

УДК 617.73-053

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ВОЗРАСТНЫХ ДЕГЕНЕРАЦИЙ СЕТЧАТКИ У ЛЮДЕЙ

Джелдубаева Э. Р., Трибрат Н. С., Туманянц К. Н.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: delviza@mail.ru*

В данной работе рассмотрены особенности возрастных дегенерации сетчатки глаза у пожилых людей методом электроретинографии. Выявлены возрастные изменения в функционировании колбочек сетчатки глаза (первый нейрон сетчатки), биполярных, амакриновых и мюллеровых клеток (второй нейрон сетчатки), а также изменения функционирования зрительного нерва у пожилых людей.

Ключевые слова: электроретинография, сетчатка, палочки, колбочки, зрительный нерв, возрастные изменения.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с потребностями теоретической и практической физиологии и медицины, с каждым годом все больше расширяются аппаратно-диагностические возможности прижизненного изучения строения зрительной системы человека, появляются новые методы послойной визуализации сетчатки [1]. При этом на протяжении уже многих десятилетий способы оценки функциональной активности различных клеточных элементов сетчатки, межнейрональных взаимодействий при нормальных условиях жизнедеятельности, а также при различных глазных заболеваниях, сводятся главным образом к применению электрофизиологических методов исследования [2, 3]. Среди них, в частности, наибольшее распространение получила электроретинография (ЭРГ), выполняемая в различных модификациях, которая уже долгие годы является единственным объективным методом исследования ретинальной функции [4]. ЭРГ состоит из негативной а-волны, позитивных b- и с-волн, каждая из которых происходит в различных структурах сетчатки: пигментном эпителии, фоторецепторах, гипер- и деполяризующих биполярах, клетках Мюллера, амакриновых и ганглиозных клетках и др. [2, 5]. С учетом совершенствования этого метода исследования, на сегодняшний день показатели ЭРГ дают возможность определить глубину и площадь патологических изменений сетчатки, позволяют осуществлять мониторинг и прогнозирование течения различных заболеваний, сопровождающихся нарушением электрогенеза и проводимости зрительных импульсов в сетчатке [6, 7]. Безусловно, ЭРГ играет также важную роль в исследовании патогенеза подобных заболеваний, равно, как и механизмов терапевтических и токсических эффектов их медикаментозной терапии. И, наконец, рассматриваемый метод электрофизиологического исследования также

позволяет оценивать этапы развития и созревания зрительной системы в онтогенезе человека [8].

Анализ литературы по данной проблеме показал, что в 20 регионах Российской Федерации в исследовании ЭРГ при диагностике глазной заболеваемости нормативные показатели при применении данной методики не идентичны (до 80 %) [6]. Среди различных факторов, влияющих на возникновение данных изменений, немаловажное значение имеют биологическая особенность растущего организма, его повышенная чувствительность к экзогенным воздействиям в районе проживания, гемодинамические нарушения в шейном отделе позвоночной артерии, в сосудах глазного яблока (глазничной артерии, центральной артерии сетчатки, задних коротких цилиарных артериях), ведущие к гипоксии сетчатой оболочки.

В отечественной литературе последних лет нами не найдено работ, посвященных эпидемиологии, определению факторов риска развития вышеуказанных осложнений, зависящих от экологических условий проживания испытуемых, в частности, на территории Республики Крым города Симферополь.

Кроме того, согласно международным стандартам электроретинографии ISCEV каждой лаборатории рекомендуется опытным путем формировать свой диапазон нормальных показателей в разрезе каждого вида стимуляции для разных возрастных групп [1].

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования явилось выявление особенностей возрастных дегенерации сетчатки глаза у людей по характеристикам электроретинографии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» при кафедре физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (СП) ФГАОУ ВО «Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского».

Использовано оборудование – многофункциональный компьютерный комплекс «Нейрон-Спектр-5/S» (год выпуска – 2016; документ, подтверждающий характеристики - Декларация о соответствии № РОСС RU.ИМ18.Д00816, от 27.01.2014 г. до 26.01.2024 г.). Для получения ЭРГ были использованы дополнительные модули программы ЭРГ – ганцфельд-стимулятор, световые карандаши (синий, зеленый, красный), а также программное обеспечение «ЭНВП ЭМП. Омега».

Для реализации цели испытуемых разделили на 2 возрастные группы – 1 группа, люди в возрасте 18–20 лет (n=20) и 2 группа, испытуемые в возрасте 60–70 лет (n=18).

Все испытуемые были предупреждены о ходе исследования и дали письменное согласие на экспериментальное исследование и обработку полученных результатов.

Известно, что в зависимости от выбора способа стимуляции, регистрируемая ЭРГ может принимать различные формы. Определенные виды раздражителей вызывают ответную реакцию конкретных структур сетчатки. Правильный выбор стимуляции позволяет исследователю получить наиболее полную картину

физиологического состояния сетчатки и увеличить диагностическое значение электроретинографии [3, 9]. В связи вышеизложенным, при регистрации ЭРГ были использованы следующие стандартные методики[10]:

1. Максимальная ЭРГ (Light-adapted 3.0 ERG). Также известна как методика «Полное поле».

2. Ритмическая ЭРГ (Light-adapted 3.0 flickerERG) (палочковая, колбочковая и нейронально-мюллеровская стимуляция).

3. Локальная ЭРГ (MacularorfocalERG) (стимуляция синим, зеленым и красным световыми карандашами)

4. Паттерн-ЭРГ (Pattern-ERG) (с использованием реверсивного шахматного поля).

Анализируемыми показателями ЭРГ являются пиковая латентность и амплитуда волн.

Пиковая латентность показывает время от подачи стимула до пика волны и характеризует скорость проведения нервного импульса. Измеряется латентность в миллисекундах (мс).

Амплитуда волн измеряется следующим образом: для первой волны – от изолинии до ее пика; для последующих волн – от вершины предыдущей волны до пика. Амплитуда зависит от количества фоторецепторов, участвующих в ответе. Измеряется она в микровольтах (мкВ).

Для увеличения информативности результатов исследования сравнивали результаты, полученные различными методами регистрации. Например, для определения колбочковой активности выполняли колбочковую ЭРГ, локальную ЭРГ и ритмическую ЭРГ с частотой 30 Гц. Различные виды колбочковой патологии дают разные, иногда патогномичные изменения параметров перечисленных электроретинограмм. Изменение всех видов ЭРГ говорит о далеко зашедшей стадии патологического процесса.

Статистическая обработка данных осуществлялась с применением пакета анализа "Microsoft Excel". Проводилась оценка вида распределения параметров, расчет средних данных, стандартного отклонения. Оценку достоверности полученных данных проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа ANOVA (F). Статистический анализ проводился в несколько этапов. На первом этапе делались расчеты по каждому параметру исследуемого ЭРГ. На втором этапе оценивалась достоверность различия параметров правой и левой сторон с расчетом допустимого значения разности.

Для статистического анализа результатов исследования использовали программу «Statistica 10».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования при применении различных видов ЭРГ исследуемые показатели у молодых и пожилых людей отличались.

Результаты исследования ЭРГ при использовании **методики стимуляции полного поля** у молодых людей показали, что показатели латентного периода а- и b-волн составляли $16,82 \pm 2,72$ мс и $35,36 \pm 7,53$ мс соответственно. При этом у

пожилых людей данные показатели были ниже на 14,63 % ($p < 0,05$) и 7,96 % ($p > 0,05$) в сравнении с соответствующими показателями, зарегистрированным у молодых испытуемых. Однако у пожилых людей зарегистрировано достоверное увеличение амплитуды а-в волны в 2,29 раз ($p < 0,001$, $F = 120,19$) в сравнении с данными аналогичного показателя, зарегистрированными у молодых испытуемых (рис. 1).

Известно, что величина отклонения данных показателей ЭРГ характеризует степень вовлечения сетчатки в патологический процесс [11]. Незначительное снижение амплитуды ответа свидетельствует о начальных или функциональных изменениях, в то время как резкое снижение свидетельствует о грубом нарушении работы сетчатки вследствие органической патологии, даже при условии неизменности офтальмологической картины глазного дна.

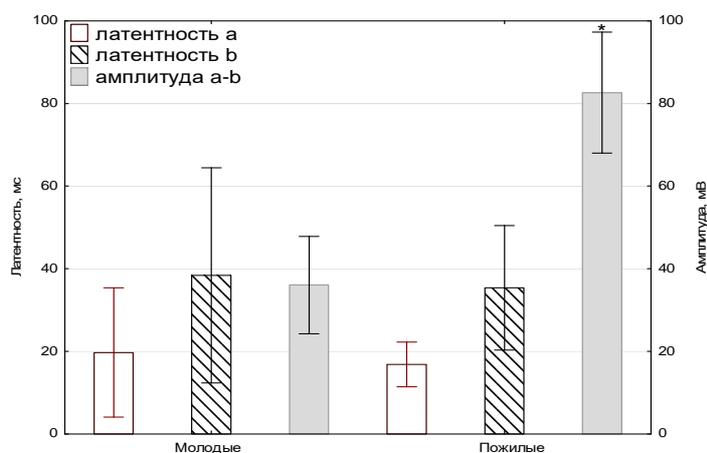


Рис. 1. Возрастные изменения показателей электроретинографии при использовании методики «полное поле».

Выраженное увеличение амплитуды ЭРГ в пробе стимуляции полного поля свидетельствует о раздражении сетчатки при острой гипоксии, интоксикации, симпатической офтальмии, при травме или атрофии зрительного нерва вследствие нарушения проведения по его тормозящим волокнам [12, 13]. При этом показано, что увеличение амплитуды волны а-в отражает функционирование внутренних слоев сетчатки, прежде всего Мюллеровых клеток.

Таким образом, полученные результаты показали, что при регистрации ЭРГ на стимуляцию полное поле, зарегистрированной у пожилых людей, наблюдается супернормальная ЭРГ, характеризующаяся незначительным уменьшением латентных периодов а- и в-волн, при увеличении амплитуды потенциалов. Это свидетельствует об изменении функций фоторецептов, а также мюллеровских, горизонтальных, амакриновых и ганглиозных клеток сетчатки.

При использовании методики ритмической ЭРГ с частотой 30 Гц у молодых испытуемых показатель амплитуды ритмической РЭРГ составлял $41,38 \pm 5,37$ мкВ. У

группы пожилых людей данный показатель был зарегистрирован ниже на 40,51 % ($p < 0,001$, $F = 41,39$) относительно значений таковых у молодых людей (рис. 2).

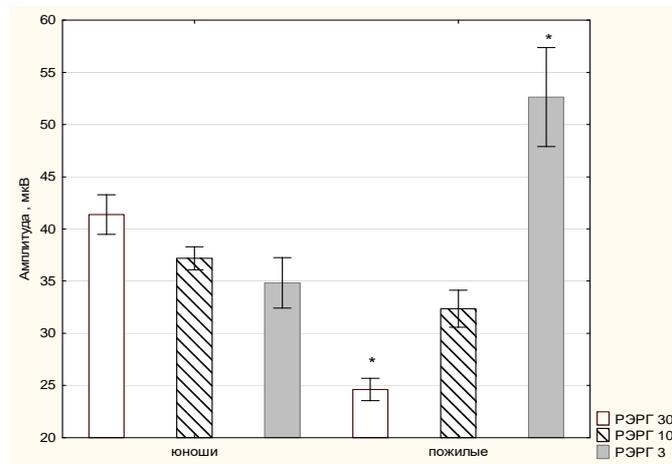


Рис. 2. Изменение амплитуда минимальных и максимальных колебаний (мкВ) электроретинограммы при использовании методик ритмическая стимуляция с частотой 3, 10 и 30 Гц у людей юношеского и пожилого возраста.

При ритмической стимуляции с частотой 10 Гц у группы пожилых людей показания амплитудных колебаний был недостоверно меньше на 13,03 %.

При ритмической стимуляции с частотой 3 Гц, напротив, у пожилых людей отмечается существенное увеличение показаний амплитуды минимальных и максимальных значений волны в 1,5 раза ($p < 0,01$).

Известно, что в ответе ЭРГ, получаемом при частоте 30 Гц и выше, участвуют только колбочки. Снижение амплитуды РЭРГ при частоте мельканий 30 Гц говорит об уменьшении количества функционирующих колбочек. При этом отклонения показателей РЭРГ на 30 Гц от нормальных может иметь динамику, отличную от реакции других колбочковых проб (на красную, зеленую, синюю вспышку). Подобные различия говорят о различной природе генерации ответов, и дает возможность с разных сторон оценить функцию колбочек. Преобладающее нарушение одной из проб нередко позволяет точно диагностировать некоторые глазные заболевания.

При проведении РЭРГ при низкой частоте мельканий (10 Гц), доминирующим будет вклад палочковых структур.

При одиночных стимулах света b-волна ЭРГ отражает активность внутренних слоев сетчатки. Неспособность глиальных мюллеровских клеток воспринимать частоту световых мельканий выше 2–4 Гц позволяет с помощью РЭРГ исследовать суммарную активность только нейрональных элементов сетчатки, не опосредованную глией. Таким образом, комбинирование методов позволяет косвенно оценивать глиальные и нейрональные изменения в сетчатке. Так,

например, при нарушении трофических процессов в сетчатке снижается амплитуда в первую очередь в пробах на единичный стимул и уже во вторую очередь в РЭРГ.

Таким образом, возрастные изменения показателей РЭРГ у пожилых людей свидетельствует о нейрональных и глиальных изменениях в сетчатке. Возрастные изменения сетчатки связаны с уменьшением количества колбочковых структур, незначительные изменения в палочковой аппарате, а также повышением активности мюллеровых клеток.

При использовании **локальной ЭРГ** со световым раздражителем синего цвета у группы молодых испытуемых латентности а- и b-волн составили $22,10 \pm 7,07$ мс и $39,25 \pm 6,92$ мс соответственно. У группы пожилых наблюдалось уменьшение данных показателей на 32,02 % ($p < 0,01$) и 9,73 % ($p < 0,01$) соответственно. Показатели амплитуды а-b у группы пожилых несущественно уменьшились, по сравнению с показателями у молодых людей (рис. 3).

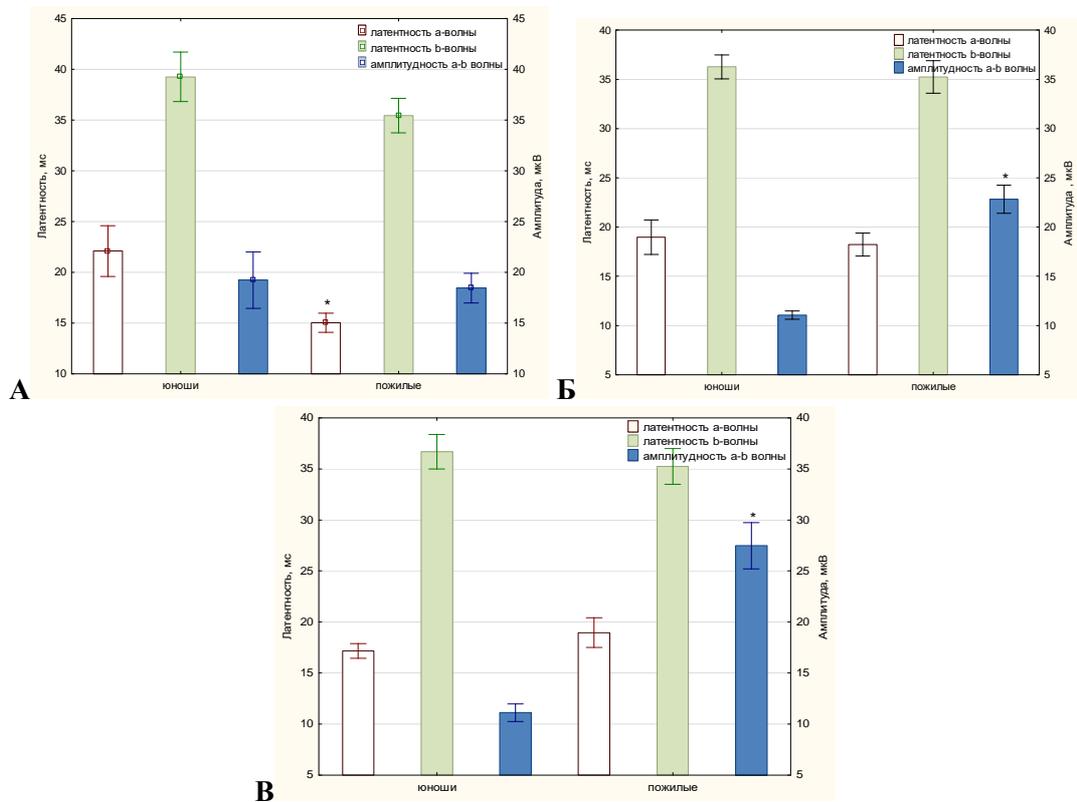


Рис. 3. Изменение латентности (мс) и амплитуды (мкВ) минимальных и максимальных колебаний (мкВ) локальной электроретинограммы при стимуляции синим (А), зеленым (Б) и красным (В) цветом у людей молодого и пожилого возрастов.

С применением светового раздражителя зеленого цвета у группы молодых испытуемых латентности а- и b-волн составили $18,96 \pm 4,96$ мс и $36,28 \pm 3,42$ мс. У группы пожилых соответствующие показатели незначительно уменьшились на 3,86 % и 2,84 % соответственно. Амплитудные показатели а-b волны у молодых составили $11,05 \pm 1,20$ мВ, а у группы пожилых данный показатель достоверно увеличился в 2 раза ($p < 0,02$).

При использовании светового раздражителя красного цвета латентности а- и b-волн у группы молодых составили $17,16 \pm 2,03$ мс и $36,69 \pm 4,75$ мс. У группы пожилых данные показатели увеличились незначительно. Однако показатели амплитуды а-b у группы пожилых существенно возросла в 2,4 раза ($p < 0,001$) относительно значений таковых у молодых людей.

Таким образом, по нашим показателям, при регистрации локальной ЭРГ, показатели которой отражают состояние макулярной области сетчатки, отмечается достоверное уменьшение количества в большей степени синих колбочек. При этом увеличение амплитуды а-b волны свидетельствует об изменениях в нейрональных элементах сетчатки, опосредованных глией.

При использовании методики ПЭРГ измерения латентности позитивного пика (P50) у группы молодых показатель составил $66,15 \pm 6,19$ мс, латентности компонента N35 – $39,98 \pm 9,50$ мс, латентности компонента N95 – $82,40 \pm 10,93$ мс. Соответственно у пожилых людей P50 снижался на 36,95 % ($p < 0,001$), а N 35 и N95 имел тенденцию к снижению на 14,95 %, 26,95 % соответственно. Амплитуда показателей у пожилых увеличилась в 1,5 раза для пика N 95 ($p < 0,01$) (рис. 4).

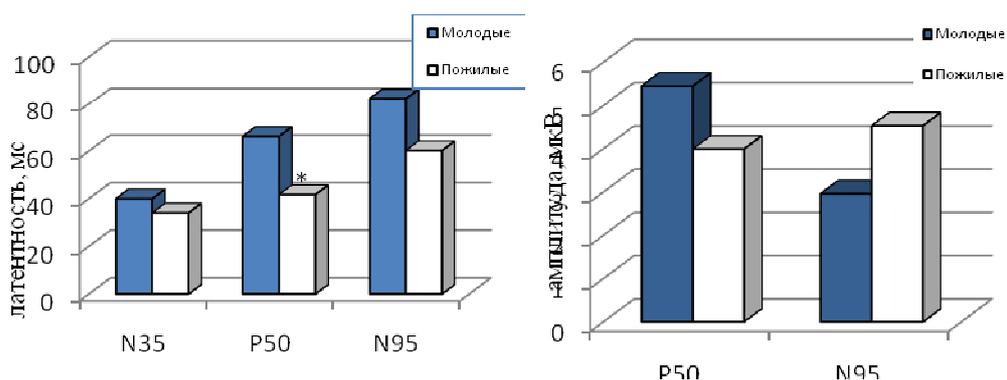


Рис. 4. Изменения показателей паттерн-ЭРГ у молодых и пожилых людей.

В клинической электрофизиологии зрения ПЭРГ обладают наибольшей чувствительностью и специфичностью в оценке функции ганглиозных клеток. Однако отсутствие достоверных различий в возрастной динамике может быть связано с различием в источниках их генерации. ПЭРГ генерируется непосредственно ганглиозными клетками и их аксонами [4], а также связан с активностью различных спайковых нейронов, к которым относятся не только ганглиозных клеток, но также подкласс амакриновых клеток.

Таким образом, при регистрации ПЭРГ у пожилых людей отмечалось снижение латентных периодов всех показателей. Однако показания амплитуды N95 увеличилась относительно таковых у молодых людей. Учитывая данные фундаментальных исследований, изменения P50 и N95 указывают на снижение функции нейронов и ON-OFF-путей в сетчатке, соответственно не обладающих и обладающих спайковой активностью.

Известно, что генерация различных компонентов ЭРГ, ее форма и амплитуда зависят от активности фоторецепторов, клеток Мюллера, а также гиперполяризующихся и деполяризующихся биполярных клеток сетчатки. Величина ЭРГ зависит от количества здоровых функционирующих нейронов.

Различная степень вовлечения в патологический процесс палочковой и/или колбочковой систем сетчатки является одним из характерных признаков любого вида заболевания сетчатки наследственного, сосудистого, воспалительного, токсического, травматического и иного генеза, что определяет характер электрофизиологической симптоматики [5, 14, 15]. Поэтому в зависимости от необходимости выделения функции центральных или периферических отделов сетчатки, колбочковой или палочковой систем, биполярных или ганглиозных клеток используется тот или иной тип ЭРГ.

Таким образом, в данной работе с помощью ЭРГ показаны особенности возрастных дегенерации сетчатки глаза у пожилых людей. Выявлены возрастные изменения в функционировании колбочек сетчатки глаза (первый нейрон сетчатки), биполярных, амакриновых и мюллеровых клеток (второй нейрон сетчатки), а также изменения функционирования зрительного нерва у пожилых людей.

Патофизиологические, патоанатомические изменения в сетчатке могут иметь различный патогенез и локализацию. Инволюционные изменения сетчатки обычно начинаются в комплексе фоторецепторы-пигментный эпителий, в патологический процесс включаются сосуды и хориокапиллярный слой хориоидеи. Топография распределения фоторецепторов определяет симптомы заболеваний, которые различны при периферической и центральной локализации процесса, доминирующем поражении палочковой или колбочковой системы сетчатки. Фоторецепторы сетчатки участвуют в фототрансдукции, превращая фотохимическую энергию в электрическую. Нарушение даже одного из звеньев электрогенеза сетчатки приводит к патологической ЭРГ и нарушению передачи информации в центральные отделы зрительной системы. Патологические процессы периферии сетчатки, включающие палочковую систему, приводят к сужению полей зрения, снижению темновой адаптации, ночной слепоте (никталопия), разной степени изменениям общей ЭРГ (при нормальной локальной ЭРГ), вплоть до нерегистрируемой. Патологические процессы в фовеальной области сопровождаются снижением цветовой чувствительности (дисхроматопсия), гемералопией (отсутствием дневного зрения), снижением контрастной чувствительности на высокие пространственные частоты, патологической макулярной и мультифокальной ЭРГ при нормальной максимальной ЭРГ. Патологические процессы, локализованные в периферических и центральных отделах сетчатки, имеют электроретинографические симптомы, характерные для

патологии колбочковой и палочковой систем (колбочково-палочковая и палочково-колбочковая дистрофия).

Важный аспект применения метода – диагностика начальных доклинических изменений в сетчатке. Изменения ЭРГ являются характерными для многих заболеваний сетчатки, позволяют проводить оценку степени поражения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлены особенности возрастных дегенерации сетчатки глаза у людей методом электроретинографии
2. Выявлены возрастные изменения в функционировании колбочек сетчатки глаза у пожилых людей (первый нейрон сетчатки): уменьшение латентных периодов а- и b-волн (в среднем на 14,63 %, $p < 0,05$) при регистрации максимальной ЭРГ, латентного периода а-волны (на 32,02 %; $p < 0,01$) при регистрации локальной ЭРГ в синем диапазоне. Кроме того, у пожилых лиц выявлено снижение амплитудных значение регистрации ритмической ЭРГ на 40,51 % ($p < 0,001$) при частоте стимуляции 30 Гц. Указанные изменения свидетельствуют о снижении функциональной активности колбочкового аппарата сетчатки глаз у пожилых лиц.
3. Выявлены возрастные изменения функционирования биполярных, амакриновых и мюллеровых клеток (второй нейрон сетчатки) у пожилых лиц : увеличение амплитуды а-b волны в 2,29 раз ($p < 0,001$) при регистрации максимальной ЭРГ; увеличение амплитуды колебаний при регистрации ритмической ЭРГ в 1,5 раза ($p < 0,01$) при ритмической стимуляции 3 Гц; увеличение амплитуд а-b волн при регистрации локальной ЭРГ в красном и зеленом спектрах в 2 ($p < 0,01$) и 2,4 раза ($p < 0,01$) соответственно. При регистрации паттерн-ЭРГ отмечается снижение латентности компонента Р-50 на 36,95 % ($p < 0,01$).
4. Выявлены возрастные изменения функционирования зрительного нерва у пожилых лиц, что проявилось в возрастании амплитуды компонента N95 ($p < 0,01$) в 1,5 раза при регистрации паттерн-ПЭРГ.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Шамшинова А. М. Молекулярно-генетические основы патогенеза наследственных дистрофий сетчатки / А. М. Шамшинова, И. В. Зольникова // Мед.генетика. – 2004. – Т. 3, № 4. – С. 150–165.
2. Шамшинова А. М. Наследственные и врожденные заболевания сетчатки и зрительного нерва / Под ред. А. М. Шамшиновой. – М., 2001. – 528 с.
3. Parness-Yossifon R. The electroretinogram in children / R. Parness-Yossifon, M B. Mets. // Curr Opin Ophthalmol. – 2008. – V. 19, Is. 5. – P. 398–402.
4. Bach M. Standard for Pattern electroretinography / M. Bach, M. Hawlina, G. E. Holder [et al.] // Doc. Ophthalmol. – 2000. – V. 101. – P. 11–18.
5. Агаева Ф. А. Гейдельбергская ретикулярная топография / Ф. А. Агаева, М.Э. Эфендиева. – Офтальмология. – 2013. – Т. 3, № 13. – С. 93–96.

6. Нехорошева А. А. Современные аспекты диагностики и мониторинга тапеторетинальной абнотрофии сетчатки / А. А. Нехорошева, Т. С. Попова, Ю. С. Батищева // Саратовский научно-медицинский журнал – 2017. – Т.13, №2. – С. 422–426.
7. Симакова И. Л. Сочетание врождённой колобомы зрительного нерва и колобомы сосудистой оболочки в парных глазах / И. Л. Симакова // Офтальмологические ведомости – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 85–90.
8. Розанова О. И. Закономерности инволюционных изменений / О. И. Розанова // Вестник ОГУ. – 2013. – №4 (153). – С. 50–53.
9. Biersdorf W. R. The clinical utility of the foveal electroretinogram: A review / W. R. Biersdorf // Doc. Ophthalmol. – 1990. – Vol. 73. – P. 313–325.
10. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии. Практическое руководство / С. Г. Николаев // Иван.гос. мед. академия Издание 2-е., доп. Иваново. – 2003. – 264 с.
11. Lang G. K. Ophthalmology. A Pocket Textbook Atlas. / Lang G. K. – Stuttgart; Germany, 2007. – 656 p.
12. Iester M. The effect of optic disc size on diagnostic precision with the Heidelberg retina tomography / M. Iester, F. S. Mikelberg, S. M. Drance // Ophthalmology. – 1997. – V. 104. – P. 545–548.
13. Kamal D. S. Use of sequential Heidelberg retina tomograph images to identify changes at the optic disc in ocular hypertensive patients at risk of developing glaucoma / D. S. Kamal, D. F. Garway-Heath, R. A. Hitchings // Br. J. Ophthalmol. J1 – 2000. – V. 84, Is. 9. – P. 993–998.
14. Долматова И. А. Значение компьютерной и магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике новообразований орбиты: Сб. научных статей и тезисов / И. А. Долматова // Материалы научно-практической конференции, посвященной 60-летию РАМН. М., 2014. – С. 49–52.
15. Кошелев Д. И. Опыт применения зрительных вызванных потенциалов на вспышку в оценке функций зрительной системы / Д. И. Кошелев, М. Ф. Галаутдинов, А. А. Вахмянина // Вестник ОГУ. – 2014. – №12 (173). – С. 181–187.

THE ELECTRORETINOGRAPHY USE IN THE DIAGNOSTICS OF AGE RETINA DEGENERATIONS IN HUMANS

Dzheldubaeva E. R., Tribрат N. S., Tumanyants K. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: delviza@mail.ru*

The age-related features of retinal degeneration is devoted in aged by the electroretinography method in this article. Age-related changes the functioning of retinal cones first (retinal neuron) were detected in the elderly: decrease of latent periods a- and b-waves (on average by 14.63 %, $p<0.05$), recording in maximum electroretinography probe, the latent period a-waves (by 32.02 %; $p<0.01$), recording a local electroretinography in the blue range probe. In addition, the amplitude value were decrease on 40.51 % ($p<0.001$) in rhythmic electroretinography in the elderly. This changes are indicates on decrease in the retinal cone functional activity in the elderly.

The age-related changes were identified in the functioning of bipolar, amacrine and Mullerian cells (second retinal neuron) in the elderly: increase the amplitude of the a-b wave at 2.29 times ($p<0.001$) in maximum electroretinography probe; increase the amplitude in rhythmic electroretinograph probe at 1.5 times ($p<0.01$); increase the amplitudes of a-b waves in a local electroretinography probe in red and green spectral

range at 2 ($p<0.01$) and 2.4 times ($p<0.01$), respectively. It is noted the decrease latency of the P-50 component on 36.95 % ($p<0.01$) in pattern-electroretinography.

It was detected the increase of N95 amplitude ($p<0.01$) at 1.5 times in pattern-electroretinography in the elderly.

Keywords: electroretinography, retina, rods, cones, optic nerve, age-related changes.

References

1. Shamshinova A. M., Zolnikova I. V. Molecular genetic basis of pathogenesis of hereditary retinal dystrophy, *Medical genetics.*, **3** (4), 150 (2004).
2. Shamshinova A.M. *Hereditary and congenital diseases of the retina and optic nerve*, 528 p. (M., 2001),
3. Parness-Yossifon R., Mets M B. The electroretinogram in children, *CurrOpinOphthalmol.*, **19** (5), 398 (2008).
4. Bach M., Hawlina M., Holder G. E. [et al.] Standard for Pattern electroretinography, *Doc. Ophthalmol*, **101**, 11 (2000).
5. Agaeva F.A., Efendiyev M.E. Heidelbergretinal topography, *Ophthalmology*, **3** (13), 93 (2013).
6. Nekhorosheva A. A., Popova T. S., Batischeva Yu. S. Modern aspects of diagnosis and monitoring of retinal retinal abiotrophy, *Saratov Journal of Medical Scientific Research*, **13** (2), 422 (2017).
7. Simakova I.L. The combination of an innate coloboma of the optic nerve and coloboma of the choroid in the paired eyes, *Ophthalmologicheskiye vedomosti*, **10** (3), 85 (2017).
8. Rozanova O. I. Regularities of involutinal changes, *OGU Bulletin*, **4** (153), 50 (2013).
9. Biersdorf W. R. The review Clinical utility of the foveal electroretinogram, *Doc. Ophthalmol*, **73**, 313 (1990).
10. Nikolaev S.G. *Workshop on clinical electromyography. Practical guide*, 264 p. (Ivan.gos. honey. Academy Edition 2nd., Ext. Ivanovo, 2003).
11. Lang G. K., *Ophthalmology*, 656 p. (A Pocket Textbook Atlas. - Stuttgart; Germany, 2007)
12. Iester M., Mikelberg F.S., Drance S.M. Heesterlberg retina tomography, *Ophthalmology*, **104**, 545 (1997).
13. Kamal D. S., Garway-Heath D. F., Hitchings R. A. Use of sequential Heidelberg retina tomograph images to identify changes at the optic disc in ocular hypertensive patients at risk of developing glaucoma, *Br. J. Ophthalmol. Ji*, **84** (9), 993 (2000).
14. Dolmatova I.A. The value of computed and magnetic resonance imaging in the differential diagnosis of orbit neoplasms: Coll. scientific articles and abstracts, p. 49–52. (*Materials of the scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Russian Academy of Medical Sciences. M.*, 2014).
15. Koshelev D.I., Galaetdinov M. F., Vakhmyanina A. A. Experience of using visual evoked potentials for an outbreak in assessing the functions of the visual system, *OGU Bulletin*, **12** (173), 181 (2014).