

Инновации в офтальмологии

УДК 617.7-681.2-621.3.087:616-073.65

Термоэлектрическое устройство для офтальмотеплометрии и результаты его апробации у здоровых лиц

Л. И. Анатъчук^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, проф., академик НАН Украины;Н. В. Пасечникова³, д-р мед. наук, проф., член-кор. НАМН Украины;В. А. Науменко³, д-р мед. наук, проф.; О. С. Задорожный³, канд. мед. наук;Р. Р. Кобылянский^{1,2}, канд. физ.-мат. наук; Н. В. Гаврилюк^{1,2}, научн. сотр.

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, глаз человека, термоэлектрическое устройство

Актуальность. Оценка процессов теплообмена организма человека базируется на измерении температуры и теплового потока. На сегодняшний день не существует ни одного устройства для измерения теплового потока глаза.

Цель. Изучить показатели плотности теплового потока поверхности глаза здоровых лиц при проведении исследования разработанным термоэлектрическим устройством.

Материал и методы. Термоэлектрическое устройство для определения теплового потока было разработано в Институте термоэлектричества НАН и МОН Украины в рамках договора о сотрудничестве с ГУ "Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П. Филатова НАМН Украины". Под наблюдением находились 32 здоровых человека (64 глаза). Были выделены три группы в зависимости от возраста исследуемых. Во всех случаях были выполнены: измерение внутриглазного давления, измерение температуры наружной поверхности роговицы, измерение плотности теплового потока глаза.

Результаты. Температура окружающей среды во время исследования в среднем составила $21,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$; температура наружной поверхности глаз – $34,6 \pm 0,7^\circ\text{C}$; плотность теплового потока глаза человека – $7,7 \pm 1,3 \text{ мВт/см}^2$. Отмечено снижение показателей плотности теплового потока глаза с увеличением возраста человека.

Выводы. Впервые создано термоэлектрическое устройство для определения в режиме реального времени плотности теплового потока глаза человека. С помощью разработанного устройства впервые зарегистрированы показатели плотности теплового потока глаз у здоровых лиц, продемонстрирована ее связь с температурой наружной поверхности глаз и зависимость от возраста человека.

Актуальность. В настоящее время накоплено много данных по результатам термометрии и термографии, характеризующих температуру и ее распределение как на поверхности тела человека, так и ряда внутренних органов. Эта область знаний о температурном статусе тела и органов человека достаточно хорошо обеспечена измерительной аппаратурой.

Температура в различных отделах глаза может быть зарегистрирована бесконтактными или контактными методами, которые имеют как преимущества, так и определенные недостатки. Так, бесконтактные методы измерения температуры (например, инфракрасная термометрия и термография) позволяют безопасно оценить температуру и распределение температурных зон наружной поверхности глаза, что нашло свое применение

в диагностике различных заболеваний в офтальмологии [1-4]. Контактные методы термометрии позволяют изучить не только температуру наружных оболочек глаза, но и внутренних его структур. Однако интраокулярная термометрия глаза человека в обычных условиях не безопасна. Поэтому интраокулярное введение измерительного датчика оправдано лишь при хирургическом вмешательстве через уже имеющиеся разрезы для инструментов. Эта методика целесообразна, например, при мониторинге температуры внутриглазного содержимого в процессе витреоретинальной хи-

рургии, которая, как правило, выполняется в условиях неконтролируемой гипотермии [5].

Тепловые процессы, как известно, характеризуются не только значениями температуры и их распределением, но и тепловым потоком, который является важным показателем теплообмена и более полно отражает функциональное состояние органов и тканей [6].

В последнее время достигнут прогресс в разработке современных средств локального измерения теплового потока поверхности тела человека. Созданы термоэлектрические датчики теплового потока, которые сочетают в себе высокую чувствительность, точность, быстрое действие, стабильность параметров в широком интервале рабочих температур и согласуются с современной регистрационной аппаратурой [7-9]. Их использование позволяет достигать высокой точности теплотемпературных измерений [10]. Однако в литературе мы не нашли работ, сообщающих об измерении теплового потока глаза.

В офтальмологии и по сей день существует проблема ранней диагностики различных заболеваний, характеризующихся изменениями внутриглазного кровообращения и обмена веществ (воспалительные процессы, опухоли сосудистой оболочки, глаукома и т.д.). Очевидно, что нарушение кровообращения и метаболизма глаза должно сопровождаться изменением показателей теплообмена [4, 11]. Так, в некоторых исследованиях была продемонстрирована взаимосвязь температуры наружной поверхности глаза с состоянием кровообращения, внутриглазным давлением, наличием воспалительного процесса или внутриглазных опухолей [1, 12, 13]. Изменение тепловых характеристик тканей глаза может происходить в ранней фазе заболевания до появления выраженной клинической симптоматики, и их регистрация может стать

перспективным направлением ранней диагностики различных заболеваний глаза.

Цель. Изучить показатели плотности теплового потока поверхности глаза здоровых лиц при проведении исследования разработанным термоэлектрическим устройством.

Материал и методы

Термоэлектрическое устройство для определения теплового потока глаза 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" и представлено для апробации. Созданное устройство является оригинальным и не имеет мировых аналогов. Внешний вид устройства и его технические характеристики приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Разработанное многоканальное устройство для определения теплового потока глаза состоит из электронного блока управления и термоэлектрического датчика теплового потока. Для указанного термоэлектрического устройства был разработан и изготовлен миниатюрный термоэлектрический датчик теплового потока по специальной запатентованной технологии Института термоэлектричества НАН и МОН Украины [14-16]. Термоэлектрический микромодуль размерами (2×2×0,5) мм содержит 100 кристаллов n- и p-типов проводимости размерами (0,17×0,17×0,4) мм из высокоэффективного термоэлектрического материала на основе Bi-Te. Такой термоэлектрический микромодуль помещается между двумя керамическими пластинами на основе Al₂O₃ диаметром 3 мм и толщиной 0,1 мм каждая, а боковая поверхность герметизируется с помощью специального герметика. Таким образом, диаметр и высота изготовленного

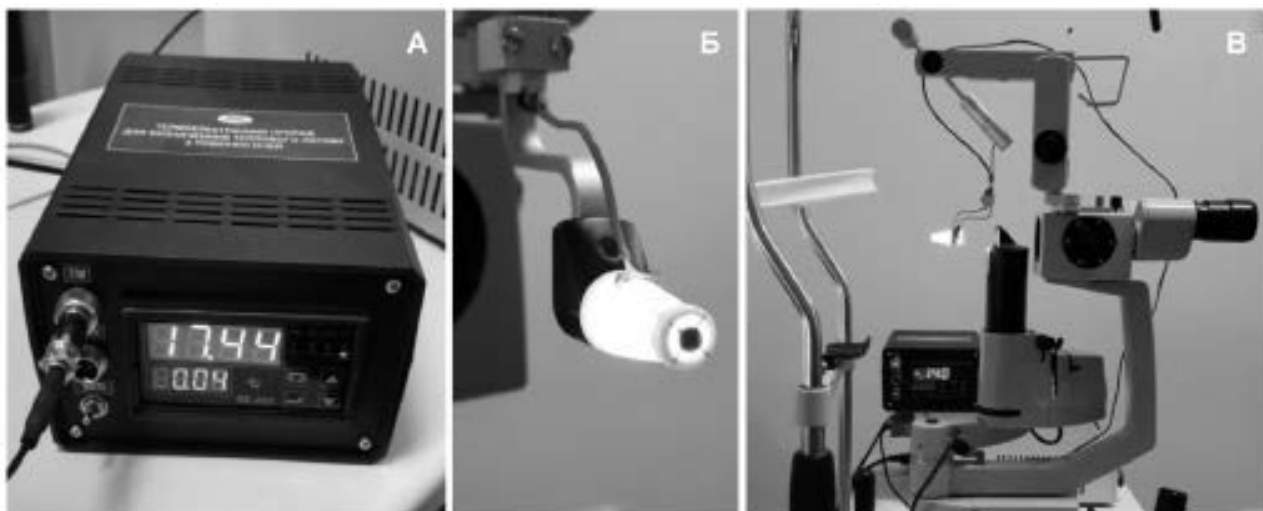


Рис.1. Термоэлектрическое устройство для определения плотности теплового потока глаза человека. А. Электронный блок управления. Б. Термоэлектрический датчик теплового потока. В. Устройство, адаптированное к щелевой лампе.

Таблица 1. Технические характеристики устройства

№	Технические характеристики устройства	Значения параметров
1.	Количество каналов измерения	4
2.	Количество термоэлектрических датчиков теплового потока	1
3.	Количество термоэлектрических датчиков температуры	1
4.	Диапазон измерения плотности теплового потока	0,01÷50 мВт/см ²
5.	Погрешность измерения плотности теплового потока	± 5 %
6.	Диапазон измерения температур	0÷50 °С
7.	Дискретность измерения температур	± 0,01 °С
8.	Диапазон измерения комнатной температуры	0÷50 °С
9.	Дискретность измерения комнатной температуры	± 0,01 °С
10.	Диапазон измерения напряжения аккумулятора	3,7÷4,5 В
11.	Время непрерывной работы устройства от заряженного аккумулятора	100 ч.
12.	Габаритные размеры термоэлектрического датчика теплового потока	Ø3 x 0,7 мм
13.	Габаритные размеры электронного блока управления	180×140×90 мм
14.	Вес устройства	0,6 кг

термоэлектрического датчика теплового потока составляет 3 мм и 0,7 мм соответственно. Датчик теплового потока закрепляется на специально изготовленной контактной призме. Призма с датчиком теплового потока устанавливается в стандартное крепление для контактных призм аппланационного тонометра Гольдмана и может стыковаться со щелевыми лампами различных производителей. Особенностью конструкции контактной призмы является то, что ее можно снимать для обработки после каждого пациента. Термоэлектрический датчик теплового потока, который закреплен в центре контактной призмы, непосредственно контактирует с внешней поверхностью глаза человека (в нашем исследовании с центром роговицы или поверхностью конъюнктивы склеры). Также следует отметить, что контактная поверхность термоэлектрического датчика теплового потока изготовлена атрауматической (со сглаженными краями) и предусмотрена возможность обработки и дезинфекции этой поверхности.

В электронном блоке устройства имеется канал измерения теплового потока, предназначенный для точного измерения генерированного напряжения термоэлектрического датчика теплового потока и дальнейшего его преобразования в физическую величину в единицах плотности теплового потока (мВт/см²). В устройстве также имеется канал измерения температуры, который предназначен для высокоточного измерения температуры термоэлектрическим термомпарным датчиком, а также канал измерения температуры окружающей среды. Устройство оснаще-

но аккумуляторным источником питания, что обеспечивает его автономность.

Клинический фрагмент работы 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 32 здоровых человека (64 глаза), которые добровольно дали согласие на проведение исследования. Возраст исследуемых лиц составил от 16 до 86 лет. Все исследуемые лица были разделены на три группы в зависимости от возраста. В первую группу вошли 11 человек (22 глаза) возрастом от 16 до 30 лет, во вторую группу – 10 человек (20 глаз) возрастом от 31 года до 60 лет, в третью группу – 11 человек (22 глаза) старше 60 лет.

Во всех случаях были выполнены следующие исследования обоих глаз: измерение внутриглазного давления, термометрия наружной поверхности роговицы, измерение плотности теплового потока глаза.

Исследование проводилось в помещении со стабильными показателями окружающей среды. Контролировалась температура, влажность воздуха. Поддерживались условия с минимальной скоростью движения воздуха. Перед проведением исследования пациенты адаптировались к температуре помещения в течение 15 минут. Применялась эпibuльбарная анестезия в виде однократной инстилляцией 0,5% раствора проксиметакаина гидрохлорида (ALCAINE®, SA Alcon-Couvreur NV, Puurs, Belgium). Регистрация температуры и плотности теплового потока проводи-

лась через 15 минут после применения капель. Во время исследования испытуемый находился в положении сидя за щелевой лампой. Датчик термоэлектрического устройства во всех случаях контактировал с центральной зоной роговицы. Выполнялись не менее трех измерений каждого глаза в режиме реального времени.

У 15 человек (30 глаз) регистрация плотности теплового потока проводилась не только в центральной области роговицы, но и в проекции плоской части цилиарного тела в назальном и темпоральном квадрантах. В этой подгруппе спустя 15 минут после первых трех измерений проводилось повторное трехкратное исследование плотности теплового потока в центральной зоне роговицы другим оператором.

Статистический анализ. Рассчитывались базовые показатели: средние значения (M), стандартное отклонение выборки (SD), коэффициент корреляции. Различия сравниваемых средних значений выборок считали значимым при величине $p < 0,05$. Статистический анализ проводился с использованием пакета Statistica 10.0.

Результаты

Температура окружающей среды во время исследования в среднем составила $21,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха в помещении $48,5 \pm 1,6\%$. Внутриглазное давление было зафиксировано в среднем на уровне $16,5 \pm 2,7$ мм рт.ст. Температура наружной поверхности глаз в среднем составила $34,6 \pm 0,7^\circ\text{C}$ (от 33 до 36°C). Плотность теплового потока глаза человека составила в среднем $7,7 \pm 1,3$ мВт/см² (от $4,9$ до $11,7$ мВт/см²). Была выявлена положительная линейная корреляционная связь между температурой наружной поверхности глаз с плотностью теплового потока

($r=0,34$ при уровне значимости $p=0,006$). Значимых различий в показателях правого и левого глаза при анализе полученных результатов термометрии ($p=0,78$) и теплотметрии ($p=0,9$) выявлено не было.

У 15 человек (30 глаз), которым выполнялись дополнительные измерения, плотность теплового потока глаза человека в центральной зоне роговицы составила в среднем $7,84 \pm 1,54$ мВт/см², а в назальном и темпоральном секторах она оказалась ниже и составила $7,2 \pm 1,18$ мВт/см² ($p=0,19$) и $6,95 \pm 0,97$ мВт/см² ($p=0,07$), соответственно. В этой подгруппе (спустя 15 минут после первых измерений) проводилось повторное исследование другим оператором, и были получены следующие результаты. Плотность теплового потока глаза человека, измеренная разными исследователями, составила в среднем $7,84 \pm 1,54$ и $8,1 \pm 1,68$ мВт/см² ($p=0,64$).

На следующем этапе мы оценили зависимость температуры наружной поверхности глаза и плотности его теплового потока от возраста человека (рис. 2, 3). В первой группе температура наружной поверхности глаз в среднем составила $34,9 \pm 0,7^\circ\text{C}$, во второй группе она была несколько ниже и в среднем составила $34,6 \pm 0,6^\circ\text{C}$ ($p=0,07$), а в третьей группе – $34,3 \pm 0,6^\circ\text{C}$ ($p=0,002$ и $p=0,13$ по сравнению с 1 и 2 группой, соответственно). Плотность теплового потока глаза в первой группе составила в среднем $8,6 \pm 1,2$ мВт/см², во второй группе – $7,4 \pm 1,1$ мВт/см² ($p=0,003$), а в третьей – $7,0 \pm 1,0$ мВт/см² ($p < 0,001$ и $p=0,2$ по сравнению с 1 и 2 группой, соответственно).

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

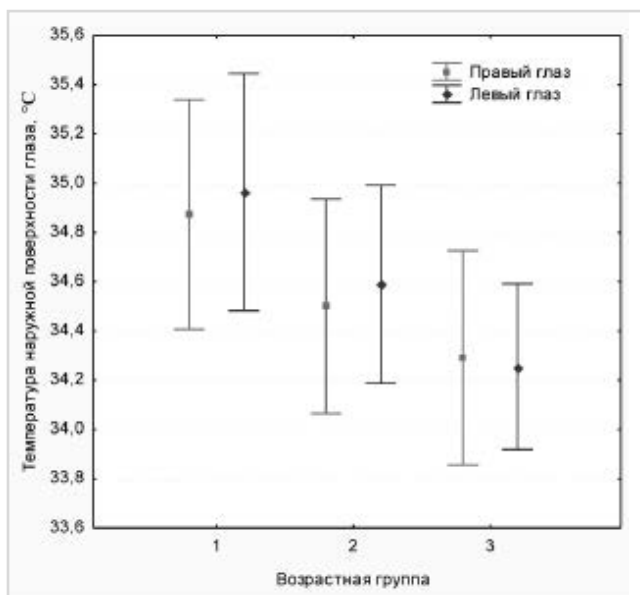


Рис. 2. Показатели температуры наружной поверхности глаз у здоровых лиц в трех возрастных группах.

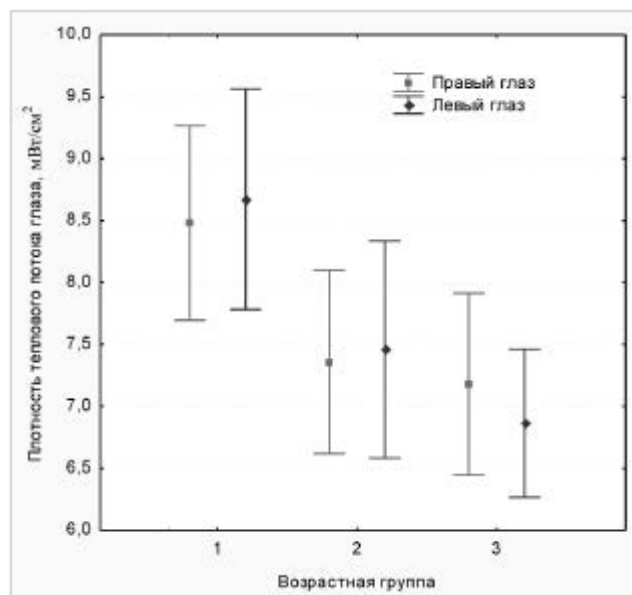


Рис. 3. Показатели плотности теплового потока глаз у здоровых лиц в трех возрастных группах.

Обсуждение

В нашей работе представлены первые результаты измерений плотности теплового потока глаз здорового человека с помощью разработанного термоэлектрического устройства. Предварительные результаты клинической апробации прибора показали безопасность его применения. Она обеспечивается как за счет особой конструкции контактного термоэлектрического датчика, так и использования электропитания прибора от аккумуляторных батарей. Благодаря установке датчика теплового потока в стандартное крепление аппланационного тонометра Гольдмана измерения удалось выполнить быстро и комфортно во всех случаях за счет дозированного давления датчика на роговицу, повышающего также стабильность измерений.

Результаты наших наблюдений свидетельствуют о том, что у здоровых лиц имеется симметричность плотности теплового потока на парных глазах. Следует отметить также симметричность показателей температуры наружной поверхности роговицы правого и левого глаза здоровых лиц, что согласуется с данными ряда предыдущих исследований [1, 11, 17].

Регистрация теплового потока может проводиться не только в центральной зоне роговицы, но и в некоторых других участках поверхности глазного яблока. В нашем исследовании показатели плотности теплового потока глаза были выше в центральной зоне роговицы по сравнению с измерениями в назальном и темпоральном секторах в проекции цилиарного тела, что может быть обусловлено тем, что роговица не имеет собственных кровеносных сосудов и подлежащей сосудистой оболочки, поэтому легче охлаждается при открытых веках. При измерении плотности теплового потока глаза в проекции плоской части цилиарного тела в назальном и темпоральном квадрантах, а также в центральной зоне роговицы никаких затруднений в процессе исследования не возникало. Обеспечить плотный контакт всей поверхности датчика с поверхностью глаза в проекции плоской части цилиарного тела в верхнем и нижнем квадрантах глазного яблока удалось не во всех случаях. Таким образом, установка датчика теплового потока в стандартное крепление тонометра Гольдмана имеет несомненные преимущества, но в то же время ограничивает степень свободы применения устройства, что требует дополнительных конструкторских решений.

Кроме того, отметим различия показателей теплового потока глаза в зависимости от возраста человека. Так, в нашей работе отмечено как снижение температуры наружной поверхности роговицы, так и показателей плотности теплового потока глаз здорового человека с возрастом. Эти наблюдения можно объяснить на основании известных фактов. В глазу животных и человека кровообращение в сосудистой оболочке является основным источником тепла. Кровь, поступающая в глаза с температурой, практически рав-

ной температуре тела, формирует тепловой градиент, который индуцирует переход тепла от крови к тканям глаза. Тепло, распределенное по глазным тканям, переходит в окружающую среду через внешние оболочки глаза с помощью четырех основных механизмов: излучение, теплопроводение, конвекция и испарение [4, 17]. С увеличением возраста человека отмечается снижение толщины сосудистой оболочки. Spaide R.F. ввел понятие возрастной атрофии сосудистой оболочки [18]. Толщина сосудистой оболочки, измеренная методом спектральной оптической когерентной томографии у больных возрастной дегенерацией макулы, и реофтальмографические показатели (реографический коэффициент) имеют корреляционную связь с возрастом больного [19]. Таким образом, возрастные атрофические изменения сосудистой оболочки и связанное с этим процессом снижение кровенаполнения сосудистого тракта глаза могут являться одной из причин снижения показателей плотности теплового потока глаз у здорового человека с возрастом.

Таким образом, первые результаты апробации термоэлектрического устройства для проведения офтальмотеплометрии показали, что разработанное устройство является простым и надежным в эксплуатации прибором. Отметим также автономность устройства, его универсальность (за счет стыковки датчика к стандартным креплениям аппланационного тонометра Гольдмана), а также возможность проведения исследования в режиме реального времени.

Для оценки способности метода офтальмотеплометрии решать диагностические задачи требуются дальнейшие целенаправленные исследования по изучению показателей плотности теплового потока глаз с различной офтальмологической патологией.

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

Выводы

1. Проведено испытание впервые разработанного термоэлектрического устройства для определения в режиме реального времени плотности теплового потока глаза человека.

2. Плотность теплового потока наружной поверхности роговицы глаз здоровых лиц составила в среднем $7,7 \pm 1,3$ мВт/см² при температуре окружающей среды $21,3 \pm 0,8$ °С.

3. Выявлена умеренная положительная линейная корреляционная связь между температурой наружной поверхности глаз и плотностью теплового потока ($r=0,34$ при уровне значимости $p=0,006$).

4. Получены предварительные данные о зависимости плотности теплового потока глаз здоровых лиц от возраста: плотность теплового потока глаза составила в среднем в возрасте 16-30 лет – $8,6 \pm 1,2$ мВт/см², 31-60 лет – $7,4 \pm 1,1$ мВт/см², старше 60 лет – $7,0 \pm 1,0$ мВт/см².

Литература

1. **Малецький А. П.** Диагностическая ценность дистанционной термометрии передней поверхности глаза при эпibuльбарных и внутриглазных новообразованиях / А. П. Малецький, Н. А. Пучковская, Л. С. Кременчугский, А. С. Буйко [и др.] // Офтальмол. журн. – 1985. – №1. – С. 12-15.
2. **Буйко А. С.** Термография на основе жидких кристаллов в онкоофтальмологии / А. С. Буйко, А. Л. Цыкало, П. С. Терентьева // Офтальмол. журн. – 1977. – № 2. – С. 110-114.
3. **Zadorozhnyy O.S.** Improving the technique for controlled cryogenic destruction of conjunctival tumors located in the projection of the ciliary body onto the sclera: A preliminary report / O. S. Zadorozhnyy, N. V. Savin, A. S. Buiko // J. ophthalmol. (Ukraine) – 2018. – Vol.5. – P. 60-65.
4. **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.
5. **Nazaretian R.E.** Intraocular temperature changes during vitrectomy procedure / Nazaretian R.E., Zadorozhnyy O.S., Umanets N.N. [et al.] // J. Ophthalmol. (Ukraine). – 2018. – Vol.6. – P. 30-34.
6. Теплометрия: теория, метрологія, практика. Монографія в трьох 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.
7. **Анатичук Л.І.** Термоелектричний прилад для вимірювання температури і густини теплового потоку "АЛ-ТЕК-10008" / Л.І. Анатичук, О.І. Івашук, Р.Р. Кобилянський [та ін.] // Термоелектрика. – 2016. – № 1. – С.76-84.
8. **Анатичук Л.І.** Термоелектричний прилад для діагностики запальних процесів та неврологічних проявів остеохондрозу хребта людини / Л.І. Анатичук, О.С. Юрик, Р.Р. Кобилянський [и др.] // Термоелектрика. – 2017. – № 3. – С. 54-67.
9. **Anatychuk L.I.** Thermoelectric device with electronic control unit for diagnostics of inflammatory processes in the human organism / L.I. Anatychuk, R.R. Kobylanskyi, R.G. Cherkez [et al.] // Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoy apparature. – 2017. – Vol. 6. – P. 44-48.
10. **Анатичук Л.І.** Про вплив температури навколишнього середовища на покази термоелектричних сенсорів медичного призначення / Л.І. Анатичук, О.І. Івашук, Р.Р. Кобилянський [та ін.] // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. - 2018. - Т. 15, № 1. - С. 17-29.
11. **Zadorozhnyy O.S.** Infrared thermography of external ocular surface in patients with absolute glaucoma in transscleral cyclophotocoagulation: a pilot study / O. S. Zadorozhnyy, O. V. Guzun, A. Iu. Bratishko [et al.] // J. ophthalmol. (Ukraine) – 2018. – Vol.2. – P. 23-28.
12. **Galassi F.** Evaluation of ocular surface temperature and retrobulbar 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.
13. **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.
14. Патент № 93217 Україна, МПК (2014.01) H01L 35/00 Спосіб виготовлення термоелектричної мікробатареї / Анатичук Л.І., Константинович І.А. – u201403210; заяв. 31.03.2014; опубл. 25.09.2014, бюл. № 18/2014 [електронна версія].
15. Патент № 117719 Україна, МПК (2017.01) H01L 35/00 Спосіб виготовлення термоелектричної мікробатареї / Анатичук Л.І., Кобилянський Р.Р. – u201612914; заяв. 19.12.2016; опубл. 10.07.2017, бюл. № 13/2018 [електронна версія].
16. **Анатичук Л.І.** Технологія виготовлення термоелектричних мікробатарей / Л.І. Анатичук, Р.Р. Кобилянський, І.А. Константинович [та ін.] // Термоелектрика. – № 6. – 2016. – С. 49-54.
17. **Mapstone R.** Determinants of corneal temperature / R. Mapstone // Brit. J. Ophthalmol. – 1968. – Vol. 52. – P. 729-741.
18. **Spaide R.F.** Age-related choroidal atrophy / R.F. Spaide // Am. J. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 147. – P. 801-810.
19. **Король А. Р.** Толщина сосудистой оболочки и ее кровенаполнение у больных возрастной дегенерацией макулы / А. Р. Король, Н. И. Храменко, О. С. Задорожный [и др.] // Офтальмол. журн. – 2013. – № 3. – С.23–27.

Поступила 14.03.2019

Автори заявляють об отсутствиі конфликта интересов, которые могли бы повлиять на их мнение относительно предмета или материалов, описанных и обсуждаемых в данной рукописи.

Термоелектричний пристрій для офтальмотеплометрії та результати його апробації у здорових осіб

Анатичук Л.І., Пасєчнікова Н.В., Науменко В.О., Задорожний О.С., Кобилянський Р.Р., Гаврилук М.В.

Інститут термоелектрики НАН та 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)

Оцінка процесів теплообміну організму людини базується на вимірюванні температури і теплового потоку. На сьогоднішній день не існує жодного пристрою для вимірювання теплового потоку ока.

Мета. Вивчити показники густини теплового потоку поверхні ока здорових осіб при проведенні дослідження розробленим термоелектричним пристроєм.

Матеріал і методи. Термоелектричний пристрій для визначення теплового потоку ока було розроблено в Інституті термоелектрики НАН і МОН України в рамках договору про співпрацю з ДУ "Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України". Під спостереженням знаходилися 32 здорові людини (64 ока). Були виділені три групи в залежності від віку досліджуваних. У всіх випадках були виконані: вимірювання внутрішньоочного тиску, вимірювання температури зовнішньої поверхні рогівки, вимірювання густини теплового потоку ока.

Результати. Температура навколишнього середовища під час дослідження в середньому склала $21,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$;

температура зовнішньої поверхні очей – $34,6 \pm 0,7^\circ\text{C}$; густина теплового потоку ока людини – $7,7 \pm 1,3 \text{ мВт/см}^2$. Відзначено зниження показників густини теплового потоку ока зі збільшенням віку людини.

Висновки. Вперше створено термоелектричний пристрій для визначення в режимі реального часу густини теплового потоку ока людини. За допомогою розробленого пристрою вперше зареєстровані показники густини теплового потоку з очей здорових осіб, продемонстровано її зв'язок з температурою зовнішньої поверхні очей і залежність від віку людини.

Ключові слова: температура зовнішньої поверхні ока, густина теплового потоку, око людини, термоелектричний прилад