

П.В. Лужнов², Д.М. Шамаев², Е.Н. Иомдина¹, Е.П. Тарутта¹,
Г.А. Маркосян¹, Л.А. Шамкина², А.А. Сианосян¹

¹ Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, Российская Федерация

² Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Российская Федерация

Транспальпебральная тетраполярная реоофтальмография в задачах оценки параметров системы кровообращения глаза

Количественное определение показателей гемодинамики глаза является важным критерием офтальмологической диагностики. Исследования гемодинамики глаза необходимы для ранней диагностики таких широко распространенных заболеваний, как миопия, глаукома, диабетическая ретинопатия и др. Оценка динамики показателей кровотока также существенна для определения эффективности проводимого лечения. **Цель исследования:** изучить адекватность оценки гемодинамики глаза методом транспальпебральной реоофтальмографии с использованием тетраполярной системы отведения сигнала у пациентов с различной клинической рефракцией. **Методы:** проведено сравнительное исследование. Все тесты выполняли транспальпебрально, с помощью специально разработанной тетраполярной системы отведений. Регистрацию реоофтальмографических сигналов длительностью 20 с осуществляли в положении лежа, затем производили расчет диагностических показателей гемодинамики глаза. **Результаты:** представлены результаты обследования 76 детей, подростков и лиц молодого возраста от 5 до 22 лет (средний возраст $13,0 \pm 1,1$ года), из них 32 пациента — с миопией слабой степени (62 реоофтальмографических записи), 23 пациента — с миопией средней степени (23 реоофтальмографических записи), 5 — с миопией высокой степени (12 реоофтальмографических записей). 16 пациентов с гиперметропией слабой степени (51 реоофтальмографическая запись) составили группу контроля. Установлено, что основные различия показателей реоофтальмографии в исследуемых группах касаются реографического индекса, который в группе контроля составил $58,1 \pm 4,1$ мОм. По мере усиления рефракции этот показатель достоверно снижался: от $47,8 \pm 3,2$ мОм при миопии слабой степени до $34,0 \pm 2,5$ мОм при высокой миопии ($p = 0,050$), что говорит о дефиците кровоснабжения миопических глаз. **Заключение:** предложенная транспальпебральная реоофтальмографическая методика отличается высокой информативностью и достаточной точностью, позволяющей объективно оценивать состояние кровоснабжения глаза. Используемые диагностические показатели реоофтальмографии зависят от фазы дыхания, что согласуется с известными физиологическими закономерностями. Предложенная методика удобна в применении и не требует контакта с глазной поверхностью, что особенно важно в педиатрической практике.

Ключевые слова: реоофтальмография транспальпебральная, кровообращение глаза, миопия, диагностика.

(Для цитирования: Лужнов П.В., Шамаев Д.М., Иомдина Е.Н., Тарутта Е.П., Маркосян Г.А., Шамкина Л.А., Сианосян А.А. Транспальпебральная тетраполярная реоофтальмография в задачах оценки параметров системы кровообращения глаза. Вестник РАМН. 2015; 70 (3): 372–377. Doi: 10.15690/vramn.v70i3.1336)

Обоснование

Показатели гемодинамики глаза — важный критерий диагностики различных глазных болезней. При таких тяжелых заболеваниях, как диабетическая ретинопатия,

глаукома, окклюзия сосудов сетчатки, прогрессирующая и осложненная миопия и ряде других, исследование гемодинамики глаза позволяет не только получать новые данные, касающиеся патогенеза данных состояний, но и дает возможность проводить раннюю диагностику па-

P.V. Luzhnov², D.M. Shamaev², E.N. Iomdina¹, E.P. Tarutta¹,
G.A. Markosyan¹, L.A. Shamkina², A.A. Sianosyan¹

¹ Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, Russian Federation

² Bauman Moscow State Technical University, Russian Federation

Transpalpebral Tetrapolar Reoophthalmography in the Assessment of Parameters of the Eye Blood Circulatory System

Background: Quantitative assessment of hemodynamic parameters is an important element of ophthalmic diagnostics especially in early detection of myopia, glaucoma, diabetic retinopathy. The assessment of hemodynamic changes is essential in evaluating of the efficiency of treatment. **Objective:** Our aim was to determine the adequate of eye hemodynamics assessment using reoophthalmography in patients with various clinical refractions. **Methods:** A controlled study was carried out. All tests were performed using transpalpebral tetrapolar method. Signal registration lasted for 20 seconds in the supine position, and then the diagnostic parameters were calculated. **Results:** We present the results of examination of 76 patients aged 5 to 22 years (average age 13.0 ± 1.1). 32 patients had low myopia (62 reoophthalmography records), 23 patients had moderate myopia (42 records) and 5 patients had high myopia (12 records). The control group was composed of 16 patients. The main differences were found in the rheographic index, which is equal to 58.1 ± 4.1 mOhm in the control group. It is significantly reducing with refraction increase, from 47.8 ± 3.2 mOhm in low myopia to 34.0 ± 2.5 mOhm in high myopia ($p = 0.050$). This is an evidence of blood supply deficiency in the myopic eyes. **Conclusion:** Rheographic index was shown to differ in different breathing phases, which agrees with the known physiological regularities. The proposed method is highly informative and sufficiently accurate what allows assessing the eye blood supply state objectively. It is easy to apply and requires no contact with the eye surface, which is especially important in pediatric practice.

Key words: transpalpebral reoophthalmography, eye hemodynamic, myopia, diagnosing.

(For citation: Luzhnov P.V., Shamaev D.M., Iomdina E.N., Tarutta E.P., Markosyan G.A., Shamkina L.A., Sianosyan A.A. Transpalpebral Tetrapolar Reoophthalmography in the Assessment of Parameters of the Eye Blood Circulatory System. Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2015; 70 (3): 372–377. Doi: 10.15690/vramn.v70i3.1336)

тологического процесса [1–3]. Оценка динамики этих показателей может быть также полезна для оценки эффективности лечения.

Для исследования гемодинамики глаза используют различные методы, в т.ч. метод реоофтальмографии (РОГ) [4]. РОГ — контактный метод, основанный на регистрации изменения импеданса при прохождении через ткани глаза электрического тока высокой частоты. Классическая методика РОГ предполагает установку электродов, например, конструкции Чибирене, представляющей собой стеклянную чашечку, в которой закреплена пара серебряных электродов полукруглой формы; их фиксация осуществляется присоской, создающей давление порядка 3–5 мм рт.ст. Электроды устанавливаются непосредственно на поверхность глаза прилиablyно [5], что обуславливает необходимость анестезии конъюнктивы при проведении исследования, может вызывать искажение показателей гемодинамики, повышает риск занесения инфекции или повреждения тканей глазного яблока.

Согласно данным литературы, методика транспальпебральной РОГ (ТП РОГ) с применением биполярной системы отведения сигнала применялась уже в середине прошлого века, но ввиду отсутствия модели проводимого исследования и неоднозначности получаемых результатов от нее отказались. Количественные показатели кровотока, полученные с использованием классической биполярной методики, у разных авторов различаются (табл. 1). Более того, в соответствующих источниках отсутствует информация о технических характеристиках исследований и, в частности, о площади используемых электродов и параметрах зондирующего тока, что существенно влияет на получаемые результаты и уменьшает возможность их сопоставления.

Для устранения этих недостатков была предложена методика РОГ, при которой электроды накладываются

транспальпебрально (на закрытое веко), а для повышения точности исследований вместо существующей биполярной методики, предусматривающей применение электродов конструкции Чибирене, осуществляется наложение электродов по тетраполярной методике. Последняя, помимо прочего, позволяет провести математическое моделирование и учесть особенности анатомического строения сосудистого русла глазного яблока, что дополнительно повышает точность измерений [12].

На основании результатов моделирования была разработана электродная система отведения, учитывающая вышеперечисленные требования [13]. Ввиду необходимости контроля места расположения электродов, силы их прижатия к веку и возможности их адекватной установки на поверхность века у пациентов с различными антропометрическими характеристиками, была разработана также система крепления электродов при транспальпебральной РОГ.

Целью нашего исследования было изучить адекватность оценки гемодинамики глаза методом транспальпебральной реоофтальмографии с использованием тетраполярной системы отведения сигнала у пациентов с различной клинической рефракцией.

Методы

Дизайн исследования

Проведено сравнительное исследование.

Критерии соответствия

В ходе исследования отбирали пациентов с различной рефракцией (от +0,75 до 9,0 дптр.) в возрасте от 5 до 25 лет. Критериями исключения служили сопутствующие заболевания, нарушающие кровообращение и/или нормальную геометрию глаза (например, косоглазие).

Таблица 1. Реографический индекс, полученный с использованием классической биполярной методики реоофтальмографии различными авторами

Источник литературы	Возрастная группа, лет, M ± SD	Тип нейроваскулярной реакции	Число обследованных	Реографический индекс, отн.ед., M ± SD
Лазаренко [5]	13,0±1,0	Нормотонический Гипертонический Гипотонический	Нет данных	2,96±0,17 2,43±0,19 2,94±0,10
	18,0±2,0	Нормотонический Гипертонический Гипотонический	Нет данных	2,76±0,16 2,50±0,18 1,08±1,08
	28,0±7,0	Нормотонический Гипертонический Гипотонический	Нет данных	3,16±0,21 2,70±0,05 2,95±0,05
	48,0±12,0	Нормотонический Гипертонический Гипотонический	Нет данных	3,01±0,09 2,59±0,03 3,00±0,04
Чибирене [6]	10,5±4,5	Не указан	29	3,81±0,38
	18,0±2,0		21	5,88±0,41
	25,5±8,5		20	3,76±0,36
	35,5±4,5		20	3,46±0,34
	45,5±4,5		20	2,98±0,20
Козлов и др. [7]	24,4±10,5	Не указан	70	2,50±0,60
Хадикова [8]	27,0±13,5	Не указан	30	2,80±0,20
	64,0±14,0		32	2,00±0,13
Миронова и др. [9]	54,5±14,5	Не указан	43	3,38±0,15
Поплавская и др. [10]	60,0±15,0	Не указан	128	1,78±0,07
Каданцева [11]	20,9 ±0,6	Нормотонический Гипертонический Гипотонический	53	2,93±0,09
			42	2,35±0,07
			25	1,74±0,11

Условия проведения

Исследование проведено на базе отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики Московского НИИ глазных болезней им. Гельмгольца.

Продолжительность исследования

Исследование проводилось на протяжении 10 мес.

Описание исследования гемодинамики

Регистрацию реоофтальмографических сигналов осуществляли с применением реографа и тетраполярной системы отведений, конструкция которой позволяет использовать ее транспальпебрально. В основе конструкции лежат 4 многозарядных электрода, которые закреплены на полужестком основании. Для их позиционирования и крепления на голове пациента, а также обеспечения необходимого усилия прижатия к веку использовали специально разработанный трикотажный шлем, геометрию которого можно корректировать с учетом индивидуальных анатомических особенностей. Во время исследования пациент находился в горизонтальном положении, глаза закрыты, система отведения устанавливалась на исследуемый глаз и фиксировалась трикотажным шлемом. Для уменьшения артефактов в регистрируемом сигнале, возникающих из-за произвольных движений при перемещении взгляда, второй глаз рекомендуется оставлять открытым, чтобы у пациента была возможность фиксировать взгляд перед собой.

Исходы исследования

Основным исходом исследования была оценка информативности показателей гемодинамики, получаемых методом ТП РОГ.

Дополнительным исходом исследования явилась оценка изменений показателей гемодинамики глаза, рассчитанных по сигналу ТП РОГ, в зависимости от фазы дыха-

ния пациента. Эти данные необходимы для более точного определения диагностических показателей реоофтальмограммы, в т.ч. с учетом фазы дыхания.

Методы регистрации исходов

Клиническую рефракцию определяли по стандартным методикам с использованием авторефрактометрии в естественных условиях и в условиях циклоплегии. Регистрацию РОГ-сигналов проводили при помощи реографа, данные с которого передавались на персональный компьютер, а затем обрабатывались при помощи специализированного программного обеспечения в автоматизированном режиме.

При анализе сигналов РОГ рассчитывали ряд основных параметров реоофтальмограммы [14–16]:

- реографический индекс (РИ), отображающий величину систолического притока крови и зависящий как от величины ударного выброса, так и от тонуса сосудов (МОм);
- период максимального наполнения (ПМН), увеличивающийся при повышении тонуса и снижении эластичности сосудов (с);
- показатель модуля упругости (ПМУ), характеризующий структурные свойства сосудистых стенок, их эластичность и тонус (с).

Зарегистрированные сигналы РОГ подвергали фильтрации, затем по ним проводили определение кардиоинтервалов на выбранном участке записи. Для этого применяли фильтр скользящего среднего. Началу каждого кардиоинтервала соответствует крутой восходящий участок реографической кривой, отображающий изменение кровенаполнения сосудов во время фазы систолы. После вершины кардиоинтервала следует более пологая диастолическая часть кривой. Скорость кровенаполнения во время систолы максимальна, первая производная от реографической кривой также достигает на данном участке

374

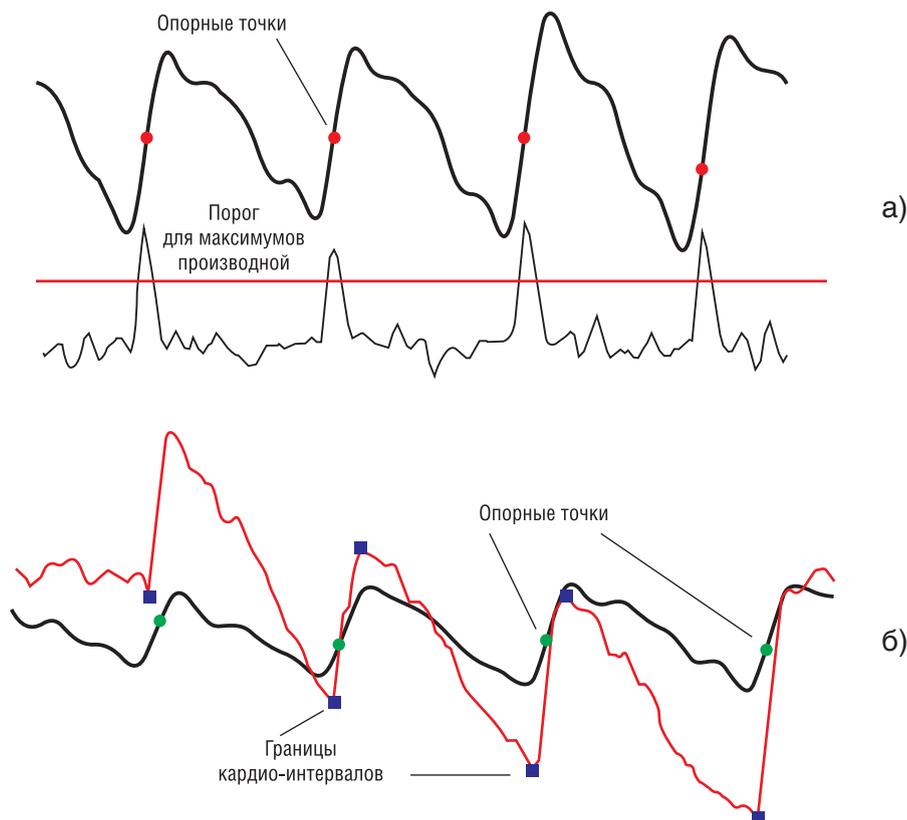


Рис. 1. Определение кардиоинтервалов на сигнале реоофтальмографии.

Примечание. а — нахождение опорных точек, б — выделение экстремумов.

максимального значения. Эту особенность реограммы использовали для выделения кардиоинтервалов. Затем определяли точки с локальными максимумами производной (опорные точки), которые использовали в качестве опорных для нахождения границ и вершин реоциклов на исходной реографической кривой. Началом кардиоинтервала считали первый минимум, предшествующий опорной точке, вершине соответствовал первый максимум, следующий после опорной точки. Определение границ кардиоинтервала продемонстрировано на рис. 1.

Поскольку спектры сигнала дыхания и кардиосигнала существенно перекрываются, обычные линейные фильтры с фиксированными параметрами неэффективны, и их применение часто приводит к искажению как реографического сигнала, так и дыхательной волны. В данной работе в качестве фильтра использовали сглаживающий кубический сплайн (метод сглаживания с использованием сплайн-функций, где для каждого интервала между узлами задается многочлен степени не выше трех, первая и вторая производная функции являются непрерывными).

Полученные значения реографических параметров разделили на 2 группы с учетом фазы дыхания, на которые попадал каждый кардиоинтервал. Интервалы, занимающее промежуточное положение между вдохом и выдохом, не учитывали. Для наглядности процедуры выделения на рис. 2 результат для фаз вдоха и выдоха отмечен желтым и синим, цветом соответственно.

Этическая экспертиза

Перед началом проведения исследований их документальные материалы были рассмотрены на заседании комитета по этике, который постановил: «Принять положительное этическое заключение об одобрении проведения медицинского исследования информативности диагностического метода импедансной плетизмографии при заболеваниях органа зрения», что зафиксировано в выписке из протокола № 15/4 заседания Комитета по этике ФГБУ «Московский научно-исследовательский институт глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России от 12.10.2012 г.

Статистический анализ

Размер выборки предварительно не рассчитывался. Формат представления количественных данных — среднее (M) \pm стандартное отклонение (SD). При их анализе использовали U-критерий Манна–Уитни. Данный метод является непараметрическим и позволяет анализировать выборки с малым количеством данных в каждой отдельной группе, т.е. когда нет оснований утверждать, что распределение показателей в пределах одной группы является нормальным.

Результаты

Участники исследования

В ходе проведенных исследований были проанализированы сигналы РОГ, полученные от 76 пациентов с различной клинической рефракцией в возрасте от 5 до 22 лет (средний возраст $13,0 \pm 1,1$ года). В исследовании участвовали: 32 пациента с миопией слабой степени (62 записи РОГ), 23 пациента с миопией средней степени (42 записи РОГ) и 5 пациентов с высокой миопией (12 записей РОГ). Группу контроля составили 16 пациентов с гиперметропией слабой степени, у которых была проанализирована 51 запись РОГ.

Все пациенты, принимавшие участие в исследовании, были разделены на группы в зависимости от клинической рефракции: группа с миопией слабой степени (от 0,5 до 3,0 дптр.), группа с миопией средней степени (от 3,25 до 6,0 дптр.) и группа с высокой миопией (более 6,0 дптр.). Группу контроля составляли пациенты с гиперметропией слабой степени (среднее значение сферического эквивалента рефракции +0,75 дптр.).

Данные, полученные при исследовании изменения реографического индекса в разные фазы дыхания по сигналам ТП РОГ, показали, что значения этого показателя на выдохе и на вдохе отличаются на 12–17%. Это послужило основой для более точного определения диагностических показателей реоофтальмограммы, в т.ч. с учетом фазы дыхания.

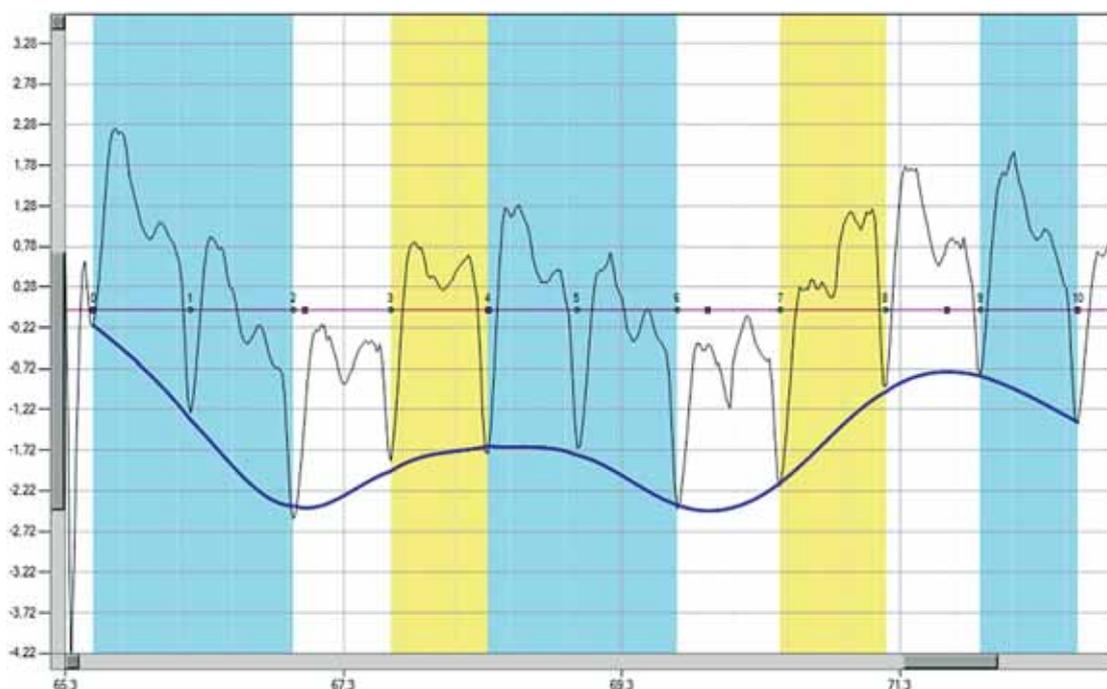


Рис. 2. Определение фаз дыхания по сигналу транспальпебральной реоофтальмографии в специализированном программном обеспечении.

Таблица 2. Результаты расчета показателей гемодинамики при анализе сигналов транспальпебральной реофтальмографии (M ± SD)

Показатели	Группа контроля (n =16)	Миопия слабой степени (n =32)	Миопия средней степени (n =23)	Миопия высокой степени (n =5)
Реографический индекс, мОм	57,70±15,60	48,29±23,39*	43,31±19,62*	37,68±17,13*, **
Период максимального наполнения, с	0,18±0,08	0,14±0,04	0,11±0,03	0,13±0,04
Показатель модуля упругости, отн.ед.	0,21±0,07	0,17±0,03	0,13±0,03	0,16±0,04

Примечание. * — статистически значимое отличие от группы контроля (p =0,050); ** — статистически значимое отличие от группы с миопией слабой и средней степени (p =0,050).

Основные результаты исследования

Результаты определения реографических показателей при использовании методики ТП РОГ у пациентов с различной клинической рефракцией представлены в табл. 2.

Полученные данные свидетельствуют о том, что основные отличия показателей РОГ в исследуемых группах касаются реографического индекса, который закономерно и достоверно снижается по мере усиления рефракции. Это свидетельствует о снижении уровня кровоснабжения глаз с миопией, которое коррелирует со степенью миопии, что подтверждает информативность метода в уточнении диагноза миопии.

При использовании традиционной реографии ранее были получены аналогичные результаты [2]. Сравнение абсолютных показателей затруднительно из-за различия техники и условий проведения исследований, однако изменения используемых показателей кровообращения при различных степенях миопии относительно группы контроля соответствуют друг другу с коэффициентом корреляции 0,95 (рис. 3), что является подтверждением точности получаемых данных.

Дополнительные результаты исследования

Изменения реографического индекса в разные фазы дыхания по сигналам ТП РОГ показали, что в фазу выдоха амплитуда сигнала составляла 54,81±1,73 мОм, а в фазу вдоха — 60,59±2,31 мОм. Таким образом, амплитуда в разные фазы дыхания различается на 12–17%, что дает дополнительные возможности для проведения исследований, в частности, с использованием функциональных проб. Это позволит более точно определять параметры системы кровообращения глаза.

применении, отсутствием контакта с глазной поверхностью, что особенно важно в детской практике, а также высокой информативностью и достаточной точностью. Качественное совпадение результатов предлагаемой методики ТП РОГ с результатами ранее применявшейся традиционной РОГ [2] подтверждает ее информативность и возможность использования в клинической практике. Впервые проведенное исследование тренда показателя РИ в разные фазы дыхания по сигналам ТП РОГ, выявившее его изменение (на 12–17%) на выдохе, дало возможность провести более точное определение диагностических показателей реофтальмограммы. Выполненное ранее сравнение данной методики с одним из наиболее распространенных и надежных методов исследования системы глазного кровообращения — цветовым доплеровским картированием с ультразвуковой доплерографией, применяемым в офтальмологии для диагностики заболеваний глаз, обусловленных стенозирующими или окклюзионными процессами во внутренней сонной артерии, нарушением кровообращения в глазничной артерии и центральной артерии сетчатки (глазной ишемический синдром, окклюзионные поражения ретинальных сосудов и др.) [16, 17], показало, что методика ТП РОГ более информативна при обследовании детей и подростков с миопией слабой и средней степени [18]. Применение ТП РОГ позволяет определять ранние нарушения кровоснабжения у детей и подростков с миопией, а также, в отличие от цветового доплеровского картирования с ультразвуковой доплерографией, дает возможность объективно оценивать динамику состояния кровоснабжения глаза в результате функционального и хирургического лечения миопии, что расширяет возможности клиницистов в определении тактики ведения детей и подростков с этой патологией.

376

Обсуждение

Исследование показало, что предложенная новая методика ТП РОГ, при которой регистрация сигналов осуществляется с помощью специально разработанной тетраполярной системы отведений, характеризуется удобством в

Заключение

Анализ диагностических сигналов, зарегистрированных с помощью новой методики транспальпебральной реофтальмографии (ТП РОГ), позволяет объективно оценивать состояние кровоснабжения глаза без контакта

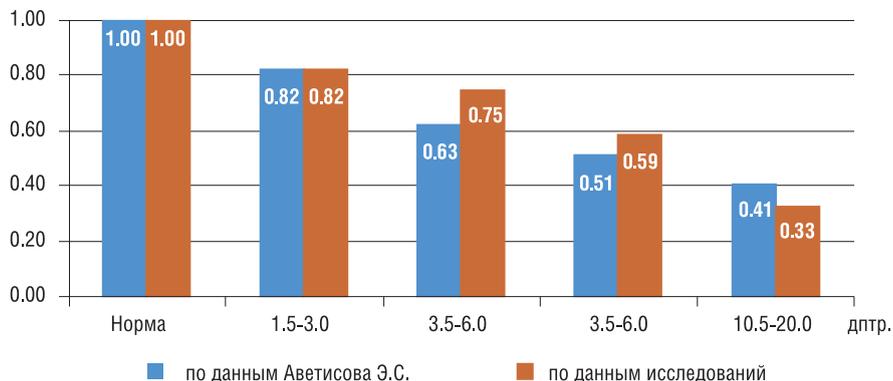


Рис. 3. Относительное изменение реографического индекса при миопии различной степени, установленное при использовании традиционной [2] и транспальпебральной реофтальмографии.

с глазной поверхностью. Установлено, что реографический индекс в разные фазы дыхания изменяется согласно известным закономерностям, что свидетельствует об адекватности предложенной методики. Количественные изменения параметров сосудистой системы глаза, регистрируемые с помощью ТП РОГ, коррелируют с результатами, полученными ранее при использовании биполярной контактной методики РОГ. При этом предложенная методика характеризуется рядом преимуществ по сравнению с известными методами (в частности, цветовым доплеровским картированием), поскольку позволяет выявлять ранние нарушения кровоснабжения у

детей и подростков с миопией слабой и средней степени, что весьма важно для клинической практики.

Источник финансирования

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-08-99682.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов С.Э. Офтальмология. Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2008. 1017 с.
2. Аветисов Э.С. Близорукость. Изд-е 2-е, перераб. и доп. М.: Медицина. 1999. 288 с.
3. Аветисов С.Э., Кашенко Т.П., Шамшинова А.М. Зрительные функции и их коррекция у детей. М.: Медицина. 2005. 873 с.
4. Кацнельсон Л.А. Реография глаза. М.: Медицина. 1977. 120 с.
5. Лазаренко В.И. Функциональная реография глаз. Красноярск: Растр. 2000. 160 с.
6. Чибирене И.-О.К. Гемодинамика и структурно-функциональные изменения сосудов глаза при ревматических заболеваниях. Автореф. дис... докт. мед. наук. М. 1984. 27 с.
7. Козлов В.И. Разночастотная реография здоровых и глаукоматозных глаз. Вестник офтальмологии. 1975; 1: 17–20.
8. Хадикова Э.В. Применение метода двухкомпонентного анализа реоофтальмограммы для оценки функционального состояния сосудов глаза. Вестник офтальмологии. 2002; 118 (6): 35–38.
9. Миронова Э.М., Шилкин Г.А., Ярцева Н.С. Электрофизиологические и реоофтальмографические исследования больных с начальной открытоугольной глаукомой. Глаукома. 2004; 2: 15–17.
10. Поплавская И.А., Завгородняя Н.Г., Колесник Е.А. Состояние внутриглазного кровотока у больных вторичной неоваскулярной глаукомой на фоне сахарного диабета по данным компьютерной реоофтальмографии. Офтальмологический журнал. 2006; 2 (3): 116–118.
11. Каданцева А.С. Клинико-физиологические закономерности и механизмы формирования типологических особенностей нейроваскулярных реакций глаза: Автореф. дис... докт. мед. наук. М. 2007. 25 с.
12. Лужнов П.В., Парашин В.Б., Шамаев Д.М., Шамкина Л.А., Иомдина Е.Н., Маркосян Г.А., Напылова О.А., Тарутта Е.П. Особенности моделирования различных сред глаза при реоофтальмографии. Биомедицинская радиоэлектроника. 2013; 10: 35–39.
13. Лужнов П.В., Парашин В.Б., Шамаев Д.М., Иомдина Е.Н., Маркосян Г.А., Напылова О.А. Использование тетраполярной методики при реоофтальмографии для оценки кровоснабжения глаза. Биомедицинская радиоэлектроника. 2012; 10: 18–21.
14. Нестеров А.П. Внутриглазное давление. Физиология и патология. М: Наука. 1974. 430 с.
15. Шершнева В.Г. Клиническая реография. Киев: Здоров'я. 1977. 168 с.
16. Киселёва Т.Н. Ультразвуковые методы исследования кровотока в диагностике ишемических поражений глаза. Вестник офтальмологии. 2004; 4: 3–5.
17. Насникова И.Ю., Харлап С.И., Круглова Е.В. Пространственная ультразвуковая диагностика заболевания глаза и орбиты. М.: Изд-во РАМН. 2004. 176 с.
18. Иомдина Е.Н., Лужнов П.В., Шамаев Д.М., Тарутта Е.П., Киселёва Т.Н., Маркосян Г.А., Рамазанова К.А., Напылова О.А., Курылева И.М., Шамкина Л.А. Оценка транспальпебральной реоофтальмографии как нового метода исследования кровоснабжения глаза при миопии. Российский офтальмологический журнал. 2014; 7 (4): 20–24.

377

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Лужнов Пётр Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Медико-технические информационные технологии» (БМТ-2) МГТУ им. Н.Э. Баумана

Адрес: 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, тел.: +7 (499) 263-63-72, e-mail: peterl@hotmail.ru

Шамаев Дмитрий Михайлович, ассистент кафедры «Медико-технические информационные технологии» (БМТ-2) МГТУ им. Н.Э. Баумана

Адрес: 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, тел.: +7 (499) 263-63-72, e-mail: dmitry.shamaev@yandex.ru

Иомдина Елена Наумовна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Московского НИИ глазных болезней им. Гельмгольца

Адрес: 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, тел.: +7 (495) 625-32-56, e-mail: iomdina@mail.ru

Тарутта Елена Петровна, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргоники Московского НИИ глазных болезней им. Гельмгольца

Адрес: 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, тел.: +7 (495) 608-42-00, e-mail: tarutta@yandex.ru

Маркосян Гаянэ Айказовна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник Московского НИИ глазных болезней им. Гельмгольца

Адрес: 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, тел.: +7 (495) 608-42-00, e-mail: rvahler@yandex.ru

Шамкина Людмила Андреевна, ассистент кафедры «Медико-технические информационные технологии» (БМТ-2) МГТУ им. Н.Э. Баумана

Адрес: 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, тел.: +7 (499) 263-63-72, e-mail: lshamkina@yandex.ru

Сианосян Аюса Альбертовна, аспирант Московского НИИ глазных болезней им. Гельмгольца

Адрес: 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, тел.: +7 (495) 608-42-00, e-mail: asianosyan@hotmail.ru