

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Зокирходжаев Р.А.¹, Хасанов Н.Н.² Бузрукхонов С.С.³

¹Доктор медицинских наук, доцент кафедры Офтальмологии, Ташкентской медицинской академии.

²Врач-офтальмолог, Центрального госпиталя МВД Республики Узбекистан.

³Врач-офтальмолог, Республиканский специализированный научно-практический центр микрохирургия глаза.

Аннотация. Электрофизиологическая диагностика — современный метод выявления нарушений проводимости зрительных нервов, чувствительности рецепторов в коре головного мозга и сетчатке, а также скорости и адекватности их реакций на специфические стимулы. В офтальмологии ЭФИ глаз считается одним из самых информативных методов диагностики нарушений зрения, который позволяет дифференцировать различные виды аномалий — от дегенерации сетчатки до демиелинизирующих заболеваний ЦНС. В отличие от других процедур, ЭФИ-обследование глаз позволяет выявить функциональные нарушения зрения. Метод работает за счет регистрации электрических импульсов в разных участках зрительной системы. Измеряя показания проводимости и реакции тканей на внешние импульсы, можно выявить аномалии, которые не видны при других исследованиях.

Ключевые слова: Электрофизиология, электроретинография, зрительный вызванный потенциал, электроокулография,

ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDIES IN OPHTHALMOLOGY

Zokirkhodjaev R.A.¹, Khasanov N.N.², Buzrukhonov S.S.³

¹Doctor of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy.

²Ophthalmologist, Central Hospital of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan.

³Ophthalmologist, Republican Specialized Scientific and Practical Center for Eye Microsurgery.

Abstract. Electrophysiological diagnostics is a modern method for detecting disorders of optic nerve conductivity, receptor sensitivity in the cerebral cortex and retina, as well as the speed and adequacy of their reactions to specific stimuli. In ophthalmology, EFI of the eye is considered one of the most informative methods for diagnosing visual impairment, which allows differentiating various types of anomalies - from retinal degeneration to demyelinating diseases of the central nervous system. Unlike other procedures, EFI eye examination allows identifying functional visual impairments. The method works by recording electrical impulses in different parts of the visual system. By measuring the conductivity readings and tissue response to external impulses, it is possible to identify anomalies that are not visible in other studies.

Keywords: Electrophysiology, electroretinography, visual evoked potential, electrooculography,

В статье рассматриваются основные положения электрофизиологических тестов в клинической офтальмологии. Электрофизиологические тесты включают оценку функции палочко-колбочковой системы и проксимального зрительного пути. Зрительный вызванный потенциал (ЗВП) выполняется для оценки функции проксимального зрительного нерва. Электроокулограмма (ЭОГ) используется для изучения соединения фоторецептор-РПЭ. Электроретинограмма (ЭРГ) используется для оценки функции фоторецептора

(а-волна) и внутренней сетчатки (b-волна). Паттерн ЭРГ полезен для изучения функции колбочек макулы и функции ганглиозных клеток. а-волна в ЭРГ является диагностической для дистрофии палочек-колбочек или колбочек-палочек. Амплитуда b-волны в ЭРГ помогает нам отличить дисфункцию внутренней сетчатки от дистрофии фоторецепторов. Таким образом, ЭРГ не только полезна для постановки диагноза, но и полезна для изучения прогноза заболевания, что в конечном итоге помогает в консультировании пациента. Паттерн ЭРГ при использовании в сочетании с паттерном ЗВП помогает точно определить причину необъяснимой потери зрения. Мультифокальная ЭРГ изучает фокальные ответы на заднем полюсе в аркадах. Наиболее важным применением мультифокальной ЭРГ является раннее выявление токсичности гидроксихлорохина. Оценка остроты зрения с помощью развертки ЗВП, фокальной ЭРГ и мультифокальной ЗВП являются новейшими разработками в электрофизиологии.

Электрофизиологические тесты включают оценку функции системы палочек и колбочек и проксимального зрительного пути. Для постановки диагноза проводится несколько тестов. Электроретинография (ЭРГ) и вызванный зрительный потенциал (ВЗП) являются наиболее распространенными из них. Формы волн в этих тестах не только помогают поставить диагноз, но и полезны для прогнозирования пациента. Тесты также помогают диагностировать необъяснимую потерю зрения. Существуют новые разработки в электрофизиологии в виде мультифокальной электроретинографии (МФ ЭРГ) и вызванного зрительного потенциала (ВЗП). Целью написания этой статьи является получение базовых знаний о форме волн в электрофизиологии и их интерпретации.

Электрофизиология — это ретинальный электрический потенциал, полученный путем визуальной стимуляции.

Цели электрофизиологии

1. Диагностика известной дисфункции сетчатки

2. Диагностика необъяснимой потери зрения

Следующие исследования проводятся при электрофизиологическом тестировании

1. Зрительный вызванный потенциал
2. Полная электроретинограмма
3. Паттерн-электроретинограмма (ПЭРГ)
4. Мультифокальная электроретинограмма (мфЭРГ)
5. Электроокулограмма (ЭОГ)

Зрительный вызванный потенциал

ЗВП — это корковый ответ, который привязан по времени к событию визуального стимула, такому как контрастное изменение шахматного рисунка или вспышка света. Амплитуда обычно составляет 4–15 мкВ, а задержка — 90–100 мс.[2] Каналы, упомянутые в левой части рисунка, — это протоколы в ЗВП для правого и левого глаза при углах обзора 1,0 градуса. Первый протокол для каждого глаза взят при большом размере клетки, а второй — при маленьком размере клетки. N75 — это первый отрицательный ответ, и его время задержки с начала ответа отмечено. P100 — это первый положительный ответ, его время задержки отмечено в третьем столбце. Эта волна является самой важной волной в ЗВП. N135 — это большой отрицательный ответ, отмеченный, но не имеющий большого клинического значения. Амплитуда N75-P100 отмечена в пятом столбце. Следовательно, третий и пятый столбцы являются наиболее важными.

Паттерн ЗВП используется у пациентов, которые могут концентрироваться на паттерновом стимуле. Он чрезвычайно полезен для изучения функции зрительного нерва. Задержка латентности P100 предполагает дисфункцию зрительного нерва, в основном затрагивающую аксон, т. е. неврит зрительного нерва или демиелинизацию. Обратите внимание на задержку латентности P100 с левой стороны (более 110, что считается нормой). Снижение

амплитуды P100 обычно предполагает нарушение зрения проксимальнее зрительного нерва или нейронной ткани (в основном атрофические изменения). Следовательно, паттерн ЗВП используется для исключения дисфункции зрительного нерва и служит ориентиром для определения уровня потери зрения. Если пациент не может фиксировать взгляд или имеет плотную непрозрачную среду, то проводится вспышка ЗВП, чтобы исключить наличие или отсутствие зрительной реакции со стороны зрительного нерва. Результаты вспышки ЗВП очень изменчивы, и поэтому она используется только как маркер наличия или отсутствия реакции со стороны зрительного нерва. N1, N2 и N3 — отрицательные ответы, а P1, P2 и P3 — положительные ответы. При вспышке ЗВП важны только амплитуды P1 и P2.

Электроокулограмма (ЭОГ)

ЭОГ является мерой функции ретинального пигментного эпителия (RPE) и взаимодействия между RPE и фоторецептором. Любое расстройство, которое затрагивает палочковый фоторецептор, повлияет на EOG, и подъем света обычно снижается при пигментном ретините (RP) и связанной с ним дисфункции фоторецептора. Коэффициент Ардена представляет собой соотношение между светлым и темным минимумом и пиками. Коэффициент Ардена выше 1,8 является нормальным, а ниже 1,6 является ненормальным. Между 1,8 и 1,6 это подозрительно. Основное применение EOG в клинической практике заключается в диагностике лучшей вителлиформной макулярной дистрофии, когда наблюдается сильно сниженный или отсутствующий подъем EOG, сопровождающийся нормальным

Электроретинограмма.

Паттерн электроретинограмма (ПЭРГ) — это реакция сетчатки на структурированный стимул, такой как перевернутая черно-белая шахматная доска или решетка. Это мощный клинический инструмент, позволяющий как объективную клиническую оценку функции макулы (P50), так и прямую оценку функции ганглиозных клеток сетчатки (N95). ПЭРГ считается

промежуточным этапом между ЭРГ полного поля и ЗВЭП, поэтому ее не следует рассматривать отдельно. Паттерн ЭРГ страдает от заболеваний, ограниченных макулой, и, наоборот, у пациента с генерализованной дисфункцией сетчатки, не затрагивающей макулу, будет аномальная ЭРГ, но нормальная ПЭРГ. Таким образом, у пациентов с тяжелой формой дистрофии палочек и колбочек с хорошей остротой зрения наблюдается выраженная аномальная ЭРГ, но довольно хорошая ПЭРГ из-за спарринга макулы на этой стадии заболевания. Таким образом, ПЭРГ можно использовать в качестве маркера для определения стадии и прогрессирования дистрофии палочек и колбочек.

Паттерн ЭРГ также используется для оценки ранних изменений глаукомы. Поскольку компонент N95 представляет функцию ганглиозных клеток, паттерн ЭРГ является первой формой волны, которая подвергается влиянию ранних изменений глаукомы.[3]

Необъяснимая потеря зрения

Электрофизиология является золотым стандартом в оценке пациентов с необъяснимой потерей зрения. Паттерн ЗВП и паттерн ЭРГ выполняются в виде одновременной записи для оценки этих пациентов. Если паттерн ЭРГ и паттерн ЗВП в норме, то причина необъяснимой потери зрения обычно неорганическая. Если паттерн ЭРГ в норме, а паттерн ЗВП ненормален, то потеря зрения вызвана дисфункцией зрительного нерва. Если компонент P50 паттерна ЭРГ в норме, а N95 ненормален, то мы должны полагаться на паттерн ЗВЭ, который обычно ненормален и представляет собой дисфункцию зрительного нерва. Если P50 ненормален, то мы, вероятно, имеем дело с дисфункцией фоторецепторов. Следующий шаг — сделать полную ЭРГ, которая определит, есть ли чистая макулярная дистрофия или генерализованная дисфункция сетчатки.

Полномасштабная электроретинограмма

Полномасштабная ЭРГ — это массовый электрический ответ сетчатки на

стимуляцию яркостью. Он имеет два основных компонента: скотопический (адаптированный к темноте ответ) и фотопический (адаптированный к свету ответ).

Скотопический ответ имеет две основные формы волны, а именно b-волну палочкового ответа и максимальную ответную волну a и b. Эта волна в основном используется для изучения палочковидных фоторецепторов. Этот ответ является наиболее важной формой волны, используемой для дифференциации дисфункции фоторецепторов и внутренней сетчатки. A-волна (отрицательная) представляет функцию фоторецептора, префототрансдукцию, а b-волна (положительная) представляет функцию внутренней сетчатки (биполярные клетки, пост-фототрансдукцию).[4]

Фотопический ответ получается после яркой фотопической адаптации. Первая волна получается после однократной фотопической вспышки. Эта волна также имеет отрицательную a-волну и положительную b-волну. Отрицательная волна a представляет собой функцию фоторецептора колбочки, а положительная волна b представляет собой внутреннюю функцию сетчатки.

Следующий ответ в фотопическом состоянии — это ответ на мерцание 30 Гц. При 30 Гц плохое временное разрешение системы палочек, в дополнение к наличию подавляющего палочки фона, позволяет регистрировать чистую форму волны, специфичную для колбочек.

На основе ЭРГ установлено три основные группы диагнозов.

1. Палочко-колбочковая дистрофия
2. Колбочко-палочковая дистрофия
3. Внутренняя ретинальная дисфункция

Палочко-колбочковая дистрофия

Палочко-колбочковая дистрофия — это группа заболеваний, связанных с дисфункцией слоя палочек и колбочек фоторецепторов, но в основном с

участием палочковых фоторецепторов. У пациентов наблюдаются симптомы ночной слепоты. Палочковые ответы заметно снижены (а-волна), и это приводит к вторичному снижению b-волны. Обе волны снижены равномерно. РП является наиболее распространенным заболеванием в этой группе. Наряду с палочковой реакцией снижена также колбочковая реакция, но в меньшей степени. Снижение скотопического, фотопического и макулярного паттерна ЭРГ. Таким образом, ЭРГ помогает не только в диагностике палочко-колбочковой дистрофии, но и в определении стадии заболевания.

Дистрофия колбочек и палочек

Дистрофия колбочек и палочек — это группа заболеваний, включающих снижение функции фоторецептора колбочек. Скотопический ответ при дистрофии колбочек, b-волна палочек и волна a-b в максимальном ответе снижены, но не так заметно, как при дистрофии палочек и колбочек. Сниженный ответ на мерцание 30 Гц в значительной степени свидетельствует о сниженной функции колбочек. Паттерн ЭРГ также снижен при дистрофии колбочек и также выступает в качестве точки дифференциации между чистой макулярной дистрофией и дистрофией колбочек

Внутренняя ретинальная дисфункция

B-волна ответа ЭРГ на яркую вспышку возникает во внутренней сетчатке, в основном в биполярных клетках, и, таким образом, связана с активностью, происходящей после фототрансдукции. Это также называется электроотрицательной ЭРГ. Волновая картина показывает почти нормальную a-волну и отсутствующую или сниженную b-волну. Отрицательная b-волна лучше воспринимается в скотопической ЭРГ, чем в фотопической ЭРГ. Наиболее распространенными состояниями, отмеченными в этой группе, являются врожденная стационарная ночная слепота (BSHC), X-сцепленный ретиношизис, меланома-ассоциированная ретинопатия (MAP), хориоретинопатия «birdshot» и болезнь Баттена. Классическим клиническим

расстройством, обычно связанным с отрицательным ЭРГ, является окклюзия центральной артерии сетчатки (ОЦАС). Это открытие отражает двойственность кровоснабжения сетчатки, т. е. фоторецепторы снабжаются хориоидальным кровообращением, а внутренняя сетчатка — центральной артерией сетчатки. Следовательно, ЭРГ также используется для исключения ишемической ретинопатии, особенно у диабетиков. Дифференциация между слоем фоторецепторов и внутренней дисфункцией сетчатки является одним из наиболее важных применений ЭРГ.[5]

Мультифокальная ЭРГ (мф ЭРГ)

Мультифокальная электроретинография — это исследование, которое может одновременно измерять несколько электроретинографических ответов в разных местах сетчатки с помощью методов кросс-корреляции. Таким образом, мфЭРГ позволяет топографически картировать функцию сетчатки в центральных 40–50 градусах макулы. Отображение может быть в виде массива следов трехмерного представления. Массив следов показывает несколько ответов на небольших участках, особенно от аркады до аркады. Трехмерная карта представляет собой псевдоцветовой ответ, разделенный на несколько шестиугольников.[6] Фовеолярный пик, который имеет самый высокий ответ, виден в центре белым цветом (максимальный ответ). Маленькая черная стрелка представляет собой слепое пятно (минимальный ответ).

Клинически мф ЭРГ используется для изучения функции макулы в случае сомнений или для изучения функции на локализованной области макулы. При ВМД мфЭРГ можно использовать для исключения наличия неоваскуляризации при сухой ВМД или при последующем лечении ВМД. При

диабетической ретинопатии мфЭРГ в основном используется для исключения ишемических изменений в макулярной области. Он используется для изучения функции макулы при последующем наблюдении за операциями (макулярное отверстие, эпиретинальная мембрана или диабетическая ретинопатия).[7]

Литературы:

1. Fishman GA, Birch DG, Holder GE, Brigell MG. Электрофизиологическое тестирование при расстройствах сетчатки, зрительного нерва и зрительного пути. 2-е изд. Монография по офтальмологии 2. Сан-Франциско: Фонд Американской академии офтальмологии; 2001. стр. 237-69.

2. Holder GE. Электрофизиологическая оценка заболеваний зрительного нерва. Eye (Lond) 2004;18:1133-43.

3. Holder GE. Значимость аномальной электроретинографии при дисфункции переднего зрительного пути. Br J Ophthalmology 1987;71:166-71.

4. Frishman LJ. Происхождение электроретинограммы. В: Heckenlively JR, Arden GB, редакторы. Принципы и практика клинической электрофизиологии зрения. 2-е изд. Кембридж, Массачусетс: MIT Press;

5. Audo I, Robson AG, Holder GE, Moore AT. Отрицательная ЭРГ: клинические фенотипы и механизмы заболеваний внутренней дисфункции сетчатки. Survival Ophthalmology 2008;1:16-40.

6. Hood DC. Оценка функции сетчатки с помощью мультифокальной техники. Prog Retin Eye Res 2000;19:607-46.

7. Sasoh M, Yoshida D, Kuze M, Uji Y. Мультифокальная электроретинограмма при отслойке сетчатки. Doc Ophthalmology 1997;94:239-52.