

УДК 617.7–073.778.344

Визуализация структур цилиарного тела методом инфракрасной диафаноскопии с транспальпебральным освещением

О. С. Задорожный, А. Р. Король, Т. Б. Кустрин, С. В. Шамбра, А. А. Невская

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

E-mail: akorol@mail.ru

Трансклеральна або транскорнеальна діафаноскопія у видимому діапазоні світла застосовується для визначення меж цилиарного тіла або внутрішньоочних пухлин, розташованих в передньому сегменті ока.

Мета. Вивчити можливості використання випромінювання ближнього інфрачервоного спектрального діапазону для візуалізації структур цилиарного тіла методом транспальпебральної діафаноскопії.

Матеріал і методи. Під наглядом перебувало 15 осіб (30 очей) без патологічних змін переднього відрізка очного яблука; 20 хворих (20 очей) з термінальною глаукомою перед проведенням трансклеральної контактної лазерної коагуляції цилиарного тіла; 15 хворих (15 очей) з внутрішньоочними новоутвореннями, розташованими в області цилиарного тіла. Також були вивчені 5 ізольованих очей з внутрішньоочною меланою. В кожному випадку проводили кольорове фотографування переднього відрізка ока, інфрачервону діафаноскопію, ультразвукове сканування переднього відділу.

Результати. У всіх випадках у здорових осіб методом транспальпебральної інфрачервоної діафаноскопії було зареєстровано цилиарне тіло та його структури. У хворих глаукомою методом транспальпебральної інфрачервоної діафаноскопії перед проведенням циклодеструкції була візуалізована зона розташування цилиарних відростків. У хворих з внутрішньоочними новоутвореннями у всіх випадках була зареєстрована тінь на склері відповідно проєкції пухлини, а також була визначена локалізація пухлини по відношенню до структур цилиарного тіла. На ізольованих очах були зареєстровані розміри структур цилиарного тіла та розміри їх тіней на склері при інфрачервоній діафаноскопії.

Заключення. Транспальпебральна інфрачервона діафаноскопія дозволяє отримати зображення цилиарного тіла і точно оцінити проєкцію його структур на склері. Інфрачервона діафаноскопія може використовуватися для візуалізації цилиарного тіла у хворих з термінальною глаукомою перед проведенням трансклеральної лазерної циклодеструкції. Інфрачервона діафаноскопія дозволяє візуалізувати внутрішньоочні новоутворення та визначити їх проєкцію на склері, що може використовуватися як в діагностичних цілях, так і при деструкції пухлини в ході лікування.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, цилиарное тело, диафаноскопия.

Ключові слова. Інфрачервоне випромінювання, цилиарне тіло, діафаноскопія.

Visualization of the ciliary body structures with infrared transpalpebral transillumination

O. S. Zadorozhnyy, A. R. Korol, T. B. Kustryn, S. V. Shaumbra, A. A. Nevskaya

State Institution The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine; Odessa, (Ukraine)

Transillumination of the eye through the cornea or sclera allows observation of shadows in projections of intraocular structures on sclera.

Purpose. To study the possibilities of near-infrared radiation using to visualize ciliary body structures by transpalpebral transillumination.

Material and Methods. There were 15 people (30 eyes) with no visible lesions of the anterior segment of the eye; 20 patients (20 eyes) with terminal glaucoma before laser transscleral ciliary body destruction; 15 patients (15 eyes) with intraocular tumors located in the ciliary body; 5 isolated eyes with intraocular melanoma. In all cases a colour photo of the anterior eye segment, infrared transillumination, ultrasound scan were made.

Results. In all cases in healthy individuals by transpalpebral infrared eye transillumination ciliary body and its structures was registered. In patients with terminal glaucoma by infrared transillumination prior laser ciliary body destruction was visualized location of ciliary processes. In patients with intraocular tumors infrared transillumination made it possible to visualize tumor and to estimate its localization in relation to the ciliary body structures. In isolated eyes were registered dimensions of the ciliary body structures and the dimensions of their shadows on the sclera with transpalpebral infrared eye transillumination.

Conclusion. Transpalpebral infrared eye transillumination provides imaging of the ciliary body and accurately estimates the projection of its structures to the sclera. Infrared transillumination can be used for visualization of the ciliary body in patients with terminal glaucoma prior laser transscleral ciliary body destruction. Infrared transillumination helps to visualize intraocular tumors and determine their projection on the sclera, which can be used for diagnostic purposes and during destruction of the tumor.

Key words. Infrared radiation, ciliary body, transillumination.

Введение. Диафаноскопия в видимом свете применяется для определения границ цилиарного тела или внутриглазной опухоли, расположенной в переднем отрезке глаза. Также эта техника используется интраоперационно для точного расположения радиоактивного аппликатора при проведении эписклеральной брахитерапии у больных с внутриглазными новообразованиями [1, 3, 7, 8]. Для просвечивания глазного яблока в видимом диапазоне спектра необходимо использовать транскорнеальный или транссклеральный путь освещения. Известно, что ближний инфракрасный свет лучше проникает сквозь ткани человеческого организма, чем свет видимого диапазона спектра. Используя невидимый инфракрасный диапазон спектра, просвечивание глазного яблока можно производить не только через роговицу и склеру, но даже через веко пациента, что имеет ряд преимуществ. Совершенство устройств приема инфракрасного сигнала и источников инфракрасного излучения определяет новые возможности неинвазивной цифровой визуализации внутриглазных структур [4, 5, 6].

Цель. Изучить возможности использования излучения ближнего инфракрасного спектрального диапазона для визуализации структур цилиарного тела методом транспальпебральной диафаноскопии.

Материал и методы

Под наблюдением находились 15 человек (30 глаз) без видимых патологических изменений переднего отрезка глазного яблока, добровольно согласившихся пройти исследование; 20 больных (20 глаз) с терминальной глаукомой перед проведением транссклеральной контактно-компрессионной лазерной коагуляции цилиарного тела; 15 больных (15 глаз) с внутриглазными новообразованиями, расположенными в переднем отделе глаза. Также были изучены 5 энуклеированных глаз с внутриглазными меланомами.

Во всех случаях были выполнены следующие исследования: цветное фотографирование переднего отрезка глаза, инфракрасная диафаноскопия, ультразвуковое сканирование переднего отдела.

Для визуализации структур переднего отрезка глаза в инфракрасном диапазоне применялось устройство, разработанное в результате совместной работы между Институтом металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины (Киев, Украина) и ГУ «Институтом глазных болезней и тканевой терапии им. В. П. Филатова НАМН Украины» (Одесса, Украина) [10]. Разработанная система для инфракрасной диафаноскопии состоит из беспроводного компактного светодиодного инфракрасного осветителя (доминирующая длина волны 940 нм), адаптированной к щелевой лампе монохромной видеокамеры (Watec) с возможностью фото- и видеорегистрации ближнего инфракрасного сигнала, а также компьютера с программным обеспечением для обработки полученного сигнала и демонстрации на экране монитора.

Техника исследования. Исследование проводится в темном помещении. Пациента усаживают за щелевую лампу. Исследуемый глаз при проведении фотосъемки должен быть открытым. Используя беспроводной светодиодный осветитель, транспальпебрально просвечивается глазное яблоко. Исследуемый фиксирует свой взор на внешней фиксации метке, перемещая которую, получают изображение требуемого сектора переднего отрезка глаза. Видеокамеру фокусируют на структурах переднего отдела глаза. Для получения качественного изображения используют настройки яркости, контраста, размера диафрагмы. Затем последовательно производится фото- и видеосъемка структур переднего отрезка глаза во всех секторах. Изображение выводится на экран и сохраняется в базе данных.

Результаты

При исследовании методом инфракрасной диафаноскопии переднего отрезка глаза во всех случаях были получены черно-белые изображения структур глазного яблока. На снимках переднего отдела глаза здоровых добровольцев выделяются светлые области, соответствующие отверстию зрачка, радужной оболочке и склере, по причине пропускания инфракрасного излучения этими структурами. В радужной оболочке в большинстве случаев визуализируются радиальные складки Швальбе, распространяющиеся от зрачкового края радужки до цилиарного тела. На светлом фоне радужной оболочки и склеры четко визуализируются темные

кольцевидные тени. Эти кольцевидные тени соответствуют проекции расположения внутриглазных структур, поглощающих инфракрасное излучение эффективнее, чем радужка и склера. Первая кольцевидная тень шириной около 1–1,5 мм, расположенная у зрачкового края радужной оболочки, соответствует сфинктеру зрачка. В области лимба концентрично определяется тень шириной около 1,5–2 мм, соответствующая отростчатой части цилиарного тела (*corona ciliaris*). Область плоской части цилиарного тела (*pars plana*) выделяется как светлая широкая полоса с характерными радиально расположенными темными линиями ресничных складок между тенью отростчатой части цилиарного тела и зубчатой линии (рис. 1). Ширина кольца плоской части цилиарного тела составляет 4–4,5 мм. На склере визуализируется третья кольцевидная тень в зоне проекции зубчатой линии шириной 1–2 мм. В ряде случаев удалось зарегистрировать тонкое темное кольцо, которое расположено между лимбом и зрачковым краем радужки и соответствует экваториальной части хрусталика.

У больных с внутриглазными новообразованиями, расположенными в переднем отрезке глаза, во всех случаях при транспальпебральной инфракрасной диафаноскопии визуализировались кольцевидные тени цилиарного тела, а также была зарегистрирована интенсивная тень на склере, соответствующая проекции опухоли. У всех больных удалось определить локализацию внутриглазного новообразования по отношению к структурам цилиарного тела. В ряде случаев было зафиксировано прорастание новообразования в цилиарное тело,

что, как известно, является неблагоприятным прогностическим признаком. При изучении энуклеированных глаз с меланомой хориоидеи было установлено, что ширина теней на склере от структур цилиарного тела, полученных при инфракрасной диафаноскопии, соответствует истинным размерам этих внутриглазных структур. Следовательно, инфракрасная диафаноскопия не только позволяет получить изображение цилиарного тела, но и точно оценить проекцию его структур на склере и их размеры.

У больных с терминальной глаукомой перед выполнением лазерной транссклеральной контактной циклодеструкции была визуализирована зона отростчатой части цилиарного тела во всех квадрантах глазного яблока методами инфракрасной диафаноскопии и ультразвукового сканирования. При ультразвуковом исследовании определяются отростки цилиарного тела, а также их расположение, размеры и форма. Однако, при отсутствии четких ориентиров на склере, метод ультразвукового сканирования не позволяет точно расположить лазерный зонд в проекции *corona ciliaris* при транссклеральной лазерной коагуляции. Визуализация проекции области *corona ciliaris* на склере по всей окружности глаза методом инфракрасной диафаноскопии дает возможность точно установить лазерный зонд на склере при проведении лазерных вмешательств.

Обсуждение. Известно, что впервые транспупиллярный инфракрасный диафаноскоп на основе лампы накаливания, фильтра, пропускающего инфракрасное излучение, и электронно-оптического преобразователя сконструировал В. Г. Шилиев в

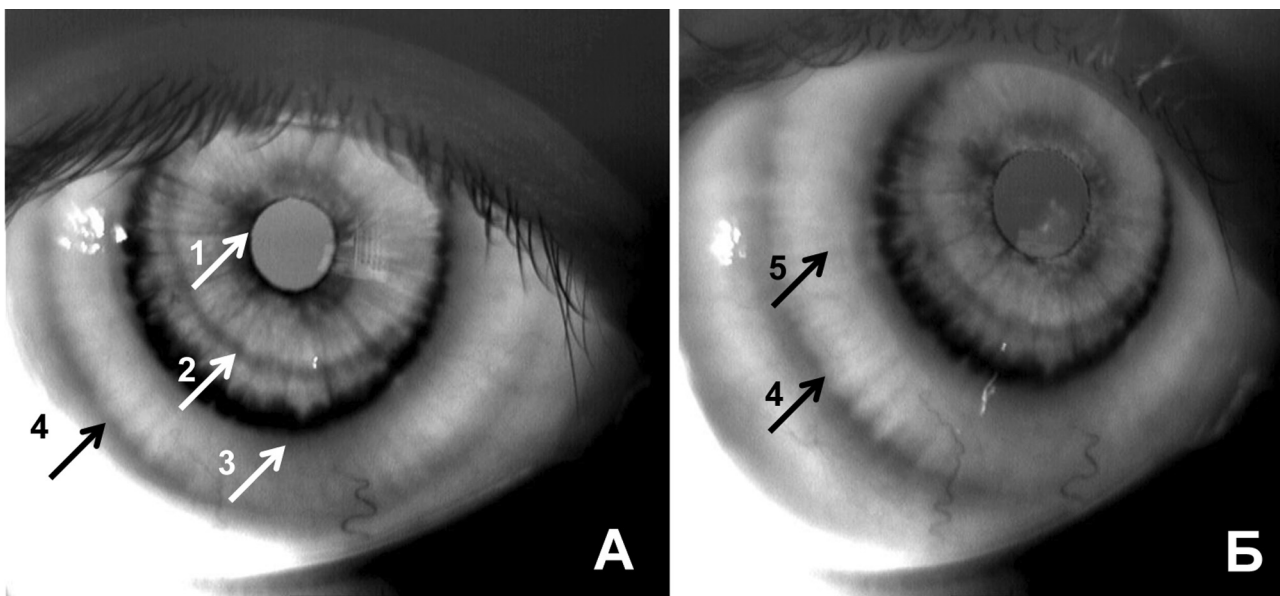


Рис. 1. Фотоизображение здорового глаза, полученное методом инфракрасной транспальпебральной диафаноскопии (длина волны 940 нм). А — стрелки указывают на кольцевидные тени, которые соответствуют сфинктеру зрачка (1), экваториальной зоне хрусталика (2) и отростчатой части цилиарного тела (3), зубчатой линии (4). Б — стрелка указывает на плоскую часть цилиарного тела (5), а также темное кольцо на склере, которое соответствует зубчатой линии (4).

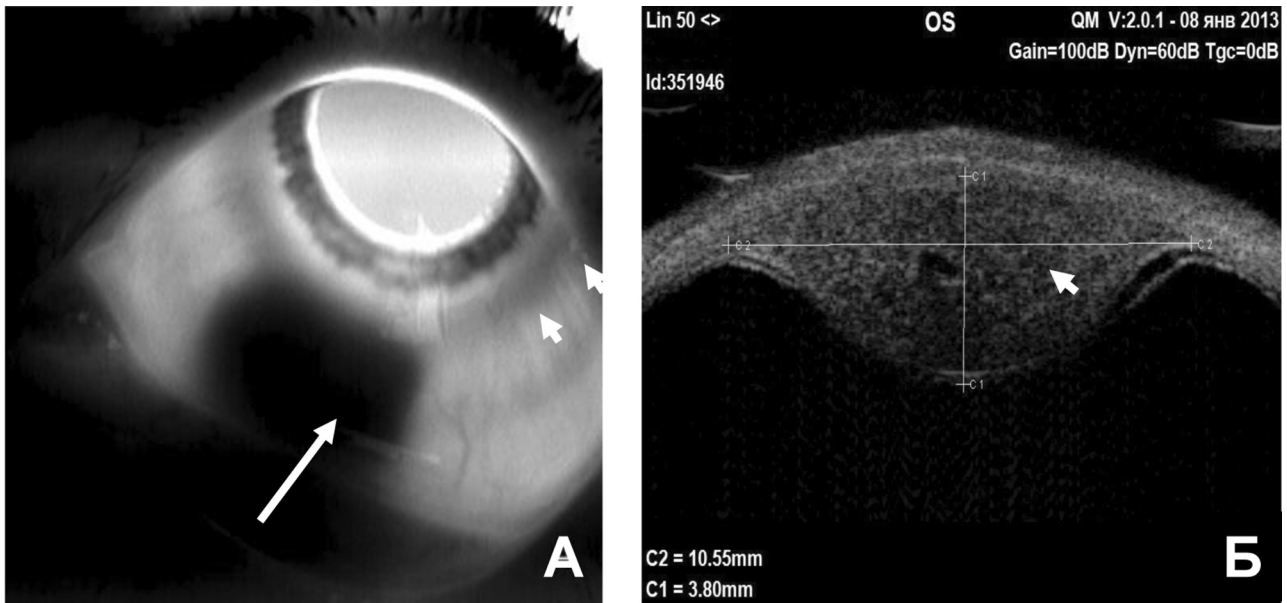


Рис. 2. А — диафаноскопическая картина переднего отрезка левого глаза больного с меланомой сосудистой оболочки (длина волны 940 нм). Определяется тень в проекции внутриглазной опухоли (указана длинной стрелкой), контактирующая с отростчатой частью цилиарного тела (короткие стрелки). Б — ультразвуковая картина того же глаза в области новообразования.

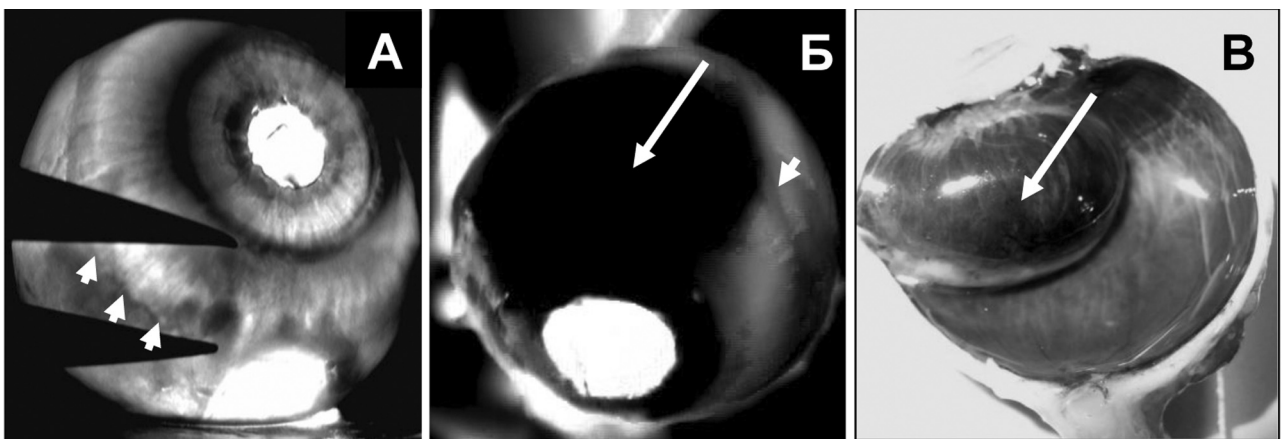


Рис. 3. Энуклированное глазное яблоко с внутриглазным новообразованием (меланома хориоидеи и цилиарного тела), просвеченное инфракрасным светом (длина волны 940 нм). Измерение ширины структур цилиарного тела при помощи циркуля. Проекция зубчатой линии указана стрелками (А). Большой стрелкой указано новообразование сосудистой оболочки. Малая стрелка указывает на темное кольцо, которое соответствует зубчатой линии (Б). Тот же глаз после сагиттального разреза. Внутриглазная опухоль указана стрелкой (В).

1963 году. При помощи этого устройства инфракрасные лучи направлялись через зрачок внутрь глаза, что позволило наблюдать за свечением переднего отрезка [2]. J. M. Saagi с соавторами в 2005 году для исследования методом инфракрасной диафаноскопии радужной оболочки и цилиарного тела использовали в качестве источника инфракрасного сигнала лампу накаливания и фильтр Kodak, пропускающий широкую полосу излучения, соответствующую ближнему инфракрасному диапазону спектра. Используя оптоволокно в качестве осветителя, инфракрасное излучение через темпораль-

ный квадрант глазного яблока транссклерально направляли внутрь глаза. При этом зонд-осветитель контактировал со склерой после предварительной анестезии [5,6]. J. Krohn с соавторами в 2013 году для фотографирования в инфракрасном спектре внутриглазных новообразований в переднем отделе глаза также использовали метод инфракрасной диафаноскопии. Для регистрации инфракрасного сигнала использовалась камера Canon EOS 30D, в которой, блокирующий инфракрасный сигнал, был заменен фильтр на фильтр, пропускающий инфракрасное излучение вплоть до 1100 нм. После

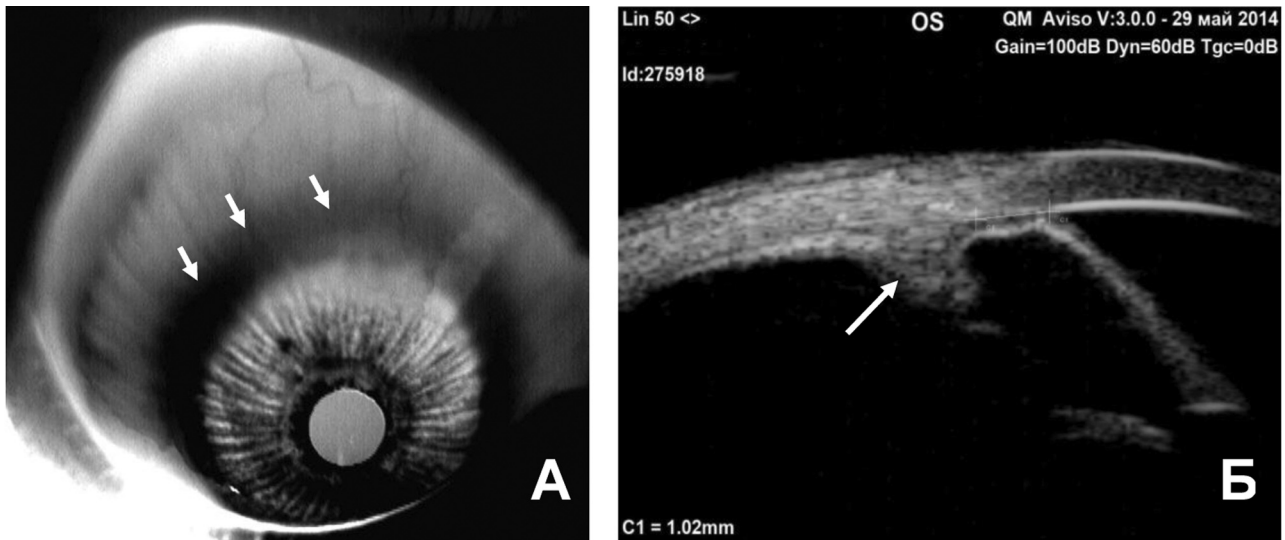


Рис. 4. А — диафаноскопическая картина глаза с терминальной неоваскулярной глаукомой, полученная с применением излучения ближнего инфракрасного диапазона. Визуализируются структуры цилиарного тела. Отростчатая часть цилиарного тела указана стрелками. Б — при ультразвуковом исследовании определяются отростки цилиарного тела (указаны стрелкой).

предварительной анестезии оптоволоконный зонд-осветитель устанавливался на роговицу или склеру. Свет фотовспышки, синхронизированной с затвором фотокамеры, через оптоволоконно транскорнеально или трансклерально проникал внутрь глаза, освещая внутриглазные структуры [9].

На наш взгляд, благодаря применению инфракрасного освещения просвечивание глазного яблока можно производить не только через склеру, но даже через веко пациента, что имеет ряд преимуществ [10]. Исследование становится более комфортным и безопасным для больного. Поскольку в исследовании применяется транспальпебральный способ просвечивания глазного яблока, предложенная методика не требует местной анестезии. Таким образом исключается возможность развития аллергических реакций на местные анестетики. Отсутствие контакта осветителя со склерой и роговицей позволяет исключить инфекционные осложнения и травматизацию этих глазных структур. В нашем исследовании диагностику удалось выполнить быстро, комфортно и безопасно у всех пациентов.

Применение в качестве источника инфракрасного сигнала светодиода с определенной длиной волны упрощает систему подсветки глазного яблока. Отсутствует необходимость использования оптического волокна для подводки излучения к глазу. Светодиодный осветитель представляет собой компактное беспроводное устройство, не требующее дополнительного оснащения фильтрами инфракрасного спектра. Для более качественной визуализации внутриглазных структур можно использовать инфракрасные светодиоды различной длины волны (810, 940 нм). При использовании

подсветки глазного яблока светодиодным излучением ближнего инфракрасного спектра отсутствует слепящее раздражающее действие яркого видимого света, что положительно отличает предложенный метод от описанных выше методик, в которых для подсветки применялись источники излучения видимого спектрального диапазона.

Безопасность и простота исследования позволяют проводить фотографирование и видеосъемку диафаноскопических картин в режиме реального времени при каждом повторном визите больного. Это, в свою очередь, дает возможность наблюдать за динамикой процесса и оценивать результаты проведенного лечения.

Диафаноскопия в инфракрасных лучах позволяет визуализировать структуры цилиарного тела, например, правильно определить расположение и размеры отростчатой части цилиарного тела. У больных с терминальной глаукомой технику инфракрасной диафаноскопии можно использовать интраоперационно для точного расположения лазерного наконечника при проведении трансклеральной лазерной деструкции цилиарного тела, в отличие от ультразвукового метода визуализации, который из-за отсутствия четких ориентиров не позволяет определить проекцию внутриглазных структур на склере. Инфракрасная диафаноскопия дает возможность визуализировать тень внутриглазного новообразования и определить его проекцию на склере. Поэтому инфракрасную диафаноскопию можно также применять для точного расположения лазерного зонда при проведении трансклеральной лазерной деструкции внутриглазных новообразований или при проведении трансклеральной тер-

мотерапии. Кроме того, можно повысить точность установки радиоактивного аппликатора при проведении эписклеральной брахитерапии у больных с внутриглазными новообразованиями, предварительно определив проекцию новообразования на склере методом инфракрасной диафаноскопии.

Заключение. Инфракрасная диафаноскопия с транспальпебральным освещением позволяет получить изображение цилиарного тела и точно оценить проекцию его структур на склере. Инфракрасная

диафаноскопия может использоваться для визуализации цилиарного тела у больных терминальной глаукомой перед проведением транссклеральной лазерной циклодеструкции. Инфракрасная диафаноскопия позволяет визуализировать внутриглазное новообразование, определить его проекцию на склере и точно оценить локализацию очага новообразования по отношению к цилиарному телу, что важно как в диагностических целях, так и при деструкции опухоли в ходе лечения.

Литература

1. Головин С. С. О методе ретробульбарного просвечивания глаза при операциях / С. С. Головин // Вестн. офтальмол. — 1910. — Т. 27. — № 11. — С. 863–869.
2. Шилиев В. Г. Материалы I Всероссийского съезда офтальмологов / В. Г. Шилиев, Я. М. Варановский // — М. — 1963. — С. 386.
3. Thomson E. S. The Sachs lamp for transillumination of the eye / E. S. Thomson // Trans. Am. Ophthalmol. Soc. — 1905. — Vol. 10. — P. 456–460.
4. Chan E. C. Digital camera system to perform infrared photography of iris transillumination / E. C. Chan, D. K. Roberts, D. D. Loconte [et al.] // Journal of Glaucoma. — 2002. — Vol. 11(5) — P. 426–428.
5. Saari J. M. Digital infrared transillumination imaging of iris / J. M. Saari, K. Nummelin // J. Ophthalmic. Photogr. — 2005. — Vol. 27(1). — P. 20–24.
6. Saari J. M. Infrared transillumination imaging and fluorescein angiography of iris nevus and melanoma / J. M. Saari, T. Kivelä, P. Summanen [et al.] // J. Ophthalmic. Photogr. — 2007. — Vol. 29(1). — P. 17–20.
7. Lichter P. R. Transillumination photography of the eye / P. R. Lichter // Am. J. Ophthalmol. — 1972. — Vol. 73. — P. 927–931.
8. Krohn J. Transillumination for accurate placement of radioactive plaques in brachytherapy of choroidal melanoma / J. Krohn, J. H. Seland, O. R. Monge // Am. J. Ophthalmol. — 2001. — Vol. 132. — P. 418–419.
9. Krohn J. Near-infrared transillumination photography of intraocular tumours / J. Krohn, E. Ulltang, B. Kjersem // Br. J. Ophthalmol. — 2013. — Vol. 97. — P. 1244–1246.
10. Pasychnikova N. V. Digital imaging of the fundus with long-wave illumination / N. V. Pasychnikova, V. A. Naumenko, A. R. Korol, O. S. Zadorozhny // Acta ophth. Polonica — 2009. — № 1–3. — P. 18–20.

Поступила 12.11.2014

References

1. Golovin SS. On the method of the retrobulbar eye translucence during operations. Vestn Oftalmol. 1910;27(11):863–9. In Russian.
2. Shiliaiev VG, Varanovskii YaM. Proceedings of the I All Russian Congress of Ophthalmologists. M.; 1963. 386. In Russian.
3. Thomson E S. The Sachs lamp for transillumination of the eye. Trans. Am. Ophthalmol. Soc. 1905;10:456–60.
4. Chan EC, Roberts DK, Loconte DD et al. Digital camera system to perform infrared photography of iris transillumination. Journal of Glaucoma. 2002;11(5):426–8.
5. Saari JM, Nummelin K. Digital infrared transillumination imaging of iris. J. Ophthalmic. Photogr. 2005;27(1):20–4.
6. Saari J M, Kivelä T, Summanen P et al. Infrared transillumination imaging and fluorescein angiography of iris nevus and melanoma. J. Ophthalmic. Photogr. 2007;29(1):17–20.
7. Lichter PR. Transillumination photography of the eye. Am. J. Ophthalmol. 1972;73:927–31.
8. Krohn J, Seland JH, Monge OR. Transillumination for accurate placement of radioactive plaques in brachytherapy of choroidal melanoma. Am. J. Ophthalmol. 2001;132:418–9.
9. Krohn J, Ulltang E, Kjersem B. Near-infrared transillumination photography of intraocular tumours. Br. J. Ophthalmol. 2013;97:1244–6.
10. Pasychnikova N V, Naumenko VA, Korol AR, Zadorozhny OS. Digital imaging of the fundus with long-wave illumination. Acta ophth. Polonica — 2009;1–3:18–20.

Received 12.11.2014