

Электрофизиологическая оценка краниальных рефлексов

Ю.А. Селивёрстов¹, А.А. Абрамова¹, К.М. Евдокимов¹, А.Г. Брутян¹, М.Ю. Максимова^{1,2}, С.Н. Иллариошкин^{1,2}, М.А. Пирадов^{1,2}

¹ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва, Россия;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова», Москва, Россия

Электрофизиологические методы обследования занимают особое место в инструментальной диагностике при различных заболеваниях нервной системы. Большую ценность для невролога представляет электрофизиологическая оценка краниальных рефлексов. В статье приводится краткий обзор методологии проведения электрофизиологических исследований краниальных рефлексов, наиболее часто применяющихся в клинической практике. Они позволяют дать объективную оценку функциональной целостности структур нервной системы, составляющих рефлекторные дуги краниальных рефлексов, уточнить уровень и в ряде случаев характер поражения, а также изучить патофизиологические механизмы заболеваний центральной и периферической нервной системы. Описана технология проведения и основные подходы к анализу получаемых результатов для исследований стандартного мигательного рефлекса, мигательного рефлекса с предварительным ингибированием, мигательного рефлекса с нанесением парных стимулов и оценкой кривой восстановления, рефлекса ингибирования мышцы, поднимающей верхнее веко, нижнечелюстного рефлекса, рефлекса ингибирования (кожного периода молчания) жевательных мышц.

Ключевые слова: краниальные рефлексы; мигательный рефлекс; нижнечелюстной рефлекс; кожный период молчания; электрофизиология; электромиография

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешних источников финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Адрес для корреспонденции: 125367, Москва, Волоколамское шоссе, д. 80. ФГБНУ НЦН. E-mail: doctor.goody@gmail.com. Селивёрстов Ю.А.

Для цитирования: Селивёрстов Ю.А., Абрамова А.А., Евдокимов К.М., Брутян А.Г., Максимова М.Ю., Иллариошкин С.Н., Пирадов М.А. Электрофизиологическая оценка краниальных рефлексов. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2021; 15(4): 78–85.

DOI: <https://doi.org/10.54101/ACEN.2021.4.8>

Поступила 14.09.2021 / Принята в печать 29.09.2021

Electrophysiological assessment of the cranial reflexes

Yury A. Seliverstov¹, Anna A. Abramova¹, Konstantin M. Evdokimov¹, Amayak G. Brutyan¹, Marina Yu. Maximova^{1,2}, Sergey N. Illarionov^{1,2}, Mikhail A. Piradov^{1,2}

¹Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

²A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

Electrophysiological assessment methods play a key role in the diagnosis of various neurological disorders. Electrophysiological evaluation of cranial reflexes is particularly valuable for neurologists. This article provides an overview of electrophysiological evaluation methods for cranial reflexes, which are most commonly used in clinical practice. They provide objective assessment of the functional integrity of nervous system structures that make up the cranial reflex arc, identify the level and, in some cases, the nature of disease, as well as pathophysiological mechanisms of central and peripheral nervous system disorders. We describe the instruments and main approaches to analysing the results for the standard blink reflex, blink reflex with prepulse inhibition, blink reflex with paired stimuli and recovery curve evaluation, reflex inhibition of the levator palpebrae superioris, jaw jerk reflex, and reflex inhibition (cutaneous silent period) of the masseter muscle.

Keywords: cranial reflexes; blink reflex; jaw jerk reflex; cutaneous silent period; electrophysiology; electromyography

Source of funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For correspondence: 125367, Russia, Moscow, Volokolamskoye shosse, 80. Research Center of Neurology. E-mail: doctor.goody@gmail.com. Yury A. Seliverstov

For citation: Seliverstov Yu.A., Abramova A.A., Evdokimov K.M., Brutyan A.G., Maximova M.Yu., Illarionov S.N., Piradov M.A. [Electrophysiological assessment of the cranial reflexes]. *Annals of clinical and experimental neurology*. 2021; 15(4): 78–85. (In Russ.)

DOI: <https://doi.org/10.54101/ACEN.2021.4.8>

Received 14.09.2021 / Accepted 29.09.2021

Введение

Электрофизиологическая регистрация краниальных рефлексов является важной частью обследования в клинической нейрофизиологии. В первую очередь, она позволяет оценить функциональную целостность стволовых структур, являющихся афферентными и эфферентными звеньями этих рефлексов. Это может быть полезным дополнением к нейровизуализационным методам, например, при уточнении, на каком уровне необходимо прицельно провести МРТ-исследование с тонкими срезами и каким структурам центральной нервной системы уделить особое внимание. Кроме того, при отсутствии структурных изменений по данным МРТ и/или КТ выявление функциональных нарушений при электрофизиологическом исследовании может служить подтверждением органического заболевания и тем самым помочь в дифференциальной диагностике с функциональными (психогенными) расстройствами. Наконец, нейрофизиологическое исследование краниальных рефлексов позволяет косвенно судить о сегментарных и надсегментарных механизмах контроля стволовых рефлексов при изучении патофизиологии различных неврологических заболеваний с вовлечением структур области лица.

Следует отметить, что до настоящего времени в отечественной литературе недостаточно отражены современные возможности изучения краниальных рефлексов. Для восполнения этого очевидного пробела мы представляем в настоящей статье краткие описания техники электрофизиологической регистрации наиболее часто анализируемых краниальных рефлексов, физиологические механизмы, лежащие в основе получаемых сигналов, и принципы трактовки возможных патологических изменений. Иллюстративный материал содержит примеры оригинальных записей, полученных в лаборатории клинической нейрофизиологии ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Мигательный рефлекс

Впервые электрофизиологическую регистрацию мигательного рефлекса осуществил Эрик Клас Хенрик Кугельберг (1913–1983 гг.) — шведский невролог, известный тем, что он вместе с Лизой Веландер по результатам наблюдения за 12 пациентами описал спинальную мышечную атрофию 3-го типа [1]. Мигательный рефлекс является полисинаптическим и по сути представляет собой электрофизиологический аналог роговичного рефлекса. Роговичный рефлекс формально тоже может исследоваться инструментально, но это требует дополнительного оснащения (металлическая сфера диаметром 2 мм), которое нередко не входит в стандартную комплектацию приборов. Кроме того, сама процедура вызывания рефлекса может быть менее комфортной для обследуемого, в связи с чем электрофизиологическое исследование роговичного рефлекса на рутинной основе не проводится, и его подробно описание в настоящей статье не приведено.

Существуют ещё два рефлекса, связанных с раздражением роговицы. Роговично-нижнечелюстной рефлекс вызывается прикосновением к роговице, что приводит к небольшому выдвиганию нижней челюсти вперёд и её контралатеральному отклонению; этот тригемино-тригеминальный рефлекс отсутствует у здоровых людей и выявляется при поражении кортикобульбарных путей. Рогович-

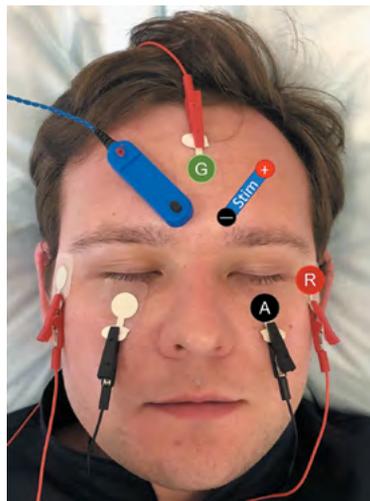


Рис. 1. Расположение электродов и стимулятора для записи мигательного рефлекса.

Fig. 1. Electrode and stimulator placement for blink reflex recording.

но-подбородочный рефлекс характеризуется небольшим ипсилатеральным сокращением подбородочной мышцы при механическом раздражении роговицы; этот тригемино-нофациальный рефлекс является физиологическим [2, 3].

Мигательный рефлекс наиболее часто анализируется в реальной клинической практике. Он включает в себя следующие звенья:

- афферентное звено: чувствительные умеренно миелинизированные (А-β) волокна в составе надглазничного нерва 1-й ветви (глазной нерв, V1) тройничного нерва (ТН) проводят импульс до главного чувствительного ядра ТН в мосту и ядра спинномозгового пути ТН, простирающегося от нижнебоковых отделов моста до верхних шейных сегментов спинного мозга;
- промежуточные синапсы с участием 1–3 вставочных нейронов в мосту и латеральных отделах продолговатого мозга;
- эфферентное звено: двигательные волокна, берущие начало из ядра лицевого нерва и иннервирующие круговую мышцу глаза [4].

Как и в случае роговичного рефлекса, ипсилатеральная электрическая стимуляция надглазничного нерва приводит к двустороннему ответу лицевого нерва в виде моргания.

Для регистрации мигательного рефлекса необходим прибор для стимуляционной электромиографии с:

- возможностью проведения поверхностной многоканальной полимиографии;
- протоколом для проведения мигательного рефлекса — после нанесения электрического стимула происходит запись миографического ответа с 2 каналов (*m. orbicularis oculi* с обеих сторон).

Запись сигнала осуществляется с поверхностных (накожных) электродов с обеих сторон: активный устанавливается на нижнюю порцию орбитальной части *m. orbicularis oculi*, референтный — на 1 см латеральнее и ниже латерального угла глаза (рис. 1). Электрод заземления помещается на лоб или подбородок. Катод стимулятора устанавливает-

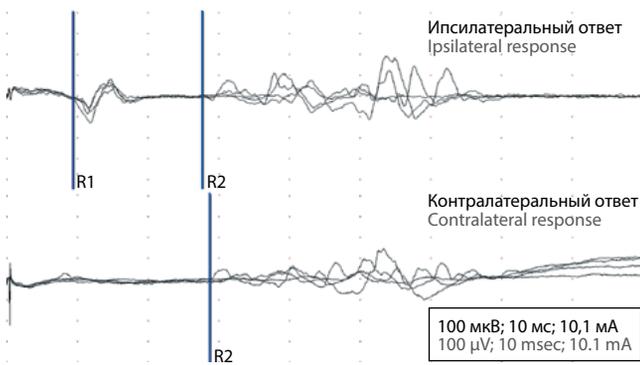


Рис. 2. Ранний (R1) и поздний (R2) ответы мигательного рефлекса. Ранний ответ наблюдается только на ипсилатеральной стимуляции стороне, поздний — с обеих сторон. Запись произведена на приборе «Viking EDX».

Fig. 2. Early (R1) and late (R2) blink reflex responses. The early response is observed only on the ipsilateral side to the stimulation, while the late response occurs bilaterally. Recorded on a Viking EDX machine.

ся на точку выхода надглазничного нерва, анод — выше и латеральнее. Параметры стимуляции: стимул одиночный, монофазный; продолжительность стимула — 0,1 мс; интенсивность стимула — 10–25 мА (выбирается значение в 10 раз больше порога чувствительности у обследуемого пациента или в 3 раза больше порога возникновения рефлекса) [5]. Проводится 8–10 стимуляций для оценки ответа.

В ходе стимуляции надглазничного нерва наблюдаются 2 ответа: R1 и R2 (рис. 2). Ранний ответ R1 регистрируется только ипсилатерально и возникает в результате олигосинаптической передачи сигнала через 1–2 вставочных нейрона, расположенных в непосредственной близости от главного (мостового) чувствительного ядра ТН, к ядру лицевого нерва на этой же стороне. Он характеризует сохранность проведения импульса от надглазничной области к ядрам моста и не подвергается супрасегментарным влияниям (включая нарушение сознания). Он достаточно короткий и не фиксируется при зрительном наблюдении. Поздний ответ R2 регистрируется с двух сторон, длится дольше и проявляется морганием. Он возникает в результате проведения сигнала до ядра спинномозгового пути ТН (в нижней трети продолговатого мозга) и последующего билатерального восходящего распространения сигнала к ядрам лицевых нервов с обеих сторон [6]. Эти тригеминофациальные пути проходят через латеральное тегментальное поле продолговатого мозга, медиальнее от ядра спинномозгового пути ТН. Переход сигнала на контралатеральную сторону осуществляется на уровне середины продолговатого мозга.

Нормативные значения для оценки мигательного рефлекса следующие [3]:

- R1 — норма латентного периода составляет около 10 мс, верхняя граница — 13 мс, разница в латентностях между двумя сторонами (при стимуляции справа и слева, R1 возникает только ипсилатерально) — не более 1,5 мс;
- R2 — норма латентного периода составляет около 30 мс, задержка проведения — больше 41 мс, разница ипсилатеральных ответов между двумя сторонами — не более 8 мс, разница латентностей между ипсилатеральным и контралатеральным ответом при стимуляции с одной стороны — не более 5–8 мс. Отсутствие R2 всегда является признаком патологии.

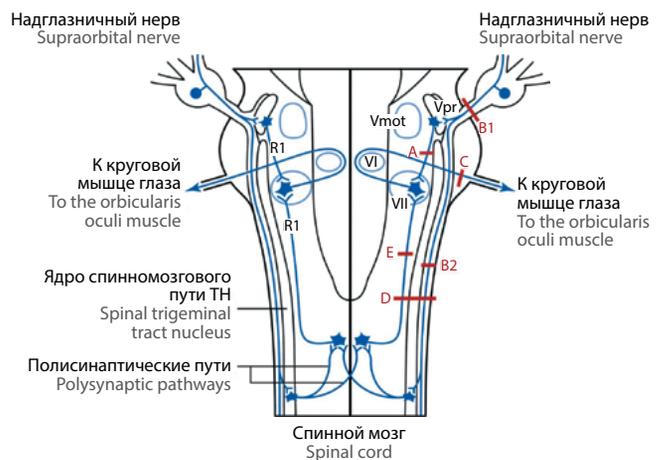


Рис. 3. Уровни поражения ствола, определяемые при исследовании мигательного рефлекса.

R1 — рефлекторная дуга раннего ответа; R2 — рефлекторная дуга позднего ответа; VI — ядро отводящего нерва; VII — ядро лицевого нерва; Vmot — двигательное ядро ТН; Vpr — главное чувствительное ядро ТН.

Fig. 3. Levels of brainstem damage identified during blink reflex testing. R1 — early response reflex arc; R2 — late response reflex arc; VI — abducens nerve nucleus; VII — facial nerve nucleus; Vmot — TN motor nucleus; Vpr — TN principal sensory nucleus.

Амплитуды ответов могут значительно варьировать от человека к человеку. Стимуляция надглазничного нерва всегда приводит к возникновению компонента R2, но R1 может отсутствовать. Вместе с тем отсутствие R2 всегда является признаком патологии. Оценивать мигательный рефлекс следует, когда человек бодрствует; при снижении уровня сознания или во сне у R2 и R1 будут наблюдаться увеличенная латентность и сниженная амплитуда.

Мигательный рефлекс контролируется многими надсегментарными структурами, включая моторную кору, постцентральные отделы коры и базальные ядра, которые модулируют возбудимость структур, осуществляющих рефлекс [7].

Выделяют несколько паттернов изменений характеристик мигательного рефлекса, которые ассоциированы с определённым уровнем поражения (рис. 3):

- А — изолированное увеличение латентности R1 — ипсилатеральное стимуляции нарушение проведения на уровне от главного ядра ТН к ядру лицевого нерва;
- В1 — увеличение латентности всех ответов — ипсилатеральное стимуляции нарушение проведения на уровне собственно ТН и (или) гассерова узла;
- В2 — увеличение латентности R2 с обеих сторон — ипсилатеральное стимуляции нарушение проведения на уровне комплекса спинального ядра и спинномозгового пути ТН;
- С — увеличение латентности R1 и R2 с ипсилатеральной стимуляции стороны с сохранением латентности R2 с контралатеральной стороны — нарушение проведения на уровне лицевого нерва и (или) его ядра на стороне стимуляции;
- D — увеличение латентности R2 с обеих сторон при стимуляции поражённой стороны, а также при стимуляции здоровой стороны увеличение латентности контралатерального R2 — нарушение проведения по тригеминофациальным путям и на уровне комплекса спинального ядра и спинномозгового пути ТН;

- Е — увеличение латентности R2 с ипсилатеральной стороны — нарушение проведения на уровне от ядра спинномозгового пути ТН к ипсилатеральному ядру лицевого нерва.

Таким образом, оценка перечисленных электрофизиологических параметров позволяет объективизировать и точнее локализовать уровень поражения ТН (и/или) лицевого нерва, а также, в случае необходимости, оценивать динамику восстановления. Кроме того, мигательный рефлекс продолжает активно изучаться при различных заболеваниях центральной нервной системы (например, при синдроме Жилиа де ла Туретта, болезни Паркинсона и др.).

Необходимо отметить, что мигательный рефлекс может возникать при действии триггеров, не связанных с ТН. Так, соматосенсорный мигательный рефлекс индуцируется электростимуляцией периферических нервов (в частности, срединного) — ряд авторов расценивает такой ответ как часть генерализованной активации стартл-системы или как следствие внутриволового растормаживания [8]. Акустический мигательный рефлекс, латентность которого составляет 40–60 мс, тоже трактуется как стартл-рефлекс, однако является ли он самостоятельным рефлексом или частью генерализованного — иногда редуцированного — ответа, остаётся неясным [3]. Световой мигательный рефлекс изучен сравнительно мало. Известно, что кора, вероятнее всего, не участвует в его реализации, т.к. при экспериментальной абляции затылочной коры у животных параметры рефлекторного ответа у них не менялись [9].

Мигательный рефлекс с предварительным ингибированием (англ. *prepulse inhibition of blink reflex*)

Оценка мигательного рефлекса с предварительным ингибированием проводится вместе с анализом обычного мигательного рефлекса. Предварительное ингибирование обычно осуществляется электрическим или звуковым стимулом. Для проведения предварительного ингибирования должна быть возможность дополнительного подключения к прибору для электромиографии второго электрического стимулятора; необходим также выход для дополнительного триггера, запускающего запись миографической активности. К выходу для триггера подключается источник звукового сигнала.

При использовании электрического стимула необходим дополнительный стимулятор, устанавливающийся на область прохождения правого срединного нерва на уровне запястья. Параметры дополнительной стимуляции: стимул — одиночный, монофазный; продолжительность стимула — 0,2 мс; интенсивность стимула — 10–12 мА (выбирается значение в 2 раза больше порога чувствительности обследуемого). Данный стимул даётся за 100 мс до стимула для мигательного рефлекса.

Может использоваться также звуковой стимул, например, щелчок стимулятора «MagStim 2002». Магнитная катушка удерживается на расстоянии 1 м от головы пациента (при таком использовании индукция электрического тока в пациенте незначительна и не приводит к какому-либо эффекту). Параметры дополнительной стимуляции: стимул — одиночный; интенсивность стимула — 80–90% от максимальной мощности стимулятора. Данный стимул также даётся за 100 мс до стимула для мигательного рефлекса.

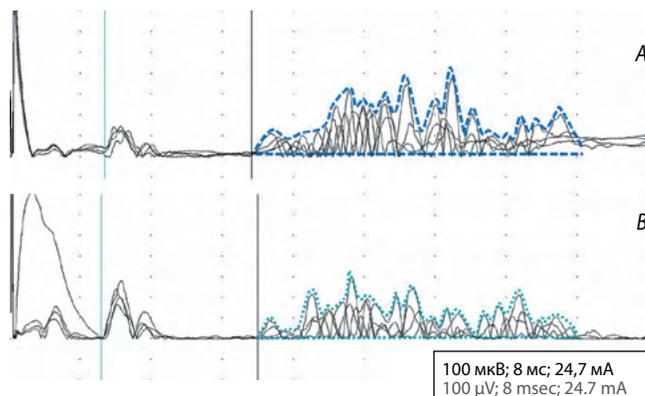


Рис. 4. Соотношение площадей мигательного рефлекса при ингибировании.

A — без предварительного ингибирования; *B* — предварительное ингибирование электрическим стимулом. Запись произведена на приборе «Viking EDX».

Fig. 4. Correlation between blink reflex areas during inhibition.
A — without preliminary inhibition; *B* — with preliminary inhibition using an electrical stimulus. Recorded on a Viking EDX machine.

Показателем, отражающим уровень предварительного ингибирования, является отношение площади под кривой (AUC) позднего ответа R2 мигательного рефлекса с предварительным ингибированием к таковой у рефлекса без предварительного ингибирования (рис. 4):

$$\%PPI = \frac{\text{среднее значение AUC при предварительном ингибировании}}{\text{среднее значение AUC мигательного рефлекса без ингибирования}} \times 100\%.$$

Эффект предварительного ингибирования определяется как разность между нормальным ответом (100%) и ответом при ингибировании (эффект PPI = 100% – %PPI). Он используется для изучения влияния надсегментарных структур на ядра моста в норме и при различных заболеваниях.

Кривая восстановления мигательного рефлекса

Данная оценка тоже проводится на основе исследования мигательного рефлекса. В настройках стимулятора должна быть возможность установки межстимульного интервала и времени записи.

Стимуляция проходит парными стимулами с изменяющимися межстимульными интервалами от 100 мс до 1500 мс с шагом 100 мс. Стимуляция должна проходить неритмично (во избежание привыкания) и с промежутками не менее 20 с между стимуляциями.

Кривые восстановления после парных стимулов для различных рефлексов отражают уровень возбудимости соответствующих рефлекторных дуг. Мигательный рефлекс, в частности, модулируется базальными ядрами через ингибирование верхних холмиков ретикулярной частью чёрной субстанции посредством nigroколликкулярных проекций. Ядра верхних холмиков возбуждают тонически активные серотонинергические нейроны большого ядра шва, которые, в свою очередь, ингибируют цепи мигательного рефлекса в области ядра спинномозгового пути ТН [10].

Показателем, отражающим уровень восстановления мигательного рефлекса, является отношение площадей под

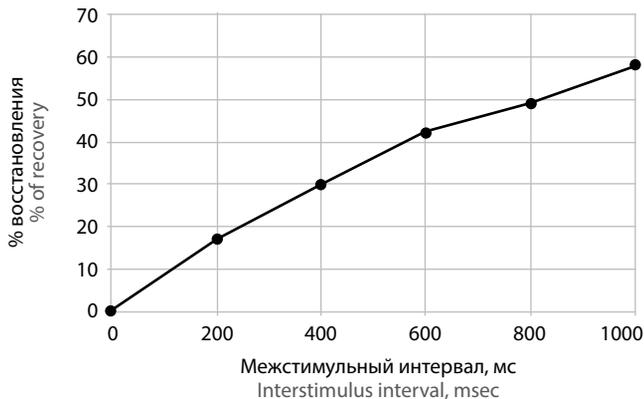


Рис. 5. Кривая восстановления мигательного рефлекса.

Fig. 5. Blink reflex recovery curve.

кривой (AUC) позднего ответа R2 от второго стимула к ответу от первого стимула:

$$\% \text{ восстановления} = \frac{\text{среднее значение AUC R2 при втором стимуле}}{\text{среднее значение AUC R2 при первом стимуле}} \times 100\%.$$

В результате строится кривая в координатах «% восстановления – межстимульный интервал» (рис. 5).

Поскольку одни и те же мотонейроны участвуют в реализации различных рефлексов с круговой мышцей глаза, разница во времени восстановления для R1, корнеального рефлекса и R2 (R1 < корнеальный рефлекс < R2) связана с межнейрональными сетями. R2 ответ мигательного рефлекса наиболее чувствителен к изменениям в возбудимости, в связи с чем кривая восстановления R2 даёт ценную информацию для исследовательских и клинических целей.

Рефлекс ингибирования мышцы, поднимающей верхнее веко

Мышца, поднимающая верхнее веко (МПВВ), иннервируемая глазодвигательным нервом, и круговая мышца глаза являются антагонистами. Запись при исследовании проводится, когда пациент находится в положении лёжа. Для записи активности МПВВ игольчатый биполярный электрод вводится через кожу в середине верхнего века по направлению к собственно мышце (обследуемый в этот момент — с закрытыми глазами и смотрит вниз), затем пациента просят открыть глаза. При открытии глаз регистрируется активность МПВВ. Для регистрации активности круговой мышцы глаза игольчатый биполярный электрод вводят в верхнее или нижнее веко. Положение игольчатых электродов корректируется, исходя из качества регистрируемой записи и комфорта обследуемого. Помимо оценки спонтанного моргания проводится стимуляция надглазничного нерва, как при исследовании мигательного рефлекса.

Односторонняя стимуляция надглазничного нерва во время тонического сокращения мышцы, поднимающей верхнее веко, вызывает с обеих сторон (в отличие от одностороннего ипсилатерального ответа R1 в круговой мышце глаза) два периода молчания (SP1 и SP2) в МПВВ (рис. 6). Латентность SP1 варьирует от 9 до 13 мс, она короче для ипсилатерального ответа R1. Длительность SP1 — 12–15 мс. Латентность SP2 составляет 27–35 мс (короче для R2 от-

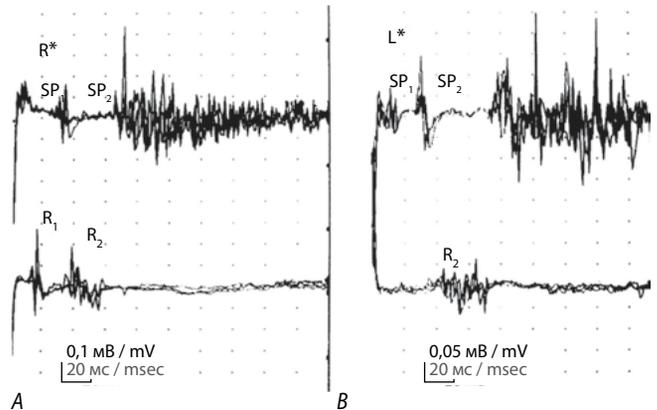


Рис. 6. Ранний (SP1) и поздний (SP2) периоды молчания МПВВ (адаптировано из [3]).

A — наложение 3 трасс миографической активности МПВВ справа (сверху) и правой круговой мышцы глаза (снизу) при стимуляции правого надглазничного нерва (R*). Ипсилатеральная стимуляция вызывает ранний (SP1) и поздний (SP2) периоды молчания в МПВВ, а также R1 и R2 в правой круговой мышце глаза.

B — наложение 3 трасс миографической активности мышц справа, как на *A*, при стимуляции левого надглазничного нерва (L*). SP1 может быть зарегистрирован и при контралатеральной стимуляции, в отличие от R1.

Fig. 6. Early (SP1) and late (SP2) silent periods of the levator palpebrae superioris muscle (adapted from [3]).

A — 3-track overlay of myographic activity of the right levator palpebrae superioris muscle (top) and the right orbicularis oculi muscle (bottom) when the right supraorbital nerve was stimulated (R*). Ipsilateral stimulation caused early (SP1) and late (SP2) silent periods in the levator palpebrae superioris muscle, as well as R1 and R2 in the right orbicularis oculi muscle.

B — 3-track overlay of the myographic muscle activity on the right, like in *A*, when the left supraorbital nerve is stimulated (L*). SP1 may also be registered during contralateral stimulation, unlike R1.

вета круговой мышцы глаза), а длительность — 32–50 мс. Если до электрического стимула сокращение МПВВ было не очень интенсивным, то периоды SP1 и SP2 могут сливаться, образуя единый длительный период молчания. При электрическом стимуле небольшой интенсивности SP1 может не вызываться. Латентность SP2 уменьшается, а его длительность увеличивается после супрамаксимальной стимуляции надглазничного нерва.

Ингибирование МПВВ при активации круговой мышцы глаза, вероятно, осуществляется за счёт центральных путей, отличных от таковых для R1 и R2 ответов мигательного рефлекса.

Для рефлекса ингибирования МПВВ возможно построение кривой восстановления при парных стимулах. Восстановление периодов ингибирования МПВВ оценивается по кривой восстановления ответов круговой мышцы глаза. Измеряется продолжительность двух периодов молчания, после чего рассчитывается отношение полученной величины для второго ответа к полученной величине для первого ответа (результат записывается в процентах). При построении собственно кривой на графике по оси X откладывается интервал между стимулами (в мс), а по оси Y — полученные при расчётах проценты.

Нижнечелюстной рефлекс

Нижнечелюстной рефлекс относится к моносинаптическим рефлексам растяжения. В его рефлекторную дугу входят

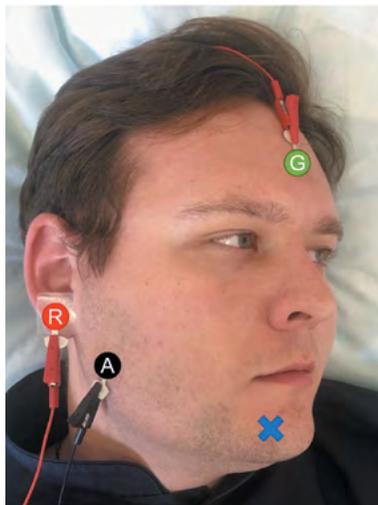


Рис. 7. Расположение электродов для записи нижнечелюстного рефлекса.

Fig. 7. Electrode placement for recording the jaw jerk reflex.

IA-волокна, идущие к мезэнцефальному ядру ТН. Нейроны этого ядра моносинаптически активируют ипсилатеральные (волокна не перекрещиваются) α -мотонейроны двигательного ядра ТН в мосту [4]. Таким образом, рефлекторная дуга нижнечелюстного рефлекса необычна тем, что тела проприоцептивных нейронов для мышц нижней челюсти располагаются в стволе головного мозга (а не в ганглии) и защищены гематоэнцефалическим барьером от циркулирующих на периферии агентов, которые могут представлять потенциальную опасность. Этот факт стоит учитывать при подозрении на аутоиммунные заболевания с поражением чувствительных нейронов гассерова узла (например, при паранеопластических сенсорных нейропатиях или у некоторых пациентов с синдромом Шегрена) — в таких ситуациях у пациента будут выпадать все рефлексы, опосредованные ТН, за исключением нижнечелюстного. Кроме того, анализ нижнечелюстного рефлекса позволяет оценить сохранность двигательных волокон ТН при одностороннем поражении, т.к. перекрещивания аксонов от мезэнцефального ядра ТН к двигательному ядру нет.

Визуальная клиническая оценка нижнечелюстного рефлекса нередко затруднительна: сложно оценить, нормальный ли рефлекс с каждой из сторон и имеется ли он вообще. В этой связи для оценки возможного поражения на стволовом уровне может быть полезной электрофизиологическая оценка этого рефлекса с использованием миографического мониторинга ответа жевательных или височных мышц.

Для исследования нижнечелюстного рефлекса необходим прибор для стимуляционной электромиографии с возможностью:

- проведения многоканальной поверхностной полимиографии;
- подключения неврологического молоточка с датчиком определения удара (G-sensor) в качестве дополнительного триггера;
- программой для записи миографического сигнала от внешнего триггера с возможностью установки 2 каналов для записи ответа.

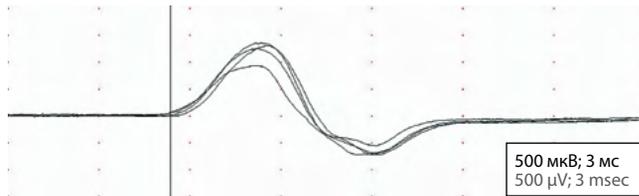


Рис. 8. Мышечный ответ при исследовании нижнечелюстного рефлекса.

Форма ответа при выполнении нижнечелюстного рефлекса аналогична М-ответу при стимуляционной электромиографии. Запись произведена на приборе «Viking EDX».

Fig. 8. Muscle response when evaluating the jaw jerk reflex.

The type of response when the jaw jerk reflex is performed is similar to the M-response during the nerve conduction study. Recorded on a Viking EDX machine.

Запись сигнала осуществляется с поверхностных (накожных) электродов с обеих сторон: активный устанавливается на брюшко жевательной мышцы на уровне нижней трети расстояния от скуловой кости до угла нижней челюсти, референтный — на мочку уха, заземление — на лоб (рис. 7).

Для проведения регистрации исследователь кладёт дистальную фалангу большого пальца своей левой кисти на подбородок обследуемого (он держит рот слегка приоткрытым), а молоточком наносит удар по пальцу. Проводится 8–16 стимуляций для оценки суммарного ответа. В результате регистрируется стандартный М-ответ (рис. 8). Нормальная латентность ответа нижнечелюстного рефлекса составляет 5–10 мс ($6,8 \pm 0,8$ мс). Разность латентностей возникновения ответа с обеих сторон не должна превышать 0,5 мс.

У пациентов пожилого возраста двустороннее отсутствие нижнечелюстного рефлекса является физиологическим.

Рефлекс ингибирования, или кожный период молчания жевательных мышц

Для исследования рефлекса ингибирования жевательных мышц необходим прибор для стимуляционной электромиографии с:

- возможностью проведения многоканальной поверхностной полимиографии;
- программой для проведения исследования периода молчания с возможностью установки 2 каналов для записи ответа m. masseter с обеих сторон.

Запись сигнала осуществляется аналогично проведению нижнечелюстного рефлекса. Катод стимулятора устанавливается на 1 см латеральнее точки выхода ипсилатерального подбородочного нерва, анод — медиальнее (рис. 9).

Пациента в положении сидя просят максимально сжать челюсти на 2–3 с для регистрации стабильного мышечного ответа (в ряде случаев для получения более чёткого миографического сигнала вместо накожных электродов могут использоваться игольчатые). Стимуляция проходит во время мышечного сокращения. Параметры стимуляции: стимул — одиночный, монофазный; продолжительность стимула — 0,2 мс; интенсивность стимула — в 3 раза больше порога возникновения нижнечелюстного рефлекса (как правило, около 20–50 мА) [6]. Проводятся 8–16 стимуляций для оценки ответа с паузой 10–30 с между каждым сокращением жевательных мышц.

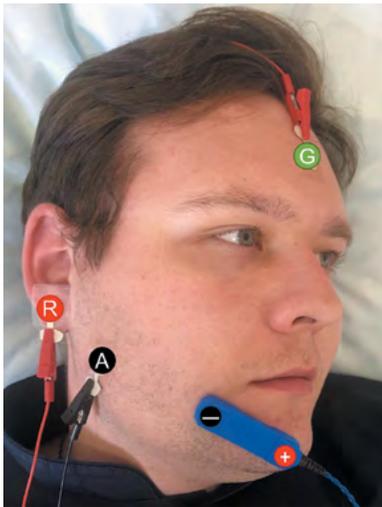


Рис. 9. Расположение электродов и стимулятора для записи рефлекса ингибирования жевательных мышц.

Fig. 9. Electrode and stimulator placement for recording reflex inhibition of the masseter muscle.

По аналогии с рефлексом ингибирования МПВВ, в результате стимуляции возникают два периода молчания: SP1 (ранний) и SP2 (поздний) (рис. 10). SP1 (латентность 10–15 мс, разница между двумя сторонами — не более 2 мс) регистрируется билатерально и, вероятно, возникает в результате передачи сигнала с участием одного вставочного ингибирующего нейрона от ипсилатерального главного (мостового) чувствительного ядра ТН к моторным ядрам ТН с обеих сторон. Поздний SP2 (латентность 40–50 мс, разница между двумя сторонами — не более 6 мс) тоже регистрируется с обеих сторон и длится дольше. Он возникает в результате проведения сигнала до ядра спинномозгового пути (в нижней трети продолговатого мозга) ТН и последующего полисинаптического билатерального восходящего распространения импульса к моторным ядрам ТН. Вероятно, сигнал проходит через латеральную ретикулярную формацию в области понтомедулярного перехода. У небольшого числа людей между SP1 и SP2 не наблюдается мышечной активности, что приводит к слиянию двух периодов молчания с образованием одного длительного периода молчания.

Существуют разночтения в отношении способа вычисления начальной латентности: одни авторы измеряют её от последнего миографического пика, другие — от последнего пересечения изоэлектрической линии, а третьи — от начала электрического молчания (отсутствия электрической активности). Латентность и продолжительность SP могут быть измерены по пересечению выпрямленного и усреднённого сигналов и линии, показывающей 80% фонового уровня электромиограммы. Каждый из этих методов является клинически удовлетворительным, если соблюдаются одни и те же критерии и исследуются различия между стимуляцией справа и слева у одного пациента.

Этот рефлекс, предположительно, играет роль в рефлекторном контроле жевания, предотвращая повреждения

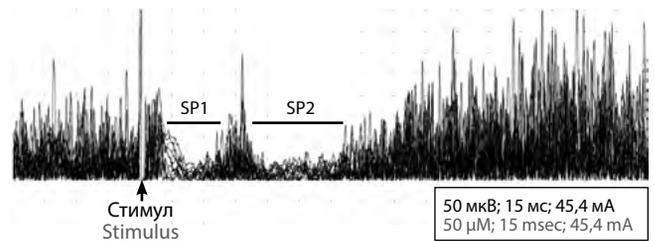


Рис. 10. Ранний (SP1) и поздний (SP2) периоды молчания жевательных мышц.

Запись произведена на приборе «Viking EDX».

Fig. 10. Early (SP1) and late (SP2) silent periods of the masseter muscle. Recorded on a Viking EDX machine.

ротовой полости, которые могут возникнуть при неконтролируемом сокращении жевательных мышц и при движении нижней челюсти во время речи.

Для рефлекса ингибирования жевательных мышц с целью оценки его возбудимости также может анализироваться кривая восстановления при парных стимулах с межстимульными интервалами 100, 150, 250 и 500 мс.

Заключение

Нейрофизиологическое исследование тригемино-фациальных и тригемино-тригеминальных рефлексов позволяет валидировать экстрааксиальное (собственно волокна периферических нервов вне ствола головного мозга) и интрааксиальное (стволовое) поражение при нейропатиях, тригеминальной невралгии, параличе Белла, полинейропатии с вовлечением черепных нервов, очагах в стволе различной этиологии. Кроме того, изменение параметров рефлексов ингибирования и кривых восстановления краниальных рефлексов наблюдается при большом числе заболеваний, характеризующихся дисфункцией структур полушарий большого мозга, в частности, при мышечных дистониях, паркинсонизме, тиках, болезни Гентингтона, гемимастигаторном спазме [3, 4, 6, 7].

Ствол головного мозга вовлечён в контроль широкого спектра функций. Ядра ретикулярной формации ствола получают афферентные импульсы с периферии и интегрируют их с информацией от других ствольных и надъядерных структур, что позволяет им модулировать активность центральных генераторов паттерна. Ядра ствола дают и получают обратную связь от мозжечка, базальных ядер, различных отделов коры больших полушарий, формируя своеобразный «нейрональный хаб».

Краниальные рефлексы являются классическими представителями ствольных рефлексов. Несмотря на давнюю историю изучения, их оценка в норме и при различных патологических состояниях (со стороны как периферической, так и центральной нервной системы) по-прежнему актуальна и позволяет в сложных клинических случаях оптимизировать дифференциально-диагностический поиск, а также исследовать патофизиологические механизмы различных заболеваний, в том числе находящихся на стыке неврологии и других медицинских направлений.

Список источников / References

1. Kugelberg E. Facial reflexes. *Brain*. 1952;75:385–396. DOI: 10.1093/brain/75.3.385. PMID: 12978170.
2. Ongerboer de Visser B.W. The recorded corneo-mandibular reflex. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1986;63(1):25–31. DOI: 10.1016/0013-4694(86)90058-1. PMID: 2416532.
3. Aramideh M., Ongerboer De Visser B.W. Brainstem reflexes: Electrodiagnostic techniques, physiology, normative data, and clinical applications. *Muscle Nerve*. 2002;26(1):14–30. DOI: 10.1002/mus.10120. PMID: 12115945.
4. Cruccu G., Deuschl G. The clinical use of brainstem reflexes and hand-muscle reflexes. *Clin Neurophysiol*. 2000;111(3):371–387. DOI: 10.1016/S1388-2457(99)00291-6. PMID: 10699396.
5. Jerath N., Kimura J. F wave, A wave, H reflex, and blink reflex. *Handb Clin Neurol*. 2019;160:225–239. DOI: 10.1016/B978-0-444-64032-1.00015-1. PMID: 31277850.

6. Aramideh M., Cruccu G., Visser B.W.O. de. Chapter 17 — Cranial nerve reflexes: anatomical pathways, recording techniques and normative data. *Handb Clin Neurol*. 2003:247–65. DOI: 10.1016/S1567-4231(09)70165-0
7. Esteban A. A neurophysiological approach to brainstem reflexes. Blink reflex. *Neurophysiol Clin Neurophysiol*. 1999;29(1):7–38. DOI: 10.1016/S0987-7053(99)80039-2. PMID: 10093816.
8. Miwa H., Nohara C., Hotta M., Shimo Y., Amemiya K. Somatosensory-evoked blink response: investigation of the physiological mechanisms. *Brain*. 1998;121(Pt 2):281–291. DOI: 10.1093/brain/121.2.281. PMID: 9549506.
9. Weiskrantz L., Warrington E.K., Sanders M.D., Marshall J. Visual capacity in the hemianopic field following a restricted occipital ablation. *Brain*. 1974;97(4):709–728. DOI: 10.1093/brain/97.1.709. PMID: 4434190.
10. Basso M.A., Powers A.S., Evinger C. An explanation for reflex blink hyperexcitability in Parkinson's disease. I. Superior colliculus. *J Neurosci*. 1996;16(22):7308–7317. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.16-22-07308.1996. PMID: 8929437.

Информация об авторах

Селивёрстов Юрий Александрович — к.м.н., с.н.с. Научно-консультативного отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия, orcid.org/0000-0002-6400-6378

Абрамова Анна Александровна — врач-невролог Научно-консультативного отделения ФГБНУ НЦН, Москва, Россия, orcid.org/0000-0002-7960-1006

Евдокимов Константин Михайлович — аспирант ФГБНУ НЦН, Москва, Россия, orcid.org/0000-0001-6217-4151

Брутян Амаяк Грачевич — к.м.н., зав. лаб. клинической нейрофизиологии ФГБНУ НЦН, Москва, Россия, orcid.org/0000-0002-6381-2925

Максимова Марина Юрьевна — д.м.н., проф., зав. 2-м неврологическим отделением ФГБНУ НЦН, Москва, Россия; проф. каф. нервных болезней стоматологического факультета ФГБОУ ВО МГМСУ, Москва, Россия, orcid.org/0000-0002-7682-6672

Иллариошкин Сергей Николаевич — д.м.н., проф., член-корр. РАН, зам. директора по научной работе, рук. отдела исследований мозга ФГБНУ НЦН, Москва, Россия; проф. каф. нервных болезней стоматологического факультета ФГБОУ ВО МГМСУ, Москва, Россия, orcid.org/0000-0002-2704-6282

Пирадов Михаил Александрович — д.м.н., проф., академик РАН, директор ФГБНУ НЦН, Москва, Россия; зав. кафедрой нервных болезней стоматологического факультета ФГБОУ ВО МГМСУ, Москва, Россия, orcid.org/0000-0002-6338-0392

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Information about the authors

Yury A. Seliverstov — Cand. Sci. (Med.), senior researcher, Scientific advisory department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0002-6400-6378

Anna A. Abramova — neurologist, Scientific advisory department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0002-7960-1006

Konstantin M. Evdokimov — postgraduate student, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0001-6217-4151

Amayak G. Broutian — Cand. Sci. (Med.), Head, Laboratory of clinical neurophysiology, Research Center of Neurology, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0002-6381-2925

Marina Yu. Maximova — D. Sci. (Med.), Prof., Head, 2nd Neurology department, Research Center of Neurology, Moscow, Russia; Professor, Department of nervous diseases, Faculty of dentistry, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0002-7682-6672

Sergey N. Illarioshkin — D. Sci. (Med.), Prof., Corr. Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy director, Head, Department for brain research, Research Center of Neurology, Moscow, Russia; Professor, Department of nervous diseases, Faculty of dentistry, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0002-2704-6282

Mikhail A. Piradov — D. Sci. (Med.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, Research Center of Neurology, Moscow, Russia; Head, Department of nervous diseases, Faculty of dentistry, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia, orcid.org/0000-0002-6338-0392

Author contribution. All authors made a substantial contribution to the conception and the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published.