраженность данных побочных эффектов, как правило, затруднительно, что заставляет многих анестезиологов отказываться от его использования. В США суксаметоний не разрешён (не рекомендован) к применению у детей и подростков «из-за высокого риска рабдомиолиза, гиперкалиемии и остановки сердца при нераспознанной миопатии».

Противопоказания для применения суксаметония:

* Гиперкалиемия
* Проникающее ранение глазного яблока
* Внутричерепная гипертензия
* Тяжёлая ожоговая и механическая травма
* Длительная иммобилизация пациента и/или денервация (парезы, плегии)
* Риск развития злокачественной гипертермии.

**Недеполяризующие миорелаксанты**

Используемые в настоящее время в России недеполяризующие миорелаксанты можно разделить на две группы по происхождению и химической структуре:

* аминостероидные (пипекуроний и рокуроний);
* бензилизохинолиновые (атракурий и цисатракурий)

Все миорелаксанты аминостероидного ряда имеют, по крайней мере, одну четвертичную аммониевую группу, соединённую с жёстким стероидным каркасом, и обладают высоко избирательным сродством к холинорецепторам скелетных мышц. Элиминация данных препаратов частично происходит с мочой и желчью в неизменённом виде; некоторые из них (напр., пипекуроний) подвергаются метаболизму ферментными системами печени с образованием частично активных метаболитов, способных блокировать НМП и продлевать миоплегию.

Препараты бензилизохинолинового ряда в большинстве своём состоят из четвертичных аммониевых групп, объединённых тонкой цепочкой метиловых групп. Данные препараты обладают высокой избирательность действия на холинорецепторы постсинаптической мембраны скелетных мышц, отсутствием ваголитического эффекта, возможностью метаболизма и элиминации без участия ферментных систем печени и функционального состояния почек.

Главное достоинство препаратов этой группы – преимущественно «внеорганный» метаболизм. Инактивация бензилизохинолиновых производных происходит без участия печени и почек, главным образом, путём щелочного гидролиза при рН 7,40 и температуре 370С (т.н. элиминация Хоффманна – 60% у атракурия). Полагают, что они с большей вероятностью, чем аминостероиды, вызывают выброс гистамина, хотя это в основном относится к атракурию. Более качественный цисатракурий (смесь цис-изомеров, доля спонтанной биодеградации 80%) успешно применяют и при отягощённом аллергологическом анамнезе. К недостатку бензилизохинолиновых миорелаксантов относится их термонестабильность: ампулы чувствительны к даже непродолжительному нахождению вне холодильника.

Атракурий

Доза, необходимая для проведения интубации, составляет 0,5 мг/кг, ее вводят в течение 30-60 с. Нагрузочная доза для интраоперационной миорелаксации – 0,25 мг/кг, поддерживающая – 0,1 мг/кг каждые 10-20 мин. Инфузия в дозе 5-10 мкг/кг/мин – полноценная замена дробного введения. Атракурий дозозависимым образом инициирует высвобождение гистамина. Эффект становится клинически значимым, если доза атракурия превышает 0,5 мг/кг. В дозе менее 0, 5мг/кг атракурий редко вызывает неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Иногда вызывает преходящее снижение ОПСС и увеличение сердечного индекса независимо от высвобождения гистамина. Медленный темп инъекции уменьшает выраженность этих побочных эффектов.

Противопоказан при бронхиальной астме. Более того, он может вызвать тяжелый бронхоспазм даже в отсутствии бронхиальной астмы в анамнезе. Лауданозин-продукт метаболизма атракурия, образующийся при элиминации Хоффмана, активирует ЦНС, что увеличивает потребность анестетиках (повышается МАК) и даже может провоцировать судороги. Как правило, эти эффекты в подавляющем большинстве случаев не достигают клинической значимости; осложнения могут развиться только при использовании чрезмерно высокой общей дозы препарата или при печеночной недостаточности.

Цисатракурий

Является стереоизомером атракурия. Его мощность в четыре раза сильнее, чем у атракурия. Через 2 минуты после введения цисатракурия в дозе 0,1-0,15 мг/кг можно интубировать трахею. Препарат вызывает нервно-мышечную блокаду средней продолжительности действия. Инфузия в дозе 1-2 мкг/кг/мин позволяет поддержать интраоперационную миорелаксацию. Таким образом, цисатракурий равноэффективен векуронию и мощнее атракурия.

В отличие от атракурия, для цисатракурия не характерно стойкое дозозависимое увеличение содержания гистамина в плазме. Цисатракурий не влияет на ЧСС, АД и вегетативную нервную систему даже в дозе, превышающей ЭД95 в 8 раз.

Мивакурий

Мивакурий, подобно сукцинилхолину, гидролизуется псевдохолинэстеразой. Истинная холинэстераза не принимает значимого участия в метаболизме мивакурия. Следовательно, если концентрация псевдохолинэстеразы снижена или фермент представлен атипичным вариантом, то продолжительность действия мивакурия существенно увеличится.

Доза для интубации трахеи составляет 0,15-0,2 мг/кг. Инфузия в дозе 4-10 мкг/кг/мин позволяет обеспечить равновесную концентрацию для интраоперационной миорелаксации. Мивакурий высвобождает гистамин в той же степени, что и атракурий. Медленное введение препарата ( в течение 1 мин) позволяет свести к минимуму обусловленную выбросом гистамина артериальную гипотонию и тахикардию. Начало действия мивакурия 2-3 мин. Главное преимущество – короткая продолжительность действия (20-30 мин), что в 2-3 раза дольше I фазы сукцинилхолинового блока, но в 2 раза короче продолжительности действия атракурия, векурония и рокурония.

Доксакурий

Мощный миорелаксант длительного действия. Незначительно гидролизуется холинэстеразой плазмы. Главный путь элиминации – экскреция через почки. Доза для интубации трахеи составляет 0,05 мг/кг. Интубацию можно выполнять через 5 мин после введения. Нагрузочная доза для интраоперационной миорелаксации – 0,02 мг/кг, поддерживающие дробные дозы – 0,005 мг/кг. Доксакурий не высвобождает гистамин и не влияет на кровообращение. Он начинает действовать немного медленнее, чем остальные недеполяризующие миорелаксанты длительного действия (через 4-6 мин). Продолжительность действия такая же, как у панкурония (60-90 мин).

Панкуроний

Связывается с холинорецептором, но не стимулирует его. В некоторой степени подвергается метаболизму в печени. Экскреция происходит в основном через почки, в меньшей степени с желчью.

Через 2-3 мин после введения панкурония в дозе 0,08-0,12 мг/кг можно интубировать трахею. Нагрузочная доза для интраоперационной миорелаксации – 0,04 мг/кг, поддерживающая доза – 0,01 мг/кг каждые 20-40 мин. Панкуроний может вызывать повышение АД и ЧСС вследствие блокады блуждающего нерва и симпатической стимуляции. С особой осторожность следует применять в тех случаях, когда тахикардия наиболее опасна (ИБС, гипертрофическая кардиомиопатия). Повышение атриовентрикулярной проводимости и высвобождение катехоламинов увеличивают риск желудочковых аритмий у больных в группе риска. Особенно высок риск аритмии при сочетании панкурония, трициклических антидепрессантов и галотана. При гиперчувствительности к бромидам может возникнуть аллергия на панкуроний (панкурония бромид).

Пипекуроний

Пипекурооний немного более мощный препарат, чем панкуроний. Доза для интубации трахеи составляет 0,06-0,1 мг/кг. Дозы для интраоперационного поддержания миорелаксации на 20% ниже, чем у панкурония. Главное преимущество пипекурония над панкуронием – отсутствие побочного влияния на кровообращение (пипекуроний в меньшей степени связывается с м-холинорецепторами сердца).

Векуроний

Векуроний – это панкуроний без четвертичной метиловой группы. Выделяется главным образом с желчью, в меньшей степени через почки. Длительное применение векурония в отделениях реанимации вызывает продолжительную нервно-мышечную блокаду (до нескольких дней). Доза для интубации трахеи составляет 0,08-0,12 мг/кг. Нагрузочная доза для интраоперационной миорелаксации – 0,04 мг/кг, поддерживающая доза – 0,01 мг/кг каждые 15-20 мин или постоянная инфузия в дозе 1-2 мкг/кг/мин.

Рокуроний

Элиминация в основном происходит с желчью и в меньшей степени через почки. Мощность рокурония ниже, чем у других стероидных миорелаксантов. Доза для интубации трахеи составляет 0, 45-0,9 мг/кг. Для поддержания интраоперационной миорелаксации препарат вводят в/в струйно в дозе 0,15 мг/кг. Если для интубации трахеи использовать более низкую дозу рокурония (0,4 мг/кг), то уже через 25 мин можно восстановить нервно-мышечную проводимость с помощью ингибитора АХЭ. Инфузию проводят в дозе 5-12 мкг/кг/мин.

Рокуроний (в дозе 0,9-1,2 мг/кг) – это единственный недеполяризующий миорелаксант, который начинает действовать через 60-90 с, т.е. почти так же быстро, как сукцинилхолин, что позволяет использовать его для быстрой последовательной индукции анестезии, но ценой больщей продолжительность дейсвтия. Продолжительность дейсвтия рокурония средняя, как у векурония и атракурия.

Большинство анестезиологов, как правило, отдаёт предпочтение недеполяризующим миорелаксантам средней продолжительности действия, из которых наиболее привлекательны препараты последнего поколения с минимальными побочными свойствами – миорелаксант аминостероидного ряда рокуроний и миорелаксант бензилизохинолинового ряда цисатракурий.

**Показания к применению**

Основными показаниями для применения миорелаксантов являются:

* Облегчение условий для обеспечения проходимости дыхательных путей (ларингоскопии, интубации трахеи);
* Облегчение условий для искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ) во время общей анестезии (удержания дыхательной трубки в горле);
* Обеспечение миорелаксации для выполнения оперативного вмешательства (создание оптимальных условий для работы хирурга: неподвижность пациента на операционном столе, создание достаточного внутрибрюшного объёма для выполнения лапароскопических операций и т.п.).

Расслабление мускулатуры позволяет хирургу выполнять операции любой продолжительности и локализации с максимальным удобством и минимальной травматичностью. Глубокая миорелаксация также необходима для выполнения ряда диагностических процедур: трахеобронхоскопии, лапароскопии и т.п., некоторых манипуляций на костях и связках.

С позиции анестезиолога, релаксация во время индукции анестезии необходима, прежде всего, для облегчения ларингоскопии и интубации трахеи. Правильное применение миорелаксантов существенно облегчает визуализацию гортани и интубацию трахеи и снижает риск повреждений структур гортани (голосовых связок). Мышечная релаксация также позволяет сокращать дозы анальгетиков, гипнотиков, внутривенных и ингаляционных анестетиков за счёт блокады автономных рефлексов. Вне процесса общей анестезии, к миорелаксантам приходится прибегать в отделениях интенсивной терапии при проведении ИВЛ (в норме - на фоне медикаментозной седации).

**Ограничения применения**

Миорелаксанты не должны применяться или применяться с осторожностью в следующих случаях:

* При отсутствии условий обеспечения проходимости дыхательных путей и ИВЛ. Применение миорелаксантов возможно при наличии подготовленного рабочего места анестезиолога. Анестезиолог должен иметь возможность обеспечить вентиляцию и оксигенацию после введения миорелаксанта (прогнозирование риска трудной вентиляции и интубации, планирование последовательности действий, специальное оборудование и устройства для обеспечения проходимости дыхательных путей).
* У пациентов, находящихся в сознании. Миорелаксанты не обладают анальгетическим и гипнотическим эффектом, поэтому во время миорелаксации необходимо контролировать адекватность обезболивания и подачу анестетика. Исключением является применение небольших доз недеполяризующих миорелаксантов для выполнения прекураризации.
* При риске развития аллергической реакции (аллергическая реакция в анамнезе).

**Нейромышечный мониторинг**

Главной задачей нейромышечного мониторинга является исключение остаточного (резидуального) блока и оценка восстановления нейромышечной передачи. О полном восстановлении нейромышечной функции и отсутствии остаточного НМБ можно судить только с помощью объективного (аппаратного) мониторинга. Клинические признаки, используемые для субъективной оценки нейромышечной передачи, по отдельности или в сочетании друг с другом не могут гарантировано отражать полноту восстановления мышечного тонуса и отсутствия остаточного действия миорелаксантов. Решение о прекращении ИВЛ и экстубации пациента анестезиолог должен принимать на основании совокупности данных: восстановление сознания, отсутствие нарушений дыхания и кровообращения, температурный баланс и пр.

*Субъективный*

Клиническими признаками состояния мышечного тонуса и восстановления НМП являются:

* Появление спонтанных движений пациента (движения конечностей, мимика);
* Появление сокращений диафрагмы (икота, характерные изменения на капнограмме);
* Повышение тонуса мышц передней брюшной стенки, затрудняющее выполнение оперативного вмешательства;
* Повышение давления в дыхательных путях во время ИВЛ;
* Подъём и удержание в течение 5 секунд головы;
* Подъём и удержание в течение 5 секунд прямой ноги;
* Сила пожатия руки.

По ходу оперативного вмешательства появление признаков восстановления НМП может являться сигналом для введения поддерживающей дозы миорелаксанта. При определении степени восстановления НМП и готовности пациента к эффективному самостоятельному дыханию и экстубации по окончании операции и анестезии наиболее надёжными являются тесты самостоятельного подъёма и удержания на весу в течение 5 секунд головы и прямой ноги. Однако выполнение пациентом этих тестов обычно соответствует лишь TOF 60-70%, что с современных позиций о безопасности пациента не может гарантировать эффективное дыхание и контроль проходимости дыхательных путей в ближайшем послеоперационном периоде.

*Объективный (аппаратный)*

В основе объективного нейромышечного мониторинга лежит электрическая стимуляция нерва и оценка ответа мышцы на стимуляцию. Существуют различные способы оценки мышечного ответа: механомиография, электромиография, акселеромиография, фономиография и пр. Паттерн стимуляции и интерпретация ответа не зависят от способа оценки.

Самым распространённым способом, реализованном в большинстве портативных и встроенных мониторов, является акселеромиография. В основе метода лежит оценка ответа мышцы по силе ускорения (акселерации) сокращения. Стимуляция нерва осуществляется постоянным током силой не более 60 мА и длительностью импульса 200-300 мсек. Такой ток является супрамаксимальным, то есть позволяет стимулировать весь нервный ствол, но не вызывает повреждения нерва.

Для оценки нейромышечной функции в большинстве случаев используют стимуляцию локтевого нерва (n. ulnaris) в дистальной трети предплечья и оценку сокращения мышцы, приводящей большой палец кисти (m. adductor policis). Также возможна стимуляция большеберцового нерва (n. tibialis) и оценка подошвенного сгибания большого пальца стопы, стимуляция лицевого нерва (n. facialis) и оценка круговой мышцы глаза (m. orbicularis oculi) или мышцы, сморщивающей бровь (m. corrugator supercilii).

Восстановление НМП в мускулатуре конечностей происходит позже, чем в центрально расположенных мышцах, обеспечивающих дыхание и проходимость дыхательных путей. Поэтому оценка мышцы, приводящей большой палец кисти и сгибателя большого пальца стопы в большей степени гарантирует восстановление дыхательных мышц и мышц гортани и глотки и обеспечивает безопасность пациента.

Основными видами стимуляции являются: одиночная стимуляция (single twitch, ST), четырёхразрядная стимуляция (train of four, TOF) и посттетанический счёт (posttetanic count, PTC). При этом самым распространённым, универсальным и применимым во все фазы анестезии и в послеоперационном периоде является TOF.

ST – одиночная стимуляция осуществляется током с частотой обычно 1Гц или 0,1 Гц. В основе метода лежит оценка амплитуды ответа в процентах в данный момент времени по отношению к исходному (контрольному), до введения миорелаксанта, принятому за 100%. В клинической практике не распространён. В большей степени предназначен для оценки деполяризующей блокады.

TOF – четырёхразрядная стимуляция, представляет собой пакеты из четырёх последовательных электрических стимулов с частотой 2 Гц. Основной (универсальный) метод контроля НМП. Может применяться в любой фазе миорелаксации, а также в послеоперационном периоде для определения остаточного НМБ. Рассчитывается как соотношение амплитуды четвёртого ответа к первому. Соотношение отражается в процентах или долях (например, TOF 90% или 0,9). Также важное информационное значение имеет количество ответов на стимуляцию – от 0 до 4 (Т0, Т1, Т2, Т3 и Т4), что позволяет характеризовать степень блокады. В основе метода лежит эффект угасания (затухания), связанный с воздействием недеполяризующих миорелаксантов на рецепторы пресинаптической мембраны концевой пластинки и снижением высвобождения ацетилхолина в синаптическую щель4. Степень угасания связана с количеством молекул миорелаксанта в синаптической щели. При отсутствии миорелаксанта -- 100%, при глубоком блоке – отсутствие ответов (T0).

PTC – посттетанический счёт – режим, предназначенный для оценки глубокого НМБ. Применяется только на фоне глубокого блока, T0 при стимуляции TOF. В основе лежит подсчёт числа ответов на 15 одиночных стимулов с частотой 1 Гц, подаваемых через 3 секунды после 5-секундной тетанической (50 Гц) стимуляции. Отмечается физиологический эффект затухания – амплитуда каждого последующего ответа ниже предыдущего. Чем больше число ответов, тем меньше глубина миорелаксации. PTC<5 соответствует интенсивному НМБ.

DBS – двухразрядная стимуляция (double burst stimulation) – относится к субъективным методам оценки НМП, поскольку оценка ответа мышцы на стимуляцию осуществляется тактильно или визуально. В настоящее время не рекомендуется для клинического применения.

**Миорелаксация в нейрохирургии**

Особенностью пациентов в нейрохирургии является риск повышения внутричерепного давления (ВЧД) и развития гипертензионно-дислокационного синдрома, нарастания церебральной ишемии. Наиболее вероятно развитие этих осложнений у пациентов с черепно-мозговой травмой, неотложными нейрохирургическими заболеваниями, нарушенной ауторегуляцией мозгового кровотока. Особенности метаболизма миорелаксантов и профиль соматических осложнений у данных пациентов требуют особого внимания анестезиолога к используемым препаратам. Так, в неотложной нейрохирургии не рекомендуется применять суксаметоний, поскольку он может приводить к повышению ВЧД, хотя механизм этого эффекта до конца не ясен. Вероятность и выраженность побочных эффектов суксаметония можно постараться снизить прекураризацией недеполяризующими миорелаксантами. У пациентов с наличием парезов, параличей, на фоне длительной иммобилизации, после позвоночно-спинальной травмы применение суксаметония не рекомендуется из-за высокого риска развития острой гиперкалиемии и кардиальных осложнений. Несмотря на то, что у недеполяризующих миорелаксантов прямого влияния на ВЧД и мозговое кровообращение не отмечено, у ряда пациентов нейрохирургического профиля возможна повышенная устойчивость к недеполяризующим миорелаксантам (вследствие длительного применения противосудорожных препаратов), что требует повышения доз миорелаксантов и объективного нейромышечного мониторинга.

Для абсолютного большинства нейрохирургических вмешательств достаточно поддержания глубокого НМБ – TOF T0- T1, но во время некоторых вмешательств или этапов операций крайне важно гарантированное обездвиживание пациента и снижение риска внезапного повышения ВЧД, для чего поддерживают интенсивный НМБ - PTC<5. Глубокий НМБ помогает предотвратить риск кашля, реакции на эндотрахеальную трубку и ларингоскопию, нарушение синхронизации во время ИВЛ, которые в нейрохирургических операциях приводят к повышению внутригрудного давления, вторичному нарушению венозного оттока и повышению ВЧД. Риск трудной интубации в нейрохирургии встречается наиболее часто у пациентов с соматотропными аденомами гипофиза и акромегалией. В этих ситуациях необходимо подготовить план индукции и обеспечения проходимости дыхательных путей. Возможна интубация трахеи с помощью специальных средств и методик без использования миорелаксантов; интубация с применением суксаметония с учётом его короткого действия или рокурония при наличии доступного сугаммадекса для быстрого прекращения его действия в случае неудачи. По окончании или по ходу некоторых нейрохирургических вмешательств (wake up test) важна оценка неврологического статуса пациента. Для полноценной оценки неврологического статуса и двигательной активности необходимо прекращение миорелаксации. Для управления процессом восстановления НМП проводят устранение остаточного блока с помощью ингибиторов АХЭ (неостигмин; максимальная рекомендованная доза составляет 0,08 мг/кг, не более 5 мг у взрослых) или сугаммадексом (при применении для релаксации рокурония 4мг/кг). Следует иметь в виду, что пробуждение пациента до окончания действия миоплегии и экстубации является крайне нежелательным. Быстрое восстановление нейромышечного тонуса у пациента в сознании может вызывать нежелательную и резкую реакцию больного на эндотрахеальную трубку, с кашлем и повышением ВЧД. Для адекватной оценки неврологического статуса и исключения остаточного блока, оценки эффективности декураризации необходим объективный нейромышечный мониторинг (TOF).

**Восстановление нейромышечной проводимости**

Как правило, необходимость в НМБ отпадает в момент окончания операции и общей анестезии. Для того чтобы прекратить ИВЛ и экстубировать больного, у него должно полностью восстановиться самостоятельное дыхание, защитные рефлексы, направленные на поддержание проходимости дыхательных путей, способность глотать, кашлять, говорить. К сожалению, клинические тесты (это поднятие и удержание головы, ног, сжатие челюстей, кистей рук, способность высунуть язык, откашляться и т.п.) не позволяют уверенно контролировать адекватность восстановления мышечного тонуса и дыхания оперированных пациентов. В ходе ряда исследований было показано, что способность 5 секунд удерживать голову поднятой надежнее демонстрирует эффективный тонус дыхательной мускулатуры, чем максимальное разрежение на вдохе, которое, в свою очередь, чувствительнее, чем величина ЖЕЛ. Наименее надёжным признаком оказалась величина создаваемого больным дыхательного объёма. По мере элиминации и метаболизма концентрация миорелаксанта в плазме уменьшается, что ведёт к снижению содержания его в синаптической щели нейромышечного соединения и восстановлению НМП. Восстановление происходит постепенно и неравномерно в различных группах мышц, и может быть заметным, но недостаточным для обеспечения эффективного дыхания в ближайшем послеоперационном периоде. Полным считается восстановление, при котором пациент эффективно дышит и способен контролировать проходимость дыхательных путей. При мониторировании нейромышечной передачи такое состояние достигается при TOF 90% и выше. Если уровень TOF<90%, такое состояние называется остаточным НМБ (остаточной кураризацией), даже при наличии спонтанного дыхания и движений пациента в полном объёме. Остаточный НМБ определяется как наличие симптомов и признаков мышечной слабости в постоперационный период после интраоперационного введения миорелаксантов.

Одним из рисков неполного восстановления НМП является послеоперационная дыхательная недостаточность, как тяжёлая, сопровождаемая гипоксемией и гиперкапнией, вплоть до развития терминального состояния, так и менее тяжёлая, но клинически очевидная, которая приводит к субкомпенсированной гиповентиляции с развитием микроателектазов лёгких, послеоперационной пневмонии, способна провоцировать отёк мозга, сердечную недостаточность, в особенности у пациентов групп риска. Клиническое значение имеет даже слабо выраженная недостаточность дыхания, которая, как правило, не видна в состоянии покоя. Дыхательная недостаточность может усугубляться неадекватным обезболиванием, анемией, седативными препаратами и опиоидами. При остаточном НМБ не происходит полного восстановления мышц гортани и глотки и полного восстановления дыхательной мускулатуры, что может привести к нарушению проходимости дыхательных путей, снижению вентиляции и гипоксии, аспирации и лёгочным осложнениям, реинтубации трахеи, увеличению длительности ИВЛ и госпитализации. В большей степени остаточный блок развивается у пожилых, пациентов с ожирением и после абдоминальных вмешательств.

Для профилактики развития остаточного блока необходимо:

• Применение во время анестезии объективного нейромышечного мониторинга;

• Использование миорелаксантов короткой и средней длительности действия;

• Фармакологическая коррекция восстановления нейромышечной передачи.

* Для экстубации необходимо, чтобы у больного полностью восстановилось самостоятельное дыхание, защитные рефлексы, направленные на поддержание проходимости дыхательных путей, способность глотать, кашлять, говорить.
* Большинство анестезиологов ориентируется на клинические тесты, которые ненадежны, особенно спирометрия.
* Умеренно тяжёлая, но клинически очевидная дыхательная недостаточность приводит к субкомпенсированной гиповентиляции с развитием микроателектазов лёгких, послеоперационной пневмонии, способна провоцировать отёк мозга, сердечную недостаточность, в особенности у пациентов групп риска.
* Существует скрытый, но высокий по частоте встречаемости риск развития респираторных осложнений при неочевидной недостаточности дыхания вследствие остаточной кураризации. Такая мышечная слабость не видна в состоянии покоя и усугубляется недостаточным обезболиванием, анемией, седативными препаратами и опиоидами.
* Частота развития послеоперационных пневмоний варьирует в зависимости от того, применялись ли методы объективного количественного контроля восстановления НМП.

**Выводы**

1. Поддержание оптимального уровня НМБ на протяжении всего оперативного вмешательства способствует повышению безопасности пациента и создаёт комфортные условия для работы как хирурга, так и анестезиолога.

2. Глубокая миоплегия и полная иммобилизация пациента на протяжении всего хирургического вмешательства необходимы при выполнении большинства операций в нейрохирургии.

3. Глубокая миорелаксация на этапе вводной анестезии улучшает условия интубации трахеи, снижает риск возникновения нежелательных рефлекторных реакций и повреждения гортани, глотки, зубов и тканей полости рта.

4. Отсутствие до недавнего времени надёжных средств управления НМБ усложняло поддержание глубокой миоплегии до конца операции или ассоциировалось с необходимостью отсроченной экстубации и продленной ИВЛ.

5. Спонтанное восстановление НМП происходит медленно и непредсказуемо, зависит от типа анестезии и индивидуальных особенностей пациента. В случае неудачной интубации и невозможности масочной вентиляции, спонтанное восстановление дыхания является недостаточно быстрым даже после миоплегии суксаметонием (до 10 минут).

6. Частота остаточной кураризации после применения любых недеполяризующих миорелаксантов составляет от 10 до 85%, при этом даже субклинический, трудно определяемый без специальных приборов НМБ, способен ухудшать течение раннего послеоперационного периода вследствие респираторных осложнений, особенно у больных групп риска.

7. Принципиально новое надёжное решение проблемы управления НМБ состоит в применении недеполяризующего аминостероидного миорелаксанта средней продолжительности действия рокурония с последующим устранением остаточного НМБ его специфическим антидотом сугаммадексом. Применение сугаммадекса для устранения миоплегии любой глубины, вызванной рокуронием, даёт быстрый, хорошо прогнозируемый и устойчивый результат во всех случаях, с минимальным риском побочных эффектов. Реверсия НМБ сугаммадесом особенно важна для пациентов групп риска и категорий операций, требующих глубокой миоплегии вплоть до окончания вмешательства.

8. Клинические признаки восстановления НМП не всегда надёжны. Оптимальный метод объективной оценки состояния НМП, в особенности для принятия решения о экстубации, это мониторинг ответа на TOF-стимуляцию. Критерием безопасности следует считать TOF-отношение ≥0,9 (90%). Широкое использование объективного количественного мониторинга НМБ позволит практическим анестезиологам оценить серьёзность проблемы контроля НМБ, индуцированной миорелаксантами. В конечном счете это способствует одному из важнейших условий анестезиологического обеспечения – его подконтрольной и, условно говоря, управляемой обратимости.

**Литература**

1. Атлас по Анестезиологии. Норберт Рёвер, Хольгер Тиль. Москва, 2020г. – 409с.

2. Клиническая анестезиология. Дж. Эвард Морган-мл., Мэгид С.Михаил, Майкл Дж. Марри. Москва, 2022г. – 1203с.

3. ФАР Клинические рекомендации «Анестезиология-реаниматология» Управление нейромышечным блоком в анестезиологии, 22.09.2014г.