

ХОРИОИДАЛЬНЫЕ КАВЕРНЫ ПРИ ПАХИХОРИОИДАЛЬНОЙ НЕОВАСКУЛОПАТИИ

РЕЗЮМЕ

Педанова Е.К.

ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России (127486, г. Москва, Бескудниковский бульвар, 59А, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Педанова Елена Константиновна,
e-mail: elenamntk@mail.ru

Обоснование. В настоящее время в патогенезе заболеваний сетчатки большая роль отводится состоянию сосудистой оболочки. Недавно выявленная находка оптической когерентной томографии (ОКТ) – хориоидальная каверна – описана при некоторых формах ретинальной патологии. В литературе имеются лишь единичные работы изучения хориоидальных каверн при пахихориоидальной неоваскулопатии.

Цель исследования. Провести детальный анализ данных строения сосудистой оболочки на ОКТ-сканах пациентов с пахихориоидальной неоваскулопатией и выявить частоту идентификации хориоидальных каверн.

Материал и методы. Ретроспективно проанализированы данные 30 пациентов (30 глаз) в возрасте $64,4 \pm 5,6$ года с пахихориоидальной неоваскуляризацией. Пациентам проводилась спектральная ОКТ и ОКТ-ангиография (ОКТА) на приборе Spectralis (Heidelberg Engineering, Германия). Применялся протокол «Posterior Pole», состоящий из 61 скана. Для оценки строения хориоидеи использовался модуль улучшенной глубины изображения (EDI, enhanced depth imaging). ОКТ-ангиография проводилась с площадью сканирования 6×6 мм. Данные методов сопоставлялись для выявления хориоидальных каверн.

Результаты. На ОКТ и ОКТА субретинальная неоваскуляризация выявлена в виде плоской отслойки пигментного эпителия и визуализацией кровотока в виде петель (21 глаз) или веера (9 глаз). На сканах ОКТ-EDI в сосудистой оболочке имелось её диффузное или локальное утолщение с увеличением сосудов слоя Галлера и истончением хориокапилляров. Хориоидальные каверны выглядели на ОКТ и анфас-ОКТ как области с низкой оптической плотностью круглой или неправильной формы, расположенные в разных слоях хориоидеи, не имеющие гиперрефлективных границ. Типичный признак – хвост гипертрансмиссии после каверны. Хориоидальные каверны обнаружены на 4 из 30 глаз (13,3 %) и располагались как вблизи неоваскуляризации, так и за её пределами.

Заключение. Распространённость хориоидальных каверн, нового хориоидального биомаркера, при пахихориоидальной неоваскулопатии составила 13,3 %. Выявление данных изменений возможно при использовании современных диагностических методик, позволяющих визуализировать состояние сосудистой оболочки. Прогностическая значимость хориоидальных каверн требует дальнейшего изучения.

Ключевые слова: хориоидальные каверны, пахихориоидальная неоваскулопатия, ОКТ-ангиография, хориоидальный биомаркер

Статья получена: 31.08.2021

Статья принята: 09.11.2021

Статья опубликована: 28.12.2021

Для цитирования: Педанова Е.К. Хориоидальные каверны при пахихориоидальной неоваскулопатии. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-1): 237-243. doi: 10.29413/ABS.2021-6.6-1.27

CHOROIDAL CAVERNS IN PACHYCHOROID NEOVASCULOPATHY

Pedanova E.K.

S. Fyodorov Eye Microsurgery
Federal State Institution
(Beskudnikovsky blvd 59a, Moscow
127486, Russian Federation)

Corresponding author:
Elena K. Pedanova,
e-mail: elenamntk@mail.ru

ABSTRACT

Background. Choroid plays an important role in the pathogenesis of retinal pathology. Choroidal cavern, a recently identified finding of optical coherent tomography (OCT), has been described in some degenerative and atrophic forms of retinal pathology. In the literature, there are only a few studies of choroidal caverns in pachychoroid neovascularopathy, newly described form of age related macular degeneration.

The aim: to perform a detailed analysis of choroidal structure on OCT scans of patients with pachychoroid neovascularopathy and to reveal the frequency of choroidal caverns identification.

Material and methods. The data of 30 patients (30 eyes) aged 64.4 ± 5.6 years with pachychoroid neovascularization were retrospectively analyzed. The patients underwent spectral OCT and OCT-angiography (OCTA) using a Spectralis device (Heidelberg Engineering, Germany). The protocol was "Posterior Pole", consisting of 61 scans. To assess the structure of the choroid, an enhanced image depth (EDI) module was used. OCT angiography was performed with a scan area of 6×6 mm. These methods were compared to identify choroidal caverns.

Results. On OCT subretinal type 1 neovascularization was revealed as a flat detachment of the pigment epithelium and visualization of blood flow on OCTA in the lesion as angled vessels (21 eyes) or a seafan (9 eyes). On OCT-EDI scans, there was diffuse or local choroidal thickening of choroid with an increase in the vessels of the Haller's layer and thinning of the choriocapillaries. Choroidal caverns appeared on OCT and en-face OCT as areas with low optical density, round or irregular, located in different layers of the choroid, without hyperreflective boundaries. A typical sign of choroidal cavern is the tail of hypertransmission after the cavern toward the sclera. Choroidal caverns were found in 4 of 30 eyes (13.3 %) and were located both near the choroidal neovascularization lesion and beyond this area.

Conclusion. The prevalence of choroidal cavities, a new choroidal biomarker, in pachychoroid neovascularopathy was 13.3 %. Identification of these changes is possible with the use of modern diagnostic techniques (OCT-EDI, OCTA and en-face OCT) that allow visualization the state of the choroid. The prognostic significance of choroidal cavities requires further study.

Key words: choroidal caverns, pachychoroid neovascularopathy, OCT angiography, choroidal biomarker

Received: 31.08.2021
Accepted: 09.11.2021
Published: 28.12.2021

For citation: Pedanova E.K. Choroidal caverns in pachychoroid neovascularopathy. *Acta biomedica scientifica*. 2021; 6(6-1): 237-243. doi: 10.29413/ABS.2021-6-6-1.27

ОБОСНОВАНИЕ

В настоящее время в патогенезе заболеваний сетчатки большая роль отводится состоянию сосудистой оболочки. Так, при атрофической и неоваскулярной возрастной макулярной дегенерации (ВМД) происходит её выраженное и прогрессивное истончение, преимущественно за счёт потери хориокапилляров [1–3]. При пахихориоидальных состояниях, например центральной серозной хориоретинопатии, полипозной хориоидальной васкулопатии, фокальной хориоидальной экскавации, отмечается гиперпроницаемость сосудистой оболочки и изменение её структуры: утолщение слоя сосудов Галлера и истончение хориокапилляров [4–6].

Возможность изучения хориоидеи появилась благодаря появлению современных методов диагностики, первым из которых была ангиография с индоцианин зелёным контрастом. Позднее широко вошла в практику оптическая когерентная томография (ОКТ), которая позволила детально визуализировать все три слоя сосудистой оболочки (слой хориокапилляров, слой средних сосудов Саттлера и слой крупных сосудов Галлера) благодаря технологиям Swept Source и Enhanced Depth Imaging (EDI), а также составлять анфас-карты слоёв сетчатки и хориоидеи [7]. Новейшей диагностической методикой является ОКТ-ангиография (ОКТА), с помощью которой возможно неинвазивно отобразить как ретинальный, так и хориоидальный кровоток.

Современные диагностические методы предоставляют качественные и количественные данные состояния сосудистой оболочки, что позволяет использовать их в качестве «хориоидальных биомаркеров» многих заболеваний сетчатки [8, 9]. В настоящее время большинство специфических биомаркеров определяются при помощи оптической когерентной томографии и используются для прогноза течения заболевания и его терапевтических исходов [10]. Относительно сосудистой оболочки, изучается значимость таких показателей, как её субфовеолярная толщина и объём, количество гиперрефлективных включений в слоях, наличие прехориоидальной расщелины, а также значения хориоидального васкулярного индекса (отношение просвета сосудов с области стромы) [11, 12].

Одним из последних представленных биомаркеров сосудистой оболочки является хориоидальная каверна – ОКТ-находка, впервые описанная в 2016 г. G. Querques et al. у пациентов с географической атрофией на фоне ВМД. Каверна представляет собой гипорефлективную полость круглой или неправильной формы, не имеющую гиперрефлективных границ и расположенную в любом из слоёв сосудистой оболочки [13]. Ещё одним важным методом, позволяющим хорошо визуализировать каверны в виде нерелективных областей, является ОКТ в режиме анфас, плоскостная реконструкция сетчатки, которая формируется по результатам ОКТ-ангиографии [14].

Позже каверны были найдены при вителлиформной дистрофии и хориоидальной остеоме [15, 16], и было высказано предположение, что они могут быть маркерами дегенеративного процесса.

Пахихориоидальная неоваскулопатия (ПНВ) – недавно выделенный тип макулярной неоваскуляризации, кото-

рая относится как к возрастной макулярной дегенерации, так и к группе пахихориоидальных состояний (ПС) [17]. Выделение ПНВ в отдельную группу обусловлено генотипическими различиями, разными уровнями VEGF-A во внутриглазной жидкости и, соответственно, разным ответом на антиангиогенную терапию по сравнению с типичной ВМД [18–20]. ПНВ представляет собой неоваскуляризацию 1-го типа, расположенную под ретинальным пигментным эпителием (РПЭ) с сопутствующими признаками, характерными для всех ПС: утолщением хориоидеи, расширением сосудов слоя Галлера и истончением хориокапилляров [21]. В 2018 г. Y. Sakurada et al. выявили хориоидальные каверны у 11 из 21 пациента с различными ПС, среди которых было всего 3 пациента с ПНВ [22]. В литературе также имеются описания лишь двух единичных клинических случаев обнаружения каверн при пахисостояниях: при ПНВ и фокальной хориоидальной экскавации [23, 24].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести детальный анализ данных строения сосудистой оболочки на ОКТ-сканах пациентов с пахихориоидальной неоваскулопатией и выявить частоту идентификации хориоидальных каверн.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе ретроспективного исследования проанализированы данные 30 пациентов (30 глаз), проходивших офтальмологическую диагностику на базе отделения лазерной хирургии сетчатки ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России (Москва) с января по июль 2021 г. Среди пациентов было 18 женщин и 12 мужчин в возрасте $64,4 \pm 5,6$ года. Критериями включения в исследование было наличие пахихориоидальной неоваскуляризации, подтверждённой данными ОКТ и ОКТА: плоская неоваскулярная отслойка пигментного эпителия с содержимым средней оптической плоскости, расположенной под РПЭ, и сопутствующее диффузное или локальное изменение структуры сосудистой оболочки в виде её утолщения за счёт расширенных сосудов слоя Галлера и истончением или полным исчезновением слоя хориокапилляров. Критериями исключения являлась сопутствующая глазная патология, приводящая к снижению прозрачности оптических сред, которая препятствовала чёткой визуализации структур глазного дна.

Всем пациентам проводилась спектральная ОКТ и ОКТ-ангиография на приборе Spectralis (Heidelberg Engineering, Германия). Во время проведения оптической когерентной томографии сканировалась центральная область сетчатки площадью 30×25 градусов. Применялся протокол «Posterior Pole», состоящий из 61 скана. Для оценки строения хориоидеи использовался модуль улучшенной глубины изображения (EDI), при котором пик чувствительности прибора смещён в сторону склеры, что снижает рассеяние света от РПЭ, позволяя визуализировать структуры сосудистой оболочки. ОКТ-ангиография проводилась в макулярной об-

ласти с площадью сканирования 6×6 мм. Для подтверждения наличия неоваскуляризации 1-го типа анализировался кровоток на уровне хориокапилляров под РПЭ. Также для дальнейшего анализа использовались анфас-снимки сосудистой оболочки, для чего использовалась автоматическая сегментация изображения на уровне хориоидеи.

У всех пациентов последовательно просматривались все сканы (61 шт.) ОКТ и анфас-снимки сосудистой оболочки с прицельным анализом, направленным на выявление хориоидальных каверн. Данные структурной и анфас ОКТ после этого сопоставлялись.

Размер выборки предварительно не рассчитывался. Данные представлены в виде $M \pm \sigma$, где M – среднее значение, а σ – стандартное отклонение. Статистические методы в данной работе не применялись.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У всех 30 пациентов при проведении спектральной ОКТ была выявлена субретинальная неоваскуляризация в виде плоской отслойки пигментного эпителия с содержанием средней оптической плотности. На снимках ОКТА при сегментации данной области визуализирова-

лась сеть кровотока преимущественно в виде петлевидных сосудов (21 глаз) или в виде веера (9 глаз) (рис. 1).

На сканах структурной ОКТ в режиме EDI в сосудистой оболочке имелось либо её диффузное утолщение, либо локальное, локализованное в области субретинальной неоваскуляризации. Специфическим признаком, присущим для пахихориоидальных состояний, было наличие в этих областях увеличенных сосудов слоя Галлера, занимающих практически весь просвет сосудистой оболочки, и истончение либо полное исчезновение слоя хориокапилляров (рис. 2).

Согласно дизайну исследования, у всех пациентов просматривались данные структурной ОКТ (61 скан) и анфас-снимки ОКТ на уровне сосудов оболочки для выявления хориоидальных каверн.

На структурной ОКТ эти образования выглядели как области с очень низкой оптической плотностью круглой или неправильной формы, расположенные в слоях сосудов Галлера или Саттлера. Они не имели гиперрефлективных границ, типичных для сосудов хориоидеи. Типичным признаком являлось наличие так называемого хвоста гипертрансмиссии после каверны, участка повышенной трансмиссии излучения, направленной в сторону склеры (рис. 3).

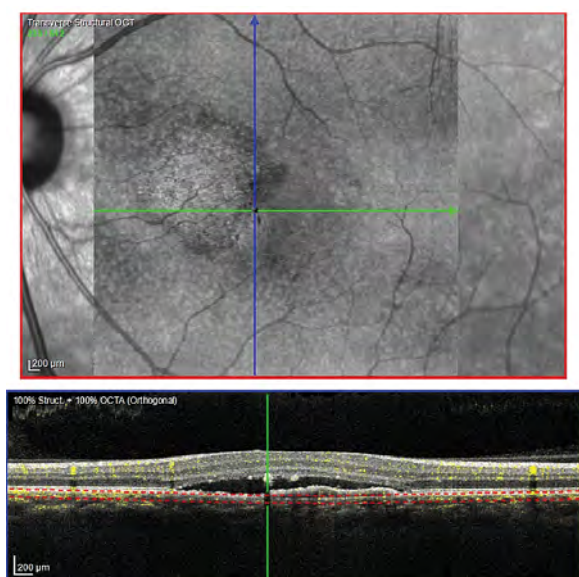


РИС. 1.
ОКТ-ангиография. Неоваскуляризация 1-го типа под пигментным эпителием в виде веера

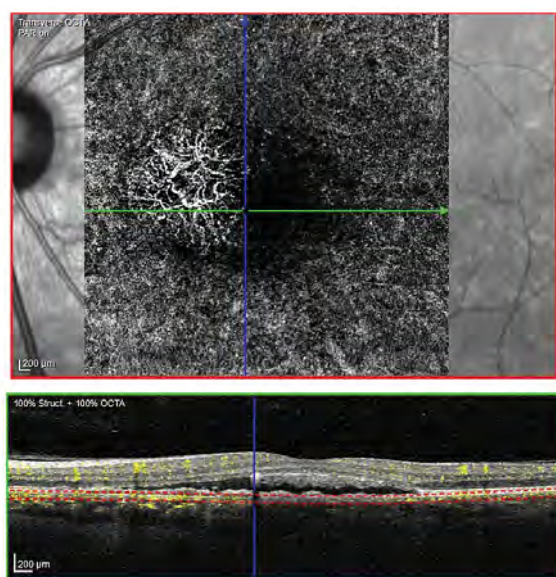


FIG. 1.
OCT angiography. Type 1 CNV under retinal pigment epithelium

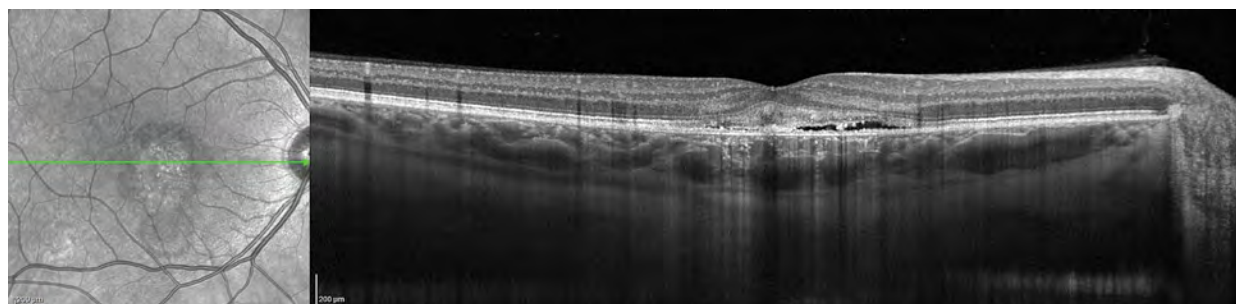


РИС. 2.
ОКТ в режиме EDI. Расширение сосудов слоя Галлера

FIG. 2.
OCT-EDI. Dilated Haller vessels

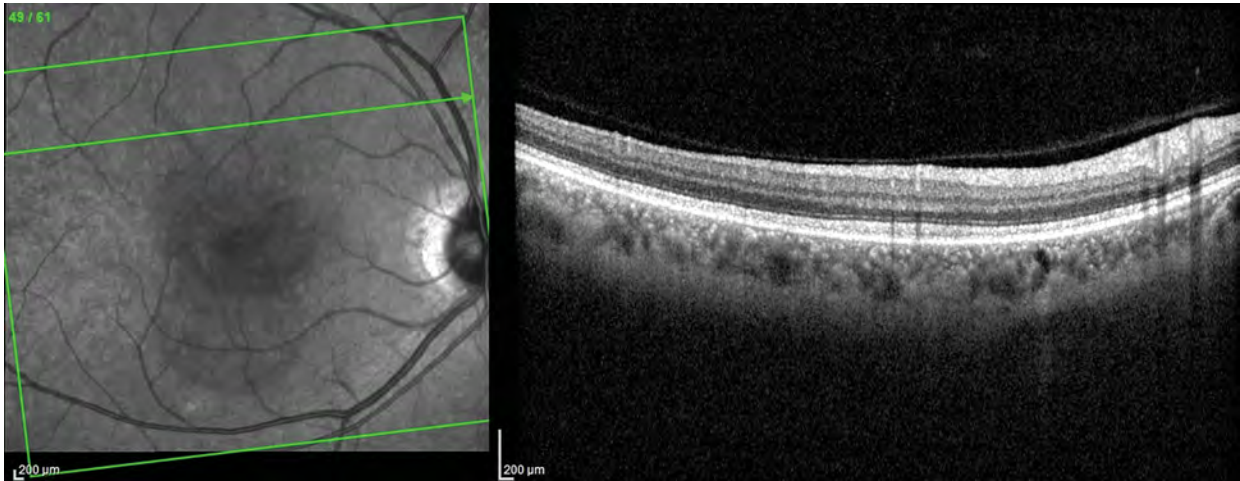


РИС. 3.
ОКТ в режиме EDI. Хориоидальная каверна в виде овального гипорефлективного очага

FIG 3.
OCT-EDI. Choroidal cavern as oval hyporeflective lesion

На снимках анфас-ОКТ каверны выглядели в виде небольших тёмных гипорефлективных участков округлой формы на уровне сосудистой оболочки (рис. 4).

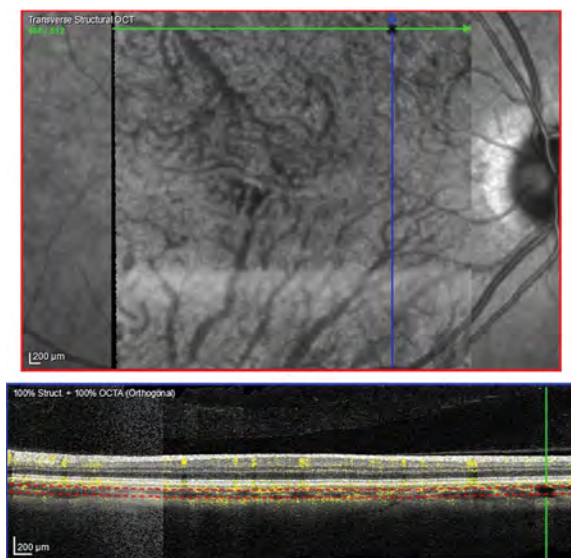


РИС. 4.
Анфас-ОКТ. Хориоидальная каверна в виде овального гипорефлективного очага

FIG. 4.
En-face OCT. Choroidal cavern as oval hyporeflective lesion

Для исключения влияния проекционных артефактов проводилось сопоставление данных структурной и анфас-ОКТ. В ряде случаев гипорефлективность на анфас-снимках была вызвана поглощением оптического сигнала скоплениями глыбок пигмента на уровне РПЭ, что было отчётливо видно на сканах структурной ОКТ. Такие варианты за хориоидальные каверны не принимались.

В данном исследовании каверны были обнаружены на 4 из 30 глаз, что составило 13,3 %. Они с одинаковой частотой располагались как вблизи очага неоваскуляризации, так и за её пределами. Однако зачастую каверны визуализировались вблизи пахисосудов.

ОБСУЖДЕНИЕ

Хориоидальные каверны являются одними из новейших описанных ОКТ-биомаркеров сосудистой оболочки. Первые описания каверн были даны у пациентов с географической атрофией на фоне возрастной макулярной дегенерации, а также при врождённой патологии, такой как вителлиформная дистрофия и хориоидальная остеомма [15, 16]. Авторами было высказано предположение, что каверны могут служить маркерами дегенеративного процесса. Пока нет достаточных данных, на основании которых можно доказать природу их возникновения. Но ряд работ показывает, что в просвете каверн отсутствует кровоток. Так, Y. Sakurada et al. не выявили наличие индоцианин зелёного красителя в полости каверн при проведении ангиографии с контрастом [22]. R. Dolz-Marco et al. не обнаружили наличие кровотока в этих участках при проведении ОКТ-ангиографии. Таким образом, данные полости могут быть просветами запустевших хориоидальных сосудов и свидетельствовать об изменении структуры и дегенерации сосудистой оболочки. Сопоставление данных ОКТ и ОКТ-ангиографии с гистологическими результатами тканей донорских глаз с ВМД также позволяет предположить, что просвет каверн может быть заполнен содержимым, богатым липидами [14].

Интересно, что каверны были обнаружены не только у пациентов с истончением сосудистой оболочки на фоне дегенеративных и дистрофических процессов, но и у пациентов с пахихориоидальными состояниями, зачастую сопровождающимися утолщением хориоидеи [23, 24]. В работе Y. Sakurada et al. такие изменения встречались достаточно часто – в 52 % случаев среди 21 пациента с ПС [22]. Однако преимущественно это были пациенты с центральной серозной хориоретинопатией. Оценить распространённость каверн на основании анализа данных лишь трёх пациентов с ПНВ было сложно.

В настоящей работе встречаемость хориоидальных каверн составила меньший процент, 4 случая из 30 глаз. Ограничением работы является небольшое число анализируемых данных и ретроспективный дизайн исследова-

ния. Также пока нет данных о прогностической ценности этого хориоидального маркера, его влияния на течение заболевания и результатов лечения. Таким образом, требуются дальнейшие исследования по данным вопросам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хориоидальные каверны, недавно обнаруженный новый хориоидальный маркер при заболеваниях сетчатки, встречаются не только при атрофических и дегенеративных процессах, но и при патологии, относящейся к пахихориоидальным состояниям. Распространённость их при пахихориоидальной неоваскулопатии составила 13,3 %. Выявление данных изменений возможно при использовании современных диагностических методик, позволяющих визуализировать строение и кровотоки в сосудистой оболочке – ОКТ с функцией EDI, ОКТ-ангиографии и анфас-ОКТ. Прогностическая значимость хориоидальных каверн требует дальнейшего изучения.

Конфликт интересов

Автор данной статьи сообщает об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bird AC, Phillips RL, Hageman GS. Geographic atrophy: a histopathological assessment. *JAMA Ophthalmol.* 2014; 132(3): 338-345. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.5799
2. Coscas F, Puche N, Coscas G, Srour M, Français C, Glacet-Bernard A, et al. Comparison of macular choroidal thickness in adult onset foveomacular vitelliform dystrophy and age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014; 55(1): 64-69. doi: 10.1167/iovs.13-12931
3. Sohn EH, Khanna A, Tucker BA, Abrámov MD, Stone EM, Mullins RF. Structural and biochemical analyses of choroidal thickness in human donor eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014; 55(3): 1352-1360. doi: 10.1167/iovs.13-13754
4. Dansingani KK, Balaratnasingam C, Naysan J, Freund KB. En face imaging of pachychoroid spectrum disorders with swept-source optical coherence tomography. *Retina.* 2016; 36(3): 499-516. doi: 10.1097/IAE.0000000000000742
5. Gal-Or O, Dansingani KK, Seibrow D, Dolz-Marco R, Freund KB. Inner choroidal flow signal attenuation in pachychoroid disease: Optical coherence tomography angiography. *Retina.* 2018; 38(10): 1984-1992. doi: 10.1097/IAE.0000000000002051
6. Warrow DJ, Hoang QV, Freund KB. Pachychoroid pigment epitheliopathy. *Retina.* 2013; 33(8): 1659-1672. doi: 10.1097/IAE.0b013e3182953df4
7. Esmaeelpour M, Ansari-Shahrezaei S, Glittenberg C, Nemetz S, Kraus MF, Hornegger J, et al. Choroid, Haller's, and Sattler's layer thickness in intermediate age-related macular degeneration with and without fellow neovascular eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014; 55(8): 5074-5080. doi: 10.1167/iovs.14-14646
8. Pichi F, Aggarwal K, Neri P, Salvetti P, Lembo A, Nucci P, et al. Choroidal biomarkers. *Indian J Ophthalmol.* 2018; 66(12): 1716-1726. doi: 10.4103/ijo.IJO_893_18
9. Metrangola C, Donati S, Mazzola M, Fontanel L, Messina W, D'alterio G, et al. OCT biomarkers in neovascular age-related macular degeneration: A narrative review. *J Ophthalmol.* 2021; 2021: 9994098. doi: 10.1155/2021/9994098
10. Будзинская М.В., Фурсова А.Ж., Педанова Е.К. Специфические биомаркеры ответа на антиангиогенную терапию. *Вестник офтальмологии.* 2020; 136(2): 117-124. doi: 10.17116/oftalma2020136021117
11. Wei X, Ting DSW, Ng WY, Khandelwal N, Agrawal R, Cheung CMG. Choroidal vascularity index: A novel optical coherence tomography based parameter in patients with exudative age-related macular degeneration. *Retina.* 2017; 37(6): 1120-1125. doi: 10.1097/IAE.0000000000001312
12. Kim JM, Kang SW, Son DY, Bae K. Risk factors and clinical significance of prechoroidal cleft in neovascular age-related macular degeneration. *Retina.* 2017; 37(11): 2047-2055. doi: 10.1097/IAE.0000000000001435
13. Querques G, Costanzo E, Miere A, Capuano V, Souied EH. Choroidal caverns: A novel optical coherence tomography finding in geographic atrophy. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016; 57(6): 2578-2582. doi: 10.1167/iovs.16-19083
14. Dolz-Marco R, Glover JP, Gal-Or O, Litts KM, Messinger JD, Zhang Y, et al. Choroidal and sub-retinal pigment epithelium caverns: Multimodal imaging and correspondence with Friedman lipid globules. *Ophthalmology.* 2018; 125(8): 1287-1301. doi: 10.1016/j.opht.2018.02.036
15. Carnevali A, Sacconi S, Corbelli E, Querques L, Bandello F, Querques G. Choroidal caverns: A previously unreported optical coherence tomography finding in best vitelliform dystrophy. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2018; 49(4): 284-287. doi: 10.3928/23258160-20180329-14
16. Guerra RLL, Arantes RC, Marback EF, Shields CL. Novel OCT findings in choroidal osteoma: Brief report. *Int J Retina Vitreous.* 2021; 7(1): 46. doi: 10.1186/s40942-021-00317-5
17. Pang CE, Freund KB. Pachychoroid neovascularopathy. *Retina.* 2015; 35(1): 1-9. doi: 10.1097/IAE.0000000000000331
18. Педанова Е.К., Клепинина О.Б., Горшков И.М. Пахихориоидальная неоваскулопатия – сравнительная эффективность загрузочных доз анти-VEGF-препаратов. *Современные технологии в офтальмологии.* 2019; 1: 289-291. doi: 10.25276/2312-4911-2019-1-289-291
19. Miyake M, Ooto S, Yamashiro K, Takahashi A, Yoshikawa M, Akagi-Kurashige Y, et al. Pachychoroid neovascularopathy and age-related macular degeneration. *Sci Rep.* 2015; 5: 16204. doi: 10.1038/srep16204
20. Terao N, Koizumi H, Kojima K, Yamagishi T, Yamamoto Y, Yoshii K, et al. Distinct aqueous humour cytokine profiles of patients with pachychoroid neovascularopathy and neovascular age-related macular degeneration. *Sci Rep.* 2018; 8(1): 10520. doi: 10.1038/s41598-018-28484-w
21. Cheung CMG, Lee WK, Koizumi H, Dansingani K, Lai TYY, Freund KB. Pachychoroid disease. *Eye (Lond).* 2019; 33(1): 14-33. doi: 10.1038/s41433-018-0158-4
22. Sakurada Y, Leong BC, Parikh R, Fragiotta S, Freund KB. Association between choroidal caverns and choroidal vascular hyperpermeability in eyes with pachychoroid diseases. *Retina.* 2018; 38(10): 1977-1983. doi: 10.1097/IAE.0000000000002294
23. Ayachit A, Joshi S, Kathyayini SV, Ayachit G. Choroidal caverns in pachychoroid neovascularopathy. *Indian J Ophthalmol.* 2020; 68(1): 199-200. doi: 10.4103/ijo.IJO_395_19
24. Mishra S, Garg B, Senger D, Kumar A, Somarajan AC, Goel S, et al. Focal choroidal excavation and giant choroidal cavern

in an eye with pachychoroid. *Oman J Ophthalmol*. 2020; 13(3): 155-157. doi: 10.4103/ojo.OJO_189_2019

REFERENCES

1. Bird AC, Phillips RL, Hageman GS. Geographic atrophy: a histopathological assessment. *JAMA Ophthalmol*. 2014; 132(3): 338-345. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2013.5799
2. Coscas F, Puche N, Coscas G, Srour M, François C, Glacet-Bernard A, et al. Comparison of macular choroidal thickness in adult onset foveomacular vitelliform dystrophy and age-related macular degeneration. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 55(1): 64-69. doi: 10.1167/iov.13-12931
3. Sohn EH, Khanna A, Tucker BA, Abrámov MD, Stone EM, Mullins RF. Structural and biochemical analyses of choroidal thickness in human donor eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 55(3): 1352-1360. doi: 10.1167/iov.13-13754
4. Dansingani KK, Balaratnasingham C, Naysan J, Freund KB. En face imaging of pachychoroid spectrum disorders with swept-source optical coherence tomography. *Retina*. 2016; 36(3): 499-516. doi: 10.1097/IAE.0000000000000742
5. Gal-Or O, Dansingani KK, Sebbow D, Dolz-Marco R, Freund KB. Inner choroidal flow signal attenuation in pachychoroid disease: Optical coherence tomography angiography. *Retina*. 2018; 38(10): 1984-1992. doi: 10.1097/IAE.0000000000002051
6. Warrow DJ, Hoang QV, Freund KB. Pachychoroid pigment epitheliopathy. *Retina*. 2013; 33(8): 1659-1672. doi: 10.1097/IAE.0b013e3182953df4
7. Esmaeelpour M, Ansari-Shahrezaei S, Glittenberg C, Nemetz S, Kraus MF, Hornegger J, et al. Choroid, Haller's, and Sattler's layer thickness in intermediate age-related macular degeneration with and without fellow neovascular eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014; 55(8): 5074-5080. doi: 10.1167/iov.14-14646
8. Pichi F, Aggarwal K, Neri P, Salvetti P, Lembo A, Nucci P, et al. Choroidal biomarkers. *Indian J Ophthalmol*. 2018; 66(12): 1716-1726. doi: 10.4103/ijo.IJO_893_18
9. Metrangola C, Donati S, Mazzola M, Fontanel L, Messina W, D'alterio G, et al. OCT biomarkers in neovascular age-related macular degeneration: A narrative review. *J Ophthalmol*. 2021; 2021: 9994098. doi: 10.1155/2021/9994098
10. Budzinskaya MV, Fursova AZh, Pedanova EK. Specific biomarkers of response to antiangiogenic therapy. *The Russian Annals of Ophthalmology*. 2020; 136(2): 117-124. (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2020136021117
11. Wei X, Ting DSW, Ng WY, Khandelwal N, Agrawal R, Cheung CMG. Choroidal vascularity index: A novel optical coherence tomography based parameter in patients with exudative age-related macular degeneration. *Retina*. 2017; 37(6): 1120-1125. doi: 10.1097/IAE.0000000000001312
12. Kim JM, Kang SW, Son DY, Bae K. Risk factors and clinical significance of prechoroidal cleft in neovascular age-related macular degeneration. *Retina*. 2017; 37(11): 2047-2055. doi: 10.1097/IAE.0000000000001435
13. Querques G, Costanzo E, Miere A, Capuano V, Souied EH. Choroidal caverns: A novel optical coherence tomography finding in geographic atrophy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016; 57(6): 2578-2582. doi: 10.1167/iov.16-19083
14. Dolz-Marco R, Glover JP, Gal-Or O, Litts KM, Messinger JD, Zhang Y, et al. Choroidal and sub-retinal pigment epithelium caverns: Multimodal imaging and correspondence with Friedman lipid globules. *Ophthalmology*. 2018; 125(8): 1287-1301. doi: 10.1016/j.optha.2018.02.036
15. Carnevali A, Sacconi S, Corbelli E, Querques L, Bandello F, Querques G. Choroidal caverns: A previously unreported optical coherence tomography finding in best vitelliform dystrophy. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2018; 49(4): 284-287. doi: 10.3928/23258160-20180329-14
16. Guerra RLL, Arantes RC, Marback EF, Shields CL. Novel OCT findings in choroidal osteoma: Brief report. *Int J Retina Vitreous*. 2021; 7(1): 46. doi: 10.1186/s40942-021-00317-5
17. Pang CE, Freund KB. Pachychoroid neovascularopathy. *Retina*. 2015; 35(1): 1-9. doi: 10.1097/IAE.0000000000000331
18. Pedanova EK, Klepinina OB, Gorshkov IM. Pachychoroid neovascularopathy – comparative efficacy of anti-VEGF drugs loading doses. *Modern Technologies in Ophthalmology*. 2019; 1: 289-291. (In Russ.). doi: 10.25276/2312-4911-2019-1-289-291
19. Miyake M, Ooto S, Yamashiro K, Takahashi A, Yoshikawa M, Akagi-Kurashige Y, et al. Pachychoroid neovascularopathy and age-related macular degeneration. *Sci Rep*. 2015; 5: 16204. doi: 10.1038/srep16204
20. Terao N, Koizumi H, Kojima K, Yamagishi T, Yamamoto Y, Yoshii K, et al. Distinct aqueous humour cytokine profiles of patients with pachychoroid neovascularopathy and neovascular age-related macular degeneration. *Sci Rep*. 2018; 8(1): 10520. doi: 10.1038/s41598-018-28484-w
21. Cheung CMG, Lee WK, Koizumi H, Dansingani K, Lai TTY, Freund KB. Pachychoroid disease. *Eye (Lond)*. 2019; 33(1): 14-33. doi: 10.1038/s41433-018-0158-4
22. Sakurada Y, Leong BC, Parikh R, Fragiotta S, Freund KB. Association between choroidal caverns and choroidal vascular hyperpermeability in eyes with pachychoroid diseases. *Retina*. 2018; 38(10): 1977-1983. doi: 10.1097/IAE.0000000000002294
23. Ayachit A, Joshi S, Kathyayini SV, Ayachit G. Choroidal caverns in pachychoroid neovascularopathy. *Indian J Ophthalmol*. 2020; 68(1): 199-200. doi: 10.4103/ijo.IJO_395_19
24. Mishra S, Garg B, Senger D, Kumar A, Somarajan AC, Goel S, et al. Focal choroidal excavation and giant choroidal cavern in an eye with pachychoroid. *Oman J Ophthalmol*. 2020; 13(3): 155-157. doi: 10.4103/ojo.OJO_189_2019

Сведения об авторе

Педанова Елена Константиновна – кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела лазерной хирургии сетчатки, ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Фёдорова» Минздрава России, e-mail: elenamntk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5191-3385>

Information about the author

Elena K. Pedanova – Cand. Sc. (Med.), Research Officer at the Retina Laser Surgery Department, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, e-mail: elenamntk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5191-3385>

Статья опубликована в рамках Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «VIII Байкальские офтальмологические чтения «Визуализация в офтальмологии. Настоящее и будущее».