

Вопросы клинической офтальмологии

УДК 617.735-002-02:616.379-008.64:616-073.65

Температура и плотность теплового потока наружной поверхности глаз больных диабетической ретинопатией (пилотное исследование)

Л. И. Анатычук^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, профессор, академик НАН Украины;
 Н. В. Пасечникова³, д-р мед. наук, профессор, член-кор. НАМН Украины;
 В. А. Науменко³, д-р мед. наук, профессор; О. С. Задорожный³, канд. мед. наук;
 Н. И. Храменко³, канд. мед. наук; Р. Э. Назаретян³; Р. Р. Кобылянский^{1,2}, канд. физ.-мат. наук

¹ Институт термоэлектричества
 НАН и МОН Украины;
 Черновцы (Украина)

² Черновицкий национальный
 университет им. Ю.
 Федьковича;
 Черновцы (Украина)

³ ГУ «Институт глазных
 болезней и тканевой терапии
 им. В.П.Филатова НАМН
 Украины»;
 Одесса (Украина)

E-mail: zadoroleg2@gmail.com

Ключевые слова:

температура наружной поверхности
 глаза, плотность теплового потока,
 реоофтальмография, диабетическая
 ретинопатия

Показатели теплообмена, как известно, характеризуются не только значениями температуры и их распределением, но и тепловым потоком (ТП).

Цель. Изучить показатели температуры и плотности теплового потока поверхности глаз пациентов с диабетической ретинопатией.

Материал и методы. Под наблюдением находились 62 пациента (123 глаза) с диабетической ретинопатией (ДР). Диагноз неproлиферативной стадии ДР был установлен у 28 больных (55 глаз), а пролиферативной стадии – у 34 больных (68 глаз). Всем больным были выполнены общеклинические исследования, а также термометрия наружной поверхности роговицы и измерение плотности ТП глаза. У всех больных с неproлиферативной стадией ДР выполнялась реоофтальмография (РОГ).

Результаты. Плотность ТП глаз с неproлиферативной стадией ДР оказалась выше ($7,3 \pm 2,1$ мВт/см²) в сравнении с пролиферативной стадией – $6,3 \pm 1,6$ мВт/см² ($p=0,002$). При этом температура поверхности глаз у пациентов с различными стадиями ДР значимо не отличалась ($p=0,8$). Была отмечена положительная корреляционная связь между плотностью ТП и показателями коэффициента кровенаполнения глаз пациентов с неproлиферативной стадией ДР по данным РОГ. Была обнаружена зависимость плотности ТП глаз у пациентов с ДР от возраста.

Выводы. Предварительные результаты свидетельствуют о том, что показатели плотности ТП глаза (по сравнению с температурой роговицы) более полно отражают состояние теплообмена глаза, и демонстрируют перспективу использования данного метода в качестве нового диагностического теста.

Актуальность. В настоящее время большое внимание уделяется изучению тепловых процессов, непрерывно происходящих в организме человека и обеспечивающих нормальную его жизнедеятельность в различных условиях. В литературе имеются сообщения об особенностях суточных колебаний температуры тела [1, 2], о влиянии физической активности на изменение температуры тела [3], о динамике температуры тела в процессе проведения хирургических вмешательств [4]. В офтальмологии известно о взаимосвязи температуры наружной поверхности глаза с состоянием кровообращения, внутриглазным давлением, наличием воспалительного процесса или внутриглазных опухолей [4-9]. Особенности тепловых процессов в организме больных сахарным диабетом, в том числе органа зрения, в настоящее время остаются недостаточно изученными [10].

В то же время показатели теплообмена, как известно, характеризуются не только значениями температуры и их распределением, но и тепловым потоком (ТП), который более полно отражает функциональное состояние органов и тканей [11]. В наших предыдущих исследованиях были представлены первые результаты измерений плотности теплового потока глаз здоровых лиц с помощью разработанного термоэлектрического устройства [12]. Были отмечены различия показателей теплового потока здоровых глаз в зависимости от возраста человека. Нами была высказана гипотеза о том, что возрастные атрофические изменения сосудистой оболочки и связанное с этим процессом снижение кро-

© Анатычук Л.И., Пасечникова Н.В., Науменко В.А., Задорожный О.С., Храменко Н.И., Назаретян Р.Э., Кобылянский Р.Р., 2019

венаполнения сосудистого тракта глаза могут являться одной из причин снижения показателей плотности теплового потока глаз здорового человека с возрастом.

Цель. Изучить показатели температуры и плотности теплового потока поверхности глаз пациентов с диабетической ретинопатией.

Материал и методы

Работа представляет собой открытое пилотное исследование. Проведение исследования было одобрено биоэтическим комитетом ГУ «Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П.Филатова НАМН Украины». Все исследуемые подписывали информированное согласие.

Под наблюдением находились 62 пациента (123 глаза) с диабетической ретинопатией (ДР). Возраст исследуемых лиц составил от 16 до 86 лет. Диагноз неproлиферативной стадии ДР был установлен у 28 больных (55 глаз), а пролиферативной стадии – у 34 больных (68 глаз). У всех больных стадия диабетической ретинопатии не отличалась на парных глазах. В исследование не включались пациенты с неоваскулярной глаукомой, а также больные, которым проводилась интравитреальная антиангиогенная терапия или витректомиа.

Всем больным были выполнены общеклинические исследования, а также термометрия наружной поверхности роговицы и измерение плотности ТП глаза.

Для измерения плотности ТП и температуры наружной поверхности глаза применялось термоэлектрическое устройство, которое было разработано Институтом термоэлектричества НАН и МОН Украины в рамках договора о сотрудничестве с ГУ "Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова НАМН Украины" [12]. Исследование проводилось в помещении со стабильными показателями окружающей среды и в определенное время суток (в промежутке между 15 и 16 часами). Контролировалась температура воздуха в помещении, которая в ходе исследования составила $23,0 \pm 1,9$ °C. Поддерживались условия с минимальной скоростью движения воздуха. Перед проведением исследования пациенты адаптировались к температуре помещения 15 минут. Исследование проводилось без медикаментозного расширения зрачка. Применялась эпibuльбарная анестезия в виде однократной инстилляции 0,5% раствора проксиметакаина гидрохлорида

(ALCAINE®, SA Alcon-Couvreur NV, Puurs, Belgium). Регистрация температуры и плотности ТП проводилась через 15 минут после применения капель. Во время исследования испытуемый находился в положении сидя за щелевой лампой. Датчик теплового потока, установленный в стандартное крепление для контактных призм аппланационного тонометра Гольдмана, во всех случаях контактировал с центральной зоной роговицы. Вычислялось не менее трех измерений каждого глаза в режиме реального времени.

У всех больных с неproлиферативной стадией ДР выполнялась реоофтальмография (РОГ). По данным РОГ изучался объемный показатель – реографический коэффициент (RQ), характеризующий количество крови, поступившей в глаз за единицу времени.

Статистический анализ. Для оценки статистической значимости определялись нормальность распределения групп, уровень статистической значимости (p-уровень). Различия сравниваемых средних значений выборок считали значимым при величине $p < 0,05$. Для оценки количественных показателей рассчитывали среднее значение (M) и его стандартное отклонение (SD). Для определения связи между двумя методами исследования проводился корреляционный анализ. Статистический анализ проводился с использованием пакета Statistica 10.0 [13].

Результаты

Показатели температуры, плотности ТП поверхности глаз, внутриглазного давления, а также возраст пациентов с неproлиферативной и пролиферативной стадиями диабетической ретинопатии, зарегистрированные в ходе исследования, представлены в таблице 1.

Плотность ТП глаз с пролиферативной стадией ДР, на которых была ранее выполнена лазерная коагуляция сетчатки, значимо не отличалась от показателей глаз, на которых лазерная коагуляция не проводилась ($p=0,6$).

У больных с неproлиферативной стадией ДР была отмечена положительная корреляционная связь показателей плотности ТП глаз с показателями коэффициента кровенаполнения глаза по данным реоофтальмографии ($r=0,5$ при уровне значимости $p=0,01$). При этом была отмечена более слабая корреляционная связь температуры роговицы с показателем RQ ($r=0,3$ при уровне значимости $p=0,15$). Так, у пациентов с показателями

Таблица 1. Показатели теплообмена глаз, внутриглазного давления, возраста пациентов с неproлиферативной и пролиферативной стадиями ДР

	Неproлиферативная стадия ДР±SD	Пролиферативная стадия ДР±SD	Уровень значимости
Температура роговицы	$34,7 \pm 1,3$ °C	$34,8 \pm 1,1$ °C	$p=0,8$
Плотность ТП глаз	$7,3 \pm 2,1$ мВт/см ²	$6,2 \pm 1,6$ мВт/см ²	$p=0,002$
Внутриглазное давление	$16,7 \pm 2,7$ мм рт. ст.	$16,9 \pm 3,3$ мм рт. ст.	$p=0,7$
Возраст	51±22 года	49±13 лет	$p=0,4$

коэффициента кровенаполнения до 2,0% плотность ТП глаза составила $5,3 \pm 2,6$ мВт/см², а у больных с показателем RQ более 2,0% – $7,2 \pm 2,3$ мВт/см² ($p=0,03$). При этом показатели температуры роговицы у пациентов с показателями коэффициента кровенаполнения до 2,0% составили $34,3 \pm 1,0$ °С, а у больных с показателем RQ более 2,0% – $35,1 \pm 1,3$ °С ($p=0,1$).

На следующем этапе мы оценили зависимость плотности ТП наружной поверхности глаза от возраста человека. Для этого всех пациентов разделили на три группы в зависимости от возраста. В первую группу вошли 12 человек (24 глаза) возрастом от 16 до 30 лет, во вторую группу – 31 человек (62 глаза) возрастом от 31 года до 60 лет, в третью группу – 19 человек (37 глаз) возрастом от 60 до 86 лет. Было выявлено, что плотность ТП глаз в первой группе составила в среднем $8,1 \pm 1,8$ мВт/см², во второй группе – $6,4 \pm 1,9$ мВт/см² ($p<0,001$), а в третьей – $6,1 \pm 1,8$ мВт/см² ($p<0,001$ и $p=0,3$ по сравнению с 1 и 2 группой, соответственно).

При проведении исследования плотности ТП травм роговицы и других осложнений не наблюдалось.

Обсуждение

Зарегистрированные в нашей работе показатели плотности ТП поверхности глаз у больных пролиферативной стадией ДР оказались ниже по сравнению с неproлиферативной стадией, что может быть связано с более глубокими нарушениями гемодинамики в пролиферативной стадии ДР. Полученные результаты согласуются с данными литературы о том, что, например, толщина хориоидеи глаз с пролиферативной ДР ниже по сравнению с неproлиферативной стадией [14]. При этом оказалось, что температура наружной поверхности глаз у пациентов с различными стадиями диабетической ретинопатии значимо не отличалась.

Полученные данные продемонстрировали положительную корреляционную связь между плотностью ТП и показателями RQ по данным реоофтальмографии, что подтверждает гипотезу о том, что снижение кровенаполнения сосудистого тракта глаза может являться одной из причин снижения показателей плотности ТП глаз здорового человека с возрастом [12]. При этом также следует отметить слабую корреляционную связь температуры наружной поверхности роговицы с коэффициентом кровенаполнения глаза.

Также были отмечены различия показателей плотности ТП поверхности глаз больных ДР в зависимости от возраста, что согласуется с данными, полученными у здоровых лиц, и может быть обусловлено возрастными атрофическими изменениями сосудистой оболочки и снижением ее кровенаполнения [12,15].

Таким образом, можно предположить, что ТП поверхности глаз, в отличие от температуры наружной поверхности роговицы, является более информативным показателем теплообмена, который позволяет получить значимую дополнительную информацию о состоянии кровообращения в сосудистой оболочке глаза.

Недостатком данного исследования является то, что под наблюдением находились пациенты, ранее получавшие лечение, в том числе лазерную коагуляцию сетчатки. Хотя полученные данные не выявили значимых отличий в показателях теплообмена глаз с пролиферативной стадией ДР в зависимости от того, проводилась или нет лазерная коагуляция сетчатки.

Требуются дальнейшие целенаправленные исследования возможностей метода офтальмотеплометрии для оценки его значения в диагностике различной офтальмологической патологии.

Авторы выражают благодарность д.мед.н., профессору Буйко А.С. за оказанную методологическую помощь в проведении данного исследования.

Выводы

1. Выявлено, что показатели плотности теплового потока глаз пациентов с неproлиферативной и пролиферативной стадиями диабетической ретинопатии значимо отличаются: плотность теплового потока глаз с неproлиферативной стадией диабетической ретинопатии выше ($7,3 \pm 2,1$ мВт/см²) в сравнении с пролиферативной стадией – $6,3 \pm 1,6$ мВт/см². При этом значимых различий температуры роговицы у пациентов с неproлиферативной ($34,7 \pm 1,3$ °С) и пролиферативной ($34,8 \pm 1,1$ °С) стадиями диабетической ретинопатии не обнаружено.

2. Корреляционная связь коэффициента кровенаполнения глаза с плотностью теплового потока глаза сильнее, чем с температурой роговицы, у пациентов с неproлиферативной стадией диабетической ретинопатии. При показателях коэффициента кровенаполнения до 2,0% плотность теплового потока глаза составила $5,3 \pm 2,6$ мВт/см², а при показателях коэффициента кровенаполнения более 2,0% – $7,2 \pm 2,3$ мВт/см².

3. Обнаружена зависимость плотности теплового потока глаз у пациентов с диабетической ретинопатией от возраста: в возрасте 16-30 лет – $8,1 \pm 1,8$ мВт/см², 31-60 лет – $6,4 \pm 1,9$ мВт/см², 60-86 лет – $6,1 \pm 1,8$ мВт/см².

4. Предварительные результаты свидетельствуют о том, что показатели плотности теплового потока глаза (по сравнению с температурой роговицы) более полно отражают состояние теплообмена глаза, и указывают на перспективу использования данного метода в качестве нового диагностического теста.

Литература

1. **Burfield H.J.** Ocular and Systemic Diurnal Rhythms in Emmetropic and Myopic Adults / H.J. Burfield, A. Carkeet, L.A. Ostrin // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2019. – Vol. 60(6). – P. 2237-2247.
2. **Ślomoński J.** The circadian rhythm of core body temperature (Part I): The use of modern telemetry systems to monitor core body temperature variability / J. Ślomoński, P. Zalewski // Polish Hyperbaric Research – 2016. – Vol. 55. – P. 79-83.
3. **Kazama A.** Effect of increase in body temperature on cognitive function during prolonged exercise / A. Kazama, S. Takatsu, H. Hasegawa // Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. – 2012. – Vol. 61(5). – P. 459-467.

4. **Boisson M.** Intra-operative cutaneous temperature monitoring with zero-heat-flux technique (3M SpotOn) in comparison with oesophageal and arterial temperature: A prospective observational study / M. Boisson, A. Alaux, T. Kerforne, O. Mimoz, B. Debaene, C. Dahyot-Fizelier, D. Frasca // Eur. J. Anaesthesiol. – 2018. – Vol. 35(11). – P. 825-830.
5. **Tan J.H.** Infrared thermography on ocular surface temperature: A review / J.H. Tan, E.Y.K Ng, U. R. Acharya, C. Chee // Infrared Phys. Techn. – 2009. – Vol. 52. – P. 97-108.
6. **Задорожний О.С.** Дистанційна термографія на зовнішній поверхні ока у пацієнтів з абсолютною глаукомой при проведенні трансклеральної лазерної коагуляції циліарного тіла (пілотне дослідження) / О.С. Задорожний, О.В. Гузун, А.Ю. Братишко, Т.Б. Кустрин, І.О. Насинник, А.Р. Король // Офтальмол. журн. – 2018. – № 2. – С. 23-28.
7. **Буйко А.С.** Термографія на основі рідких кристалів в онкоофтальмології / А. С. Буйко, А. Л. Цыкало, П. С. Терентьева // Офтальмол. журн. – 1977. – № 2. – С. 110-114.
8. **Galassi F.** Evaluation of ocular surface temperature and retinal haemodynamics by infrared thermography and colour Doppler imaging in patients with glaucoma / F.Galassi, B.Giambene, A.Corvi [et al.] // Br. J. Ophthalmol. – 2007. – Vol. 91. – P. 878-881.
9. **Sodi A.A.** Ocular surface temperature in central retinal vein occlusion: preliminary data / A.A. Sodi, B.A.D. Giambene, G.B. Falaschi [et al.] // Eur. J. Ophthalmol. – 2007. – Vol.17. – P. 755-759.
10. **Kenny G.P.** Body temperature regulation in diabetes / G.P. Kenny, R.J. Sigal, R. McGinn // Temperature – 2016. – Vol. 3:1. – P. 119-145.
11. Теплометрия: теория, метрология, практика. Монография в трех книгах. / Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев [и др.]; под ред. Т. Г. Грищенко. Кн. 1: Методы и средства измерения теплового потока - К.: Институт технической теплофизики НАН Украины, 2017. - 438 с.
12. **Анатичук Л.И., Пасечникова Н.В., Науменко В.А., Задорожний О.С., Гаврилюк Н.В., Кобылянский Р.Р.** Термоэлектрическое устройство для офтальмотеплометрии и особенности регистрации плотности теплового потока глаза человека // Офтальмол. журн. – № 3. – 2019. – С. 45-51.
13. **Янковой А.Г.** Многомерный анализ в системе STATISTICA / А.Г. Янковой. – Вып. 2. – Одесса: Оптимум, 2001. – 216 с
14. **Sudhalkar A.** Choroidal thickness in diabetic patients of Indian ethnicity / A. Sudhalkar, J.K. Chhablani, A. Venkata, R. Raman, P.S. Rao, G.B. Jonnadula // Indian J. Ophthalmol. – 2015. – Vol. 63(12). – P. 912-916.
15. **Spaide R.F.** Age-related choroidal atrophy / R.F. Spaide // Am. J. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 147. – P. 801-810.

Автори заявляють об відсутності конфлікту інтересів, які могли б впливати на їхню думку щодо предмета або матеріалів, описаних у цій рукописі.

Поступила 15.10.2019

Температура і густина теплового потоку зовнішньої поверхні очей хворих на діабетичну ретинопатію (пілотне дослідження)

Анатичук Л.І., Пасечникова Н.В., Науменко В.О., Задорожний О.С., Храменко Н.І., Назаретян Р.Е., Кобылянский Р.Р.

Інститут термоелектрики НАН і МОН України, Чернівці (Україна)

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, Чернівці (Україна)

ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України; Одеса (Україна)

Показники теплообміну, як відомо, характеризуються не тільки значеннями температури і їх розподілом, а й тепловим потоком (ТП).

Мета. Вивчити показники температури і густини теплового потоку поверхні очей пацієнтів з діабетичною ретинопатією.

Матеріал і методи. Під спостереженням знаходилися 62 пацієнта (123 ока) з діабетичною ретинопатією (ДР). Діагноз непроліферативної стадії ДР був встановлений у 28 хворих (55 очей), а проліферативної стадії - у 34 хворих (68 очей). Всім хворим було виконано загальноклінічні дослідження, а також термометрія зовнішньої поверхні рогівки і вимірювання густини ТП ока. У всіх хворих з непроліферативною стадією ДР виконувалася реоофтальмографія (РОГ).

Результати. Густина ТП очей з непроліферативною стадією ДР виявилася вище ($7,3 \pm 2,1$ мВт/см²) в порівнянні з проліферативною стадією - $6,3 \pm 1,6$ мВт/см² ($p=0,002$). При цьому температура поверхні очей у пацієнтів з різними стадіями ДР значуще не відрізнялася ($p=0,8$). Було відзначено позитивний кореляційний зв'язок між густиною ТП і показниками коефіцієнта кровонаповнення очей пацієнтів з непроліферативною стадією ДР за даними РОГ. Була виявлена залежність густини ТП очей у пацієнтів з ДР від віку.

Висновки. Попередні результати свідчать про те, що показники густини ТП ока (у порівнянні з температурою рогівки) більш повно відображають стан теплообміну ока, і демонструють перспективу використання даного методу в якості нового діагностичного тесту.

Ключові слова: температура зовнішньої поверхні ока, густина теплового потоку, реоофтальмографія, діабетична ретинопатія