

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV105176>

Обзорная статья

Применение оптической когерентной томографии-ангиографии у пациентов с хиазмальной компрессией (обзор литературы)



Н.А. Гаврилова, А.В. Кузьмина

Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, Москва, Россия

Оптическая когерентная томография (ОКТ) на сегодняшний день — ведущий метод для наблюдения и оценки микроструктурных изменений сетчатки *in vivo*. В последние годы этот вид исследования стали применять в клинической практике для наблюдения за прогрессированием компрессионной оптической нейропатии у пациентов с новообразованиями в хиазмально-селлярной области. Полученные результаты открыли новые возможности для изучения патогенеза развития компрессионной оптической нейропатии у пациентов данной группы. Появление разработанной на базе оптической когерентной томографии ОКТ-ангиографии позволило изучить изменение кровотока радиальной перипапиллярной капиллярной сети, поверхностного и глубокого капиллярных сплетений, что открывает множество возможностей для дальнейшего исследования патогенеза развития зрительных нарушений у данной группы пациентов, прогноза развития заболевания и выбора оптимальных сроков лечения. В литературном обзоре представлены и проанализированы имеющиеся на сегодняшний день результаты применения ОКТ-ангиографии у пациентов с хиазмальной компрессией.

Ключевые слова: оптическая когерентная томография; ОКТ; ОКТ-ангиография; ОКТА; аденома гипофиза; компрессия хиазмально-селлярной области; диагностика.

Как цитировать:

Гаврилова Н.А., Кузьмина А.В. Применение оптической когерентной томографии-ангиографии у пациентов с хиазмальной компрессией (обзор литературы) // Офтальмологические ведомости. 2022. Т. 15. № 1. С. 57–68. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV105176>

DOI: <https://doi.org/10.17816/OV105176>

Review Article

The use of optical coherence tomography angiography in patients with chiasmal compression (literature review)

Natalia A. Gavrilova, Anastasiia V. Kuzmina

A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

Optical coherence tomography (OCT) is currently the leading method for the observation and evaluation of microstructural changes in the retina *in vivo*. In recent years, OCT has been used in clinical practice to monitor the progression of compressive optic neuropathy in patients with chiasmal-sellar region neoplasms. The results obtained in the course of the studies opened up new opportunities for studying the pathogenesis of the development of compressive optic neuropathy in patients of this group. The advent of OCT-angiography (OCTA), developed on the basis of OCT, made it possible to study changes in the blood flow of the radial peripapillary capillary network, superficial and deep capillary plexuses, which opens up many opportunities for further research into the pathogenesis of visual impairment in this group of patients, prognosis of the development of the disease, and selection optimal terms of treatment. The literature review presents and analyzes the currently available results of the use of OCTA in patients with chiasmal compression.

Keywords: optical coherence tomography; OCT; OCT-angiography; OCTA; pituitary adenoma; compression of the chiasm-sellar region; diagnostics.

To cite this article:

Gavrilova NA, Kuzmina AV. The use of optical coherence tomography angiography in patients with chiasmal compression (literature review). *Ophthalmology Journal*. 2022;15(1):57-68. DOI: <https://doi.org/10.17816/OV105176>

Received: 19.01.2022

Accepted: 22.02.2022

Published: 30.03.2022

Нарушение зрительных функций — наиболее частый симптом опухолей, поражающих хиазмально-селлярную область (ХСО). При росте опухоль сдавливает аксоны комплекса ганглиозных клеток (КГК, англ. ganglion cell complex — GCC) сетчатки, что приводит к развитию дефектов полей зрения и снижению остроты зрения. Декомпрессия зрительных нервов остаётся единственным эффективным способом хирургического лечения пациентов с образованиями в ХСО. Своевременно проведённое хирургическое лечение позволяет сохранить зрительные функции [1–3]. В настоящее время отмечается тенденция динамического наблюдения (англ. «wait-and-see») за пациентами с бессимптомными, случайно обнаруженными небольшими опухолевыми образованиями, возникшими в ХСО. Показанием для изменения терапевтической стратегии является возникновение зрительных нарушений — появление дефектов полей зрения [4, 5]. Однако последние исследования показывают, что стандартные результаты статической автоматической периметрии не всегда достаточно информативны для определения показаний к оперативному лечению [6–8], что привело к поиску новых способов диагностики и определению новых критериев. Оптическая когерентная томография (ОКТ) — одно из значимых достижений среди методов офтальмологической визуализации. Разработанная на её базе ОКТ-ангиография (ОКТА) позволяет получать более чёткие и детализированные изображения микроциркуляторного русла сетчатки и сосудистой оболочки глаза. ОКТА позволяет визуализировать радиальную перипапиллярную капиллярную сеть, поверхностное и глубокое капиллярные сплетения, что открывает множество возможностей для описания и количественного определения изменений сосудистого кровотока, исследования патогенеза, разработки и оценки новых методов лечения. Использование ОКТА, как новый метод визуализации сосудистых структур сетчатки и перипапиллярной области, позволило диагностировать микрососудистые изменения при различных оптических нейропатиях (глаукома [9, 10], неартериальная передняя ишемическая оптическая нейропатия (англ. non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy — NAION) [11, 12] и оптикомиелит-ассоциированные расстройства (англ. neuromyelitis optica spectrum disorder — NMOSD) [13, 14]. В исследованиях, проведённых рядом авторов, сообщалось о значительной корреляции между микрососудистыми изменениями и зрительными функциями, такими как острота зрения и поле зрения [12, 13, 15]. Известно, что повреждение аксонов КГК сетчатки вызывает изменения толщины слоя нервных волокон сетчатки у пациентов с компрессией хиазмы [16, 17]. Эти изменения происходят из-за ретроградной транссинаптической дегенерации (англ. retrograde transneuronal degeneration¹),

которая приводит к потере ганглиозных клеток сетчатки, что было подтверждено экспериментами на животных [18]. Повреждение аксонов ганглиозных клеток может привести к ретроградной транссинаптической дегенерации и снижению метаболических потребностей в передней части зрительного нерва, что впоследствии приведёт к изменениям в сосудистых структурах сетчатки и перипапиллярных областях [19].

Изменения показателей ОКТА у пациентов с хиазмальной компрессией

На сегодняшний день известно, что показатели снижения толщины слоя нервных волокон сетчатки в перипапиллярной области (пСНВС, англ. peripapillary retinal nerve fiber layer — pRNFL) и толщины КГК сетчатки, обнаруженные с помощью ОКТ, коррелируют с дефектами полей зрения [20–23] и показателями ОКТА у пациентов с образованиями в ХСО. К.Н. Kim и U.S. Kim [24] и J.J. Chen и соавт. [25] сообщили, что снижение показателей толщины пСНВС достоверно коррелирует со снижением показателей плотности сосудов глубокого капиллярного сплетения сетчатки в тех же областях. Т. Higashiyama и соавт. [26] так же было выявлено, что у пациентов с ХСО и наличием дефектов поля зрения по результатам проведённого периметрического исследования показатели перфузии сетчатки в перипапиллярной области снижены в областях, соответствующих дефектам полей зрения.

Более детально изменения сосудистого кровотока у пациентов с образованиями ХСО изучили G.I. Lee и соавт. [27]. В группе таких пациентов отмечалось статистически значимое снижение толщины пСНВС и КГК сетчатки во всех секторах ($p > 0,001$) по сравнению с контрольной группой. Средняя плотность сосудов поверхностного капиллярного сплетения сетчатки (ПКС, англ. superficial retinal capillary plexus — SRCP) в группе пациентов была значительно ниже, чем в контрольной, однако при сравнительном анализе по секторам достоверная разница отмечалась только в носовом квадранте ($p > 0,001$). Показатели средней плотности сосудов глубокого капиллярного сплетения сетчатки (ГКС, англ. deep retinal capillary plexus — DRCP) в макулярной области между группами достоверно не отличалась. При сравнительном анализе по секторам достоверная разница отмечалась так же только в носовом квадранте. Показатели средней плотности сосудов радиального перипапиллярного капиллярного сплетения (РПС, англ. radial peripapillary capillary network — RPC), а также плотность РПС во всех четырёх квадрантах была достоверно ниже в группе пациентов, по сравнению с контрольной группой ($p > 0,001$). Авторами было выявлено наличие значительной корреляционной зависимости между толщиной пСНВС и КГК сетчатки во всех квадрантах с плотностью сосудов РПС. Кроме того, толщина пСНВС и КГК сетчатки в верхнем и носовом квадрантах продемонстрировала значительную корреляционную связь с плотностью сосудов ПКС. Была выявлена

¹ Елисеева Н.М., Серова Н.К., Еричев В.П., Панюшкина Л.А. Структурные изменения сетчатки и зрительного нерва при поражении центрального нерва зрительного пути // Вестник офтальмологии. 2017. Т. 133, № 4. С. 25–30. [Eliseeva NM, Serova NK, Erichev VP, Panyushkina LA. Structural retinal and optic nerve changes in patients with post-geniculate visual pathway damage. Vestnik Oftalmologii. 2017;133(4):25-30. (In Russ.)] DOI: 10.17116/oftalma2017133425-30

также достоверная взаимосвязь между дефектами поля зрения и плотностью сосудов ПКС и ГКС в назальном квадранте и между дефектами поля зрения и плотностью сосудов РПС во всех квадрантах, кроме верхнего. Таким образом, при повреждении ганглиозных клеток, вызванном компрессией хиазмы, может снижаться их метаболическая активность и потребность в снабжении питательными веществами, что впоследствии приводит к изменениям в сосудистых структурах сетчатки в соответствующих областях.

Интересные результаты представили E.J. Lee и соавт. [28] в вопросе дифференциальной диагностики сосудистых изменений микроциркуляторного русла хориоидеи в перипапиллярной области у пациентов с компрессионной оптической нейропатией (КОН) и открытоугольной глаукомой (ПОУГ). У пациентов с КОН выпадение хориоидеи отмечалось в височном секторе в перипапиллярной области, тогда как у пациентов с ПОУГ — в нижневисочном и верхневисочном секторах. У пациентов с КОН помимо снижения плотности сосудов отмечалось значительное снижение толщины СНВС височном секторе, что не наблюдалось в группе ПОУГ. Авторы отмечают наличие корреляционной зависимости между снижением показателя плотности сосудов хориоидеи в перипапиллярной области в группе с КОН и принадлежностью к женскому полу ($p = 0,020$). На основании данного исследования авторы пришли к заключению, что полученные различия между группами пациентов с КОН и ПОУГ позволяют предположить различие в патогенезе развития микроциркуляторных нарушений в перипапиллярной области.

Полученные данные позволяют предположить, что изменения показателей ОКТА в перипапиллярной области могут быть связаны с компрессионным воздействием на хиазму и использованы в качестве прогностических факторов восстановления зрительных функций у пациентов в послеоперационном периоде. На сегодняшний день доказано, что прогноз восстановления зрительных функций зависит от длительности компрессионного воздействия на хиазму, характера и размера опухоли, возраста пациента, изменения полей зрения и остроты зрения до операции и наличия атрофии диска зрительного нерва [29, 30]. Однако ни один из вышеперечисленных факторов не может позволить хирургу определить конкретное течение послеоперационного периода. С одной стороны, исследование поля зрения позволяет установить факт компрессионного воздействия на хиазму, но с другой стороны, не позволяет количественно оценить число нефункционирующих ганглиозных клеток, которые обуславливают данные изменения.

Оценка изменений показателей ОКТА у пациентов с хиазмальной компрессией до и после проведения хирургического лечения

G. Sennato и соавт. [19] провели серию исследований, направленных на анализ показателей ОКТА у пациентов с эндосупраселлярной аденомой гипофиза,

сдавливающей хиазму. Всем пациентам было проведено хирургическое лечение — эндоскопическое эндоназальное удаление опухоли. Каждому пациенту проводили предоперационное и послеоперационное (через 48 ч и через один год) офтальмологическое обследование. Толщина КГК сетчатки и СНВС была значительно снижена по сравнению с контрольной группой в предоперационном периоде. В дооперационном периоде отмечалось снижение плотности сосудов РПС, ПКС и ГКС во всех секторах и увеличение площади фовеолярной аваскулярной зоны (ФАЗ) ($p > 0,001$) по сравнению с группой контроля. В группе пациентов дооперационные показатели плотности сосудов РПС ($r = 0,426$, $p = 0,027$), среднего отклонения светочувствительности (англ. mean deviation, MD; $r = 0,624$, $p = 0,001$) и максимально скорректированной остроты зрения ($r = 0,515$, $p = 0,006$) значимо коррелировали с послеоперационными значениями среднего отклонения светочувствительности. По результатам ОКТ через 48 ч и через один год после операции толщина КГК сетчатки значительно увеличилась по сравнению с исходным уровнем, тогда как утолщение СНВС наблюдалось только через один год. Таким образом, авторы предполагают, что параметры ОКТ выявляют структурные изменения, отражающие состояние потери нейронов, для восстановления которого требуется более длительное время. Небольшое увеличение плотности сосудов ПКС и ГКС происходило через 48 ч после операции и значительное увеличение плотности в каждом макулярном секторе только через один год после проведенного хирургического лечения. Наиболее значимое увеличение показателя плотности сосудов РПС наблюдалось уже через 48 ч и продолжало увеличиваться в течение одного года после операции, при этом площадь ФАЗ не изменилась с течением времени. Известно, что РПС происходят из перипапиллярных артериол сетчатки, находящихся вокруг диска зрительного нерва, и распространяются радиально от диска зрительного нерва, параллельно аксонам СНВС. Сосуды РПС лежат среди поверхностных нервных волокон сетчатки, обеспечивая кровью и питанием ганглиозные клетки сетчатки [31]. Как наиболее поверхностный слой капилляров, лежащий во внутренней части СНВС, сосуды РПС могут вернуться в исходное состояние благодаря эффекту механической декомпрессии, достигаемому при хирургическом вмешательстве [32]. Более того, согласно исследованию P.K. Yu и соавт. [33] существует установленная корреляция между распределением РПС и толщиной СНВС, и их функция, скорее всего, заключается в питании его внутренней части [34–36]. Множественный линейный регрессионный анализ выявил значительную взаимосвязь между повышением остроты зрения, увеличением КГК сетчатки, толщиной СНВС, плотностью сосудов ПКС, ГКС, РПС на исходном уровне и улучшением остроты зрения через один год после операции. На основании полученных результатов G. Sennato и соавт. [19] считают, что ОКТА может помочь выявить снижение

клеточных функций в более раннем периоде, ещё до появления клинических симптомов, что позволит поставить точный предоперационный диагноз. Раннее восстановление плотности сосудов РПС можно рассматривать в качестве диагностического критерия достижения оптимальной декомпрессии. В то же время ОКТА может быть полезна для определения точной перспективы функционального и анатомического восстановления функций сетчатки и зрительного нерва и, соответственно, использоваться в качестве прогностического критерия восстановления зрительных функций.

В 2021 г. G.I. Lee и соавт. [37] так же сравнили показатели ОКТА в дооперационном и послеоперационном (4–6 мес. после проведения декомпрессии) периодах. Оценивали показатели только одного глаза (у пациентов с хиазмальной компрессией — глаза с наиболее выраженным дефектом поля зрения на основе оценки показателя среднего отклонения светочувствительности, в группе добровольцев — правый глаз). Предоперационные показатели пСНВС и слоёв ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя (СГКВП, англ. ganglion cell-inner plexiform layer — GC IPL) были значительно снижены в группе пациентов, за исключением предоперационной толщины пСНВС носового квадранта. По результатам ОКТА предоперационная плотность сосудов ПКС (средние значения и во всех секторах, кроме височного) и плотность РПС (средние значения, в височном и назальном секторах) были достоверно снижены по сравнению с контрольной группой. В послеоперационном периоде отмечалось улучшение периметрических индексов ($p > 0,0001$) и остроты зрения ($p = 0,0003$). Толщина пСНВС средняя и во всех секторах и толщина слоёв ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя в верхнем квадранте значительно снизились. Плотность сосудов ПКС и ГКС средняя и во всех секторах были достоверно снижены в послеоперационном периоде у пациентов с хиазмальной компрессией. При проведении корреляционного анализа было показано, что большее снижение плотности сосудов ПКС и ГКС в послеоперационном периоде было связано с более низкой исходной плотностью сосудов ПКС и ГКС в дооперационном периоде. Также была проанализирована связь между измерениями ОКТА и зрительными функциями: чем более выражено послеоперационное снижение плотности сосудов ПКС и РПС, тем хуже показатели периметрических индексов и остроты зрения. Эти данные свидетельствуют, что парафовеальная и перипапиллярная перфузия при хиазмальной компрессии затрагивается как в дооперационном, так и в послеоперационном периоде, и что интраретинальные сосудистые изменения связаны с функциональными результатами.

I. Ben Ghezala и соавт. [38] у пациентов с компрессией ХСО исследовали показатели РПС до и после проведения декомпрессии. Показатели плотности сосудов РПС средних, в височном, верхнем и назальном секторах были значительно ниже у пациентов с хиазмальной компрессией

и атрофией зрительного нерва, чем в контрольной группе. Интересно, что плотность сосудов РПС была выше у пациентов с компрессией хиазмы без развития атрофии зрительного нерва, чем в контрольной группе. Была выявлена значительная корреляционная связь между уменьшением показателя плотности сосудов РПС и уменьшением толщины СНВС. Согласно существующей гипотезе о нейроваскулярной метаболической обратной связи между потерей нейронов и снижением сосудистой перфузии [27, 39], возможность первичного изменения сосудистого компонента при КОН считается маловероятной. Снижение плотности сосудов может быть вторичным по отношению к дегенерации сетчатки. Установлено, что компрессионное воздействие на хиазму влияет на изменение толщины слоя нервных волокон сетчатки в носовой половине, что впоследствии приводит к развитию атрофии зрительного нерва [38], связанной с уменьшением толщины СНВС и КГК сетчатки, которая функционально проявляется возникновением битемпоральной гемианопсии [40, 41]. Таким образом, потеря нейронов и аксонов может приводить к снижению метаболической активности во внутренних слоях сетчатки, что в свою очередь приводит к сужению прекапиллярных артериол [38], которое может вызвать регрессию поверхностной перипапиллярной капиллярной сети, особенно выраженную в назальном секторе, соответствующем потере аксонов. При обследовании пациентов через 6 мес. после проведения декомпрессии I. Ben Ghezala и соавт. [38] обнаружили достоверное снижение средней плотности сосудов РПС ($p = 0,004$). Авторы сделали вывод, что послеоперационный отёк диска зрительного нерва мог привести к изменению плотности сосудов, что согласуется с результатами исследований других авторов [42, 43].

Оценка прогностической значимости ОКТА у пациентов с хиазмальной компрессией

G. Wang и соавт. [44] у пациентов с компрессией хиазмы также обнаружили статистически значимое снижение плотности сосудов РПС ($p > 0,05$), что согласуется с работами G.I. Lee [27] и I. Ben Ghezala [38]. Значительное снижение плотности сосудов авторы наблюдали в верхне- и нижненазальном, а также в верхне- и нижнетемпоральном секторах ($p > 0,05$). По данным ROC-анализа (англ. receiver operator characteristic) наибольшая диагностическая значимость была обнаружена для показателей плотности сосудов РПС в верхненазальном ($AUC = 0,763$) и нижнетемпоральном ($AUC = 0,709$) секторах (англ. area under the curve — AUC). Статистически значимая корреляция была обнаружена между показателем плотности сосудов РПС и толщиной пСНВС ($p > 0,001$), преимущественно в верхненазальном секторе. Авторы также сравнили изменения показателей плотности сосудов РПС в зависимости от наличия изменений в центральном поле зрения (ЦПЗ). Плотность сосудов была значительно ниже у пациентов с наличием дефектов в ЦПЗ, чем у здоровых

лиц ($p > 0,001$) и у пациентов без значительных изменений ЦПЗ ($p > 0,05$). Предыдущие исследования показали, что существует положительная корреляционная зависимость между объёмом РПС и толщиной СНВС в здоровых глазах [35]. Таким образом, авторы делают вывод, что обнаруженная в ходе исследования корреляция между плотностью сосудов и толщиной пСНВС у пациентов с компрессией хиазмы связана со снижением потребности в питательных веществах из-за потери ганглиозных клеток и повреждения аксонов, что приводит к вторичному снижению регионарной перфузии [45, 46].

Х. Wang и соавт. [49] представили результаты проведения ОКТА у пациентов с нефункционирующей аденомой гипофиза (НАГ, англ. non-functioning pituitary adenoma — NFPA). Нефункционирующая АГ характеризуется отсутствием клинических симптомов и признаков, обусловленных гормональной дисфункцией [48, 49], что создает трудности для ранней диагностики. Нарушения зрительных функций, можно наблюдать примерно у 60 % пациентов с НАГ [50]. В проведённом исследовании у большинства пациентов (46,1 %) какие-либо симптомы отсутствовали, у 22,4 % были выявлены зрительные нарушения, в 19,7 % случаев пациенты отмечали появление головной боли. По данным ОКТ показатели толщины КГК сетчатки были значительно снижены в группе с НАГ (все $p \leq 0,05$) во всех секторах. Толщина пСНВС была так же снижена (все $p < 0,03$) во всех секторах, кроме верхне- и нижненазального и верхнетемпорального. Как и в исследовании G. Sennato и соавт. [19], так же отмечалось увеличение площади и периметра ФАЗ у пациентов с НАГ по сравнению с контрольной группой. Известно, что на гистологическом уровне граница ФАЗ представляет собой однослойную капиллярную аркаду, расположенную в слое ганглиозных клеток сетчатки. Данная область, как показали исследования, чувствительна к проявлениям ишемии и снижению снабжения кислородом [51, 52]. В работах, посвящённых изучению изменений ФАЗ при диабетической ретинопатии, была показана широкая вариабельность нормальных значений данного показателя [53, 54]. Однако многие исследователи считают важным определение изменений площади ФАЗ для оценки прогрессирования течения заболевания [54, 55], что также делает перспективным изучение данного показателя и у пациентов с компрессией ХСО в динамике. По результатам ОКТА Х. Wang и соавт. [47] не было обнаружено статистически значимых отклонений показателей плотности сосудов ПКС, однако отмечалось увеличение плотности сосудов ГКС в парафовеолярной области, за исключением височного сектора, и уменьшение плотности сосудов РПС. Увеличение плотности сосудов ГКС, по мнению авторов, является компенсаторным в связи со снижением плотности сосудов РПС, так как ганглиозные клетки сетчатки очень чувствительны к явлениям ишемии, а региональная сосудистая сеть — это важный источник метаболитов для высокоэнергетических процессов, происходящих в ганглиозных клетках. По результатам проведённого регрессионного анализа была выявлена прямая

зависимость между плотностью сосудов РПС в перипапиллярной области и показателями среднего отклонения светочувствительности, пСНВС и мКГК сетчатки, а также обратная зависимость с показателями супраселлярного расширения (англ. suprasellar extension, SSE) по данным магнитно-резонансной томографии в коронарной и сагиттальной проекциях. Авторами была выявлена следующая зависимость — при увеличении размера супраселлярного расширения в коронарной проекции на 1 мм плотность сосудов РПС уменьшается на 4 % от исходного уровня. Показатели плотности сосудов ГКС положительно коррелировали с показателями среднего отклонения светочувствительности и отрицательно — с толщиной пСНВС и мКГК сетчатки. По данным ROC-анализа наиболее значимыми для диагностики были показатели среднего отклонения светочувствительности ($AUC = 0,892$, $p < 0,001$) и РПС в нижнетемпоральном секторе ($AUC = 0,801$, $p < 0,001$). Авторами также были установлены пороговые значения для показателя плотности сосудов РПС в нижнетемпоральном секторе, которое составило 52,05 % (чувствительность 59 %, специфичность 90 %). На основании проведённого исследования авторы пришли к заключению, что ОКТА — более чувствительный метод диагностики, чем периметрические тесты, у пациентов с НАГ.

Краткая характеристика исследований, включённых в литературный обзор, представлена в таблице.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, ОКТА — это перспективный метод для раннего выявления компрессионного воздействия на зрительный нерв у пациентов с образованиями в ХСО. Однако ещё предстоит выяснить, какие именно показатели являются наиболее предпочтительными и диагностически значимыми для этих целей. На сегодняшний день наиболее важным параметром по данным ряда исследований можно считать изменение плотности сосудов РПС, которое обнаруживается уже на ранних стадиях заболевания, до появления клинической симптоматики и функциональных изменений. Изменения в ПКС и ГКС на ранних стадиях носят сначала компенсаторный характер в виде увеличения плотности сосудов ГКС и отсутствия изменений в ПКС с последующим переходом в стадию декомпенсации при прогрессировании заболевания. Наличие корреляционной зависимости с показателями толщины СНВС и КГК сетчатки позволяет предположить, что снижение регионарной перфузии вторично и связано со снижением потребности в питательных веществах из-за потери ганглиозных клеток и повреждения аксонов нервных волокон сетчатки. Однако чувствительность обнаружения изменений сосудистого кровотока у пациентов без функциональных изменений, по данным ряда работ, обуславливает возможность применения ОКТА в качестве скринингового метода диагностики у пациентов с компрессией ХСО, но требуются дальнейшие исследования для установления пороговых значений.

Таблица. Краткая характеристика исследований, включенных в литературный обзор**Table.** Brief characteristics of the studies included in the literature review

| Первый автор (год) | Исследуемый параметр | Модель ОКТА | Этиология/лечение | Результат |
|----------------------------------|--|--|--|--|
| H.K. Kim (2017) [24] | Плотность сосудов ГКС | Сведения о модели отсутствуют | Аденома гипофиза | ↓ толщины СНВС и плотности сосудов ГКС сетчатки в тех же областях |
| J.J. Chen (2017) [25] | СНВС, плотность сосудов ГКС | Cirrus HD-ОСТ | Селлярная менингиома / хирургическая резекция | Корреляция ↓ плотности сосудов ГКС со ↓ толщины пСНВС |
| T. Higashiyama (2016) [26] | Плотность сосудов РПС | Cirrus HD-ОСТ 5000 | Опухоли гипофиза | Корреляция ↓ плотности сосудов РПС с квадрантами дефектов полей зрения |
| G.I. Lee (2020) [27] | Плотность сосудов РПС, ПКС, ГКС | Topcon OCT (DRI OCT Triton Plus) | Аденома гипофиза, краниофарингиома, менингиома, питуицинома / трансфеноидальная резекция | Корреляция ↓ плотности сосудов ПКС и ГКС в назальном квадранте и квадрантами дефектов полей зрения, ↓ плотности сосудов ПКС в верхнем и носовом квадрантах со ↓ толщины пСНВС и КГК, ↓ плотности сосудов РПС со ↓ толщины пСНВС и КГК во всех квадрантах и с квадрантами дефектов полей зрения, кроме верхнего |
| G. Sennamo (2020, 2021) [19, 31] | Плотность сосудов РПС, ПКС, ГКС | Optovue Angiovue System (software ReVue XR version 2017.1.0.151, Optovue Inc., Fremont, CA, USA) | Аденома гипофиза / эндоскопическое эндоназальное удаление | Дооперационный период: ↓ плотности сосудов РПС, ПКС, ГКС, корреляция показателя РПС с послеоперационным показателем MD. 48 ч после операции: значимое ↑ плотности сосудов РПС, незначительное ↑ плотности сосудов ПКС и ГКС, ↑ толщины КГК. 1 год после операции: значимое ↑ плотности сосудов РПС, ПКС и ГКС, ↑ толщины КГК и СНВС |
| G.I. Lee (2021) [38] | Плотность сосудов РПС, ПКС, ГКС | Topcon OCT (DRI OCT Triton Plus) | Аденома гипофиза, краниофарингиома, кисты кармана Ратке | Дооперационный период: ↓ плотности сосудов РПС (средние значения и во всех секторах, кроме височного), ПКС (средние значения, в височном и назальном секторах). Послеоперационный период: ↓ толщины пСНВС и СГКВП, выраженность ↓ плотности сосудов ПКС и ГКС связана с более низкой исходной плотностью сосудов ПКС и ГКС в дооперационном периоде, следовательно, хуже показатели периметрических индексов и остроты зрения |
| I. Ben Ghezala (2021) [39] | Плотность сосудов РПС | Cirrus Plex Elite 9000 | Аденома гипофиза, интраселлярная арахноидальная киста, менингиома | Корреляция ↓ плотности сосудов РПС со ↓ толщины СНВС и с квадрантами дефектов полей зрения. ↓ средней плотности сосудов РПС через 6 мес. после операции |
| E.J. Lee (2020) [28] | Перипапиллярное микроциркуляторное русло хориоидеи | Swept-source OCTA | Опухоли гипофиза | Выпадение микроциркуляторного русла хориоидеи, ↓ плотности сосудов сетчатки и толщины СНВС в височном секторе перипапиллярной области |
| G. Wang (2021) [45] | Плотность сосудов РПС | Optovue, Inc., CA, USA | Аденома гипофиза, краниофарингиома, менингиома, метастазы | Корреляция ↓ плотности сосудов РПС со ↓ толщины СНВС в верхне- и нижненазальном, а также в верхне- и нижнетемпоральном секторах. Плотность сосудов РПС значительно ниже у пациентов с наличием дефектов в центральном поле зрения. Наибольшая диагностическая значимость показателя плотности сосудов РПС в верхненазальном и нижнетемпоральном секторах |
| X. Wang (2022) [49] | Плотность сосудов РПС, ПКС, ГКС | Angiovue RTVue XR Avanti (Optovue, Inc, Fremont, CA, USA) | Нефункциональная аденома гипофиза | ↓ плотности сосудов РПС и ↑ плотности сосудов ГКС. При увеличении размера супраселлярного расширения (SSE) в коронарной проекции на 1 мм плотность сосудов РПС уменьшается на 4 % от исходного уровня. Пороговое значение показателя плотности сосудов РПС в нижнетемпоральном секторе 52,05 % (чувствительность 59 %, специфичность 90 %) |

Примечание. ГКС — глубокое капиллярное сплетение сетчатки; СНВС — слой нервных волокон сетчатки; пСНВС — слой нервных волокон сетчатки в перипапиллярной области; РПС — радиальное перипапиллярное капиллярное сплетение; ПКС — поверхностное капиллярное сплетение сетчатки; КГК — комплекс ганглиозных клеток; MD (mean deviation) — среднее отклонение светочувствительности; СГКВП — слой ганглиозных клеток и внутреннего плексиформного слоя.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Наибольший вклад распределён следующим образом: Н.А. Гаврилова — идея и концепция публикации, сбор и обработка материала, написание текста, научное редактирование; А.В. Кузьмина — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The largest contribution is distributed as follows: N.A. Gavrilova — the idea and concept of the publication, the collection and processing of material, writing the text, scientific editing; A.V. Kuzmina — collection and processing of material, writing text, editing

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутин М.А., Калинин П.Л., Кадашев Б.А., и др. Декомпрессия каналов зрительных нервов в хирургии образований хиазмально-селлярной области // Вестник психиатрии, неврологии и нейрохирургии. 2018. № 3. С. 11–17.
2. Česák T., Pócož P., Adamkov J., et al. Microsurgical versus endoscopic surgery for non-functioning pituitary adenomas: A retrospective study // *Croat Med J.* 2020. Vol. 61, No. 5. P. 410–421. DOI: 10.3325/cmj.2020.61.410
3. Giammattei L., Starnoni D., Cossu G., et al. Surgical management of tuberculoma sellae meningiomas: Myths, facts, and controversies // *Acta Neurochir.* 2020. Vol. 162. P. 631–640. DOI: 10.1007/s00701-019-04114-w
4. Česák T., Náhlovský J., Hosszu T., et al. Longitudinální sledování růstu pooperačních reziduí afunkčních adenomů hypofýzy // *Cesk Slov Neurol N.* 2009. Vol. 105, No. 2. P. 115–124.
5. Romano A., Ganau M., Zaed I., et al. Primary endoscopic management of apoplexy in a giant pituitary adenoma // *World Neurosurg.* 2020. Vol. 142. P. 312–313. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.07.059
6. Jacob M., Raverot G., Jouanneau E., et al. Predicting visual outcome after treatment of pituitary adenomas with optical coherence tomography // *Am J Ophthalmol.* 2009. Vol. 147, No. 1. P. 64–70. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.07.016
7. Cennamo G., Auriemma R.S., Cardone D., et al. Evaluation of the retinal nerve fibre layer and ganglion cell complex thickness in pituitary macroadenomas without optic chiasmal compression // *Eye.* 2015. Vol. 29. P. 797–802. DOI: 10.1038/eye.2015.35
8. Tieger M.G., Hedges T.R. III, Ho J., et al. Ganglion cell complex loss in chiasmal compression by brain tumors // *J Neuroophthalmol.* 2017. Vol. 37, No. 1. P. 7–12. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000424
9. Phal P.M., Steward C., Nichols A.D., et al. Assessment of Optic Pathway Structure and Function in Patients with Compression of the Optic Chiasm: A Correlation with Optical Coherence Tomography // *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2016. Vol. 57. P. 3884–3890. DOI: 10.1167/iovs.15-18734
10. Курышева Н.И. ОКТ-ангиография и ее роль в исследовании ретинальной микроциркуляции при глаукоме (часть первая) // Российский офтальмологический журнал. 2018. Т. 11, № 2. С. 82–86. DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-82-86
11. Liu C.-H., Kao L.-Y., Sun M.-H., et al. Retinal Vessel Density in Optical Coherence Tomography Angiography in Optic Atrophy after Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy // *J Ophthalmol.* 2017. Vol. 2017. ID9632647. DOI: 10.1155/2017/9632647
12. Augstburger E., Zeboulon P., Keilani C., et al. Retinal and Choroidal Microvasculature in Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy: An Optical Coherence Tomography Angiography Study // *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2018. Vol. 59. P. 870–877. DOI: 10.1167/iovs.17-22996
13. Kwapong W.R., Peng C., He Z., et al. Altered Macular Microvasculature in Neuromyelitis Optica Spectrum Disorders // *Am J Ophthalmol.* 2018. Vol. 192. P. 47–55. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.04.026
14. Rogaczewska M., Michalak S., Stopa M. Macular vessel density differs in multiple sclerosis and neuromyelitis optica spectrum disorder: An optical coherence tomography angiography study // *PLoS One.* 2021. Vol. 16, No. 6. ID e0253417. DOI: 10.1371/journal.pone.0253417
15. Mammo Z., Heisler M., Balaratnasingam C., et al. Quantitative Optical Coherence Tomography Angiography of Radial Peripapillary Capillaries in Glaucoma, Glaucoma Suspect, and Normal Eyes // *Am J Ophthalmol.* 2016. Vol. 170. P. 41–49. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.07.015
16. Monteiro M.L.R., Hokazono K., Fernandes D.B., et al. Evaluation of inner retinal layers in eyes with temporal hemianopic visual loss from chiasmal compression using optical coherence tomography // *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2014. Vol. 55. P. 3328–3336. DOI: 10.1167/iovs.14-14118
17. De Araujo R.B., Oyamada M.K., Zacharias L.C., et al. Morphological and functional inner and outer retinal layer abnormalities in eyes with permanent temporal hemianopia from chiasmal compression // *Front Neurol.* 2017. Vol. 8. P. 619. DOI: 10.3389/fneur.2017.00619
18. Dinkin M. Trans-synaptic retrograde degeneration in the human visual system: Slow, silent, and real // *Curr Neurol Neurosci.* 2017. Vol. 17. ID16. DOI: 10.1007/s11910-017-0725-2
19. Cennamo G., Solari D., Montorio D., et al. The role of OCT-angiography in predicting anatomical and functional recovery after endoscopic endonasal pituitary surgery: A 1-year longitudinal study // *PLoS One.* 2021. Vol. 16, No. 12. ID e0260029. DOI: 10.1371/journal.pone.0260029

20. Ohkubo S., Higashide T., Takeda H., et al. Relationship between macular ganglion cell complex parameters and visual field parameters after tumor resection in chiasmal compression // *Jpn J Ophthalmol*. 2012. Vol. 56. P. 68–75. DOI: 10.1007/s10384-011-0093-4
21. Danesh-Meyer H.V., Carroll S.C., Foroozan R., et al. Relationship between retinal nerve fiber layer and visual field sensitivity as measured by optical coherence tomography in chiasmal compression // *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2006. Vol. 47. P. 4827–4835. DOI: 10.1167/iovs.06-0327
22. Garcia T., Sanchez S., Litré C.F., et al. Prognostic value of retinal nerve fiber layer thickness for postoperative peripheral visual field recovery in optic chiasm compression // *J Neurosurg*. 2014. Vol. 121, No. 1. P. 165–169. DOI: 10.3171/2014.2.JNS131767
23. Moon C.H., Hwang S.C., Ohn Y.H., Park T.K. The time course of visual field recovery and changes of retinal ganglion cells after optic chiasmal decompression // *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2011. Vol. 52. P. 7966–7973. DOI: 10.1167/iovs.11-7450
24. Kim K.H., Kim U.S. Optical coherence tomography angiography in pituitary tumor // *Neurology*. 2017. Vol. 89, No. 12. P. 1307–1308. DOI: 10.1212/WNL.0000000000004397
25. Chen J.J., AbouChehade J.E., Iezzi R. Jr., et al. Optical Coherence Angiographic Demonstration of Retinal Changes From Chronic Optic Neuropathies // *Neuro-Ophthalmology*. 2017. Vol. 41, No. 2. P. 76–83. DOI: 10.1080/01658107.2016.1275703
26. Higashiyama T., Ichijima Y., Muraki S., et al. Optical Coherence Tomography Angiography of Retinal Perfusion in Chiasmal Compression // *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*. 2016. Vol. 47, No. 8. P. 724–729. DOI: 10.3928/23258160-20160808-05
27. Lee G.-I., Park K.-A., Oh S.-Y., Kong D.-S. Analysis of Optic Chiasmal Compression Caused by Brain Tumors Using Optical Coherence Tomography Angiography // *Sci Rep*. 2020. Vol. 10. ID 2088. DOI: 10.1038/s41598-020-59158-1
28. Lee E.J., Kim J.-A., Kim T.-W., et al. Glaucoma-like Parapapillary Choroidal Microvasculature Dropout in Patients with Compressive Optic Neuropathy // *Ophthalmology*. 2020. Vol. 127, No. 12. P. 1652–1662. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.06.001
29. Lee S., Kim S.-J., Yu Y.S., et al. Prognostic factors for visual recovery after transphenoidal pituitary adenectomy // *Br J Neurosurg*. 2013. Vol. 27, No. 4. P. 425–429. DOI: 10.3109/02688697.2013.767316
30. Al-Louzi O., Prasad S., Mallery R.M. Utility of optical coherence tomography in the evaluation of sellar and parasellar mass lesions // *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2018. Vol. 25, No. 4. P. 274–284. DOI: 10.1097/MED.0000000000000415
31. Jia Y., Simonett J.M., Wang J., et al. Wide-field OCT angiography investigation of the relationship between radial peripapillary capillary plexus density and nerve fiber layer thickness // *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2017. Vol. 58, No. 12. P. 5188–5194. DOI: 10.1167/iovs.17-22593
32. Mansoori T., Sivaswamy J., Gamalapati J.S., et al. Measurement of Radial Peripapillary Capillary Density in the Normal Human Retina Using Optical Coherence Tomography Angiography // *J Glaucoma*. 2017. Vol. 26, No. 3. P. 241–246. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000594
33. Yu P.K., Balaratnasingam C., Xu J., et al. Label-Free Density Measurements of Radial Peripapillary Capillaries in the Human Retina // *PLoS One*. 2015. Vol. 10. ID e0135151. DOI: 10.1371/journal.pone.0135151
34. Yu P.K., Cringle S.J., Yu D.-Y. Correlation between the radial peripapillary capillaries and the retinal nerve fibre layer in the normal human retina // *Exp Eye Res*. 2014. Vol. 129. P. 83–92. DOI: 10.1016/j.exer.2014.10.020
35. Zhang L., Xu L., Zhang J.-S., et al. Cotton-wool spot and optical coherence tomography of a retinal nerve fiber layer defect // *Arch Ophthalmol*. 2012. Vol. 130, No. 7. P. 913. DOI: 10.1001/archophthalmol.2011.1567
36. Zabel P., Kaluzny J.J., Wilkosc-Debczynska M., et al. Comparison of Retinal Microvasculature in Patients with Alzheimer's Disease and Primary Open-Angle Glaucoma by Optical Coherence Tomography Angiography // *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2019. Vol. 60, No. 10. P. 3447–3455. DOI: 10.1167/iovs.19-27028
37. Lee G.-I., Park K.-A., Oh S.-Y., Kong D.-S. Changes in parafoveal and peripapillary perfusion after decompression surgery in chiasmal compression due to pituitary tumors // *Sci Rep*. 2021. Vol. 11. ID3464. DOI: 10.1038/s41598-021-82151-1
38. Ben Ghezala I., Haddad D., Blanc J., et al. Peripapillary Microvascularization Analysis Using Swept-Source Optical Coherence Tomography Angiography in Optic Chiasmal Compression // *J Ophthalmol*. 2021. Vol. 2021. ID5531959. DOI: 10.1155/2021/5531959
39. Parrozzani R., Leonardi F., Frizziero L., et al. Retinal vascular and neural remodeling secondary to optic nerve axonal degeneration // *Ophthalmology Retina*. 2018. Vol. 2, No. 8. P. 827–835. DOI: 10.1016/j.oret.2017.12.001
40. Akashi A., Kanamori A., Ueda K., et al. The detection of macular analysis by SD-OCT for optic chiasmal compression neuropathy and nasotemporal overlap // *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2014. Vol. 55, No. 7. P. 4667–4672. DOI: 10.1167/iovs.14-14766
41. Moon C.H., Lee S.H., Kim B.-T., et al. Diagnostic ability of retinal nerve fiber layer thickness measurements and neurologic hemifield test to detect chiasmal compression // *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2012. Vol. 53, No. 9. P. 5410–5415. DOI: 10.1167/iovs.12-9905
42. Fard M.A., Jalili J., Sahraian A., et al. Optical coherence tomography angiography in optic disc swelling // *Am J Ophthalmol*. 2018. Vol. 191. P. 116–123. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.04.017
43. Tuntas Bilen F., Atilla H. Peripapillary vessel density measured by optical coherence tomography angiography in idiopathic intracranial hypertension // *J Neuroophthalmol*. 2019. Vol. 39, No. 3. P. 319–323. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000745
44. Wang G., Gao J., Yu W., et al. Changes of Peripapillary Region Perfusion in Patients with Chiasmal Compression Caused by Sellar Region Mass // *J Ophthalmol*. 2021. Vol. 2021. ID 5588077. DOI: 10.1155/2021/5588077
45. Dallorto L., Lavia C., Jeannerot A.-L., et al. Retinal microvasculature in pituitary adenoma patients: is optical coherence tomography angiography useful? // *Acta Ophthalmol*. 2019. Vol. 98, No. 5. P. 585–592. DOI: 10.1111/aos.14322
46. Suzuki A.C.F., Zacharias L.C., Preti R.C., et al. Circumpapillary and macular vessel density assessment by optical coherence tomography angiography in eyes with temporal hemianopia from chiasmal compression. Correlation with retinal neural and visual field loss // *Eye*. 2020. Vol. 34. P. 695–703. DOI: 10.1038/s41433-019-0564-2
47. Wang X., Chou Y., Zhu H., et al. Retinal Microvascular Alterations Detected by Optical Coherence Tomography Angiography in Nonfunctioning Pituitary Adenomas // *Transl Vis Sci Technol*. 2022. Vol. 11, No. 1. P. 5. DOI: 10.1167/tvst.11.1.5
48. Melmed S. Pathogenesis of pituitary tumors // *Nat Rev Endocrinol*. 2011. Vol. 7. P. 257–266. DOI: 10.1038/nrendo.2011.40
49. Greenman Y., Stern N. Non-functioning pituitary adenomas // *Best PRACT Res Clin Endocrinol Metab*. 2009. Vol. 23, No. 5. P. 625–638. DOI: 10.1016/j.beem.2009.05.005

50. Di Somma C., Scarano E., de Alteriis G., et al. Is there any gender difference in epidemiology, clinical presentation and co-morbidities of non-functioning pituitary adenomas? A prospective survey of a national referral center and review of the literature // *J Endocrinol Invest.* 2021. Vol. 44. P. 957–968. DOI: 10.1007/s40618-020-01379-2

51. Wons J., Pfau M., Wirth M.A., et al. Optical coherence tomography angiography of the foveal avascular zone in retinal vein occlusion // *Ophthalmologica.* 2016. Vol. 235, No. 4. P. 195–202. DOI: 10.1159/000445482

52. Ragkousis A., Kozobolis V., Kabanarou S., et al. Vessel density around foveal avascular zone as a potential imaging biomarker for detecting preclinical diabetic retinopathy: an optical coherence tomography angiography study // *Semin Ophthalmol.* 2020. Vol. 35, No. 5–6. P. 316–323. DOI: 10.1080/08820538.2020.1845386

53. Krawitz B.D., Mo S., Geyman L.S., et al. Acircularity index and axis ratio of the foveal avascular zone in diabetic eyes and healthy controls measured by optical coherence tomography angiography // *Vision Res.* 2017. Vol. 139. P. 177–186. DOI: 10.1016/j.visres.2016.09.019

54. Нероев В.В., Охочимская Т.Д., Фадеева В.А. Оценка микрососудистых изменений сетчатки при сахарном диабете методом ОКТ-ангиографии // *Российский офтальмологический журнал.* 2017. Т 10, № 2. С. 40–45. DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-2-40-45

55. Бурнашева М.А., Куликов А.Н., Мальцев Д.С. Персонализированный анализ фовеальной аваскулярной зоны с помощью оптической когерентной томографии-ангиографии // *Офтальмологические ведомости.* 2017. Т. 10, № 4. С. 32–40. DOI: 10.17816/OV10432-40

REFERENCES

1. Kutin MA, Kalinin PL, Kadashev BA, et al. Decompression of optic canals in the surgery of neoplasms of the chiasmatic region. *Bulletin of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery.* 2018;(3):11–17. (In Russ.)

2. Česák T, Póčkoš P, Adamkov J, et al. Microsurgical versus endoscopic surgery for non-functioning pituitary adenomas: A retrospective study. *Croat Med J.* 2020;61(5):410–421. DOI: 10.3325/cmj.2020.61.410

3. Giammattei L, Starnoni D, Cossu G, et al. Surgical management of tuberculum sellae meningiomas: Myths, facts, and controversies. *Acta Neurochir.* 2020;162:631–640. DOI: 10.1007/s00701-019-04114-w

4. Česák T, Náhlovský J, Hosszu T, et al. Longitudinal monitoring of the growth of post-operation. *Cesk Slov Neurol N.* 2009;105(2): 115–124. (In Czech.)

5. Romano A, Ganau M, Zaed I, et al. Primary endoscopic management of apoplexy in a giant pituitary adenoma. *World Neurosurg.* 2020;142:312–313. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.07.059

6. Jacob M, Raverot G, Jouanneau E, et al. Predicting visual outcome after treatment of pituitary adenomas with optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol.* 2009;147(1):64–70. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.07.016

7. Cennamo G, Auriemma RS, Cardone D, et al. Evaluation of the retinal nerve fibre layer and ganglion cell complex thickness in pituitary macroadenomas without optic chiasm compression. *Eye.* 2015;29:797–802. DOI: 10.1038/eye.2015.35

8. Tieger MG, Hedges TR III, Ho J, et al. Ganglion cell complex loss in chiasm compression by brain tumors. *J Neuroophthalmol.* 2017;37(1):7–12. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000424

9. Phal PM, Steward C, Nichols AD, et al. Assessment of Optic Pathway Structure and Function in Patients with Compression of the Optic Chiasm: A Correlation with Optical Coherence Tomography. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2016;57:3884–3890. DOI: 10.1167/iov.15-18734

10. Kuryshva NI. Oct angiography and its role in the study of retinal microcirculation in glaucoma (part one). *Russian Ophthalmological Journal.* 2018;11(2):82–86. (In Russ.) DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-82-86

11. Liu C-H, Kao L-Y, Sun M-H, et al. Retinal Vessel Density in Optical Coherence Tomography Angiography in Optic Atrophy af-

ter Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy. *J Ophthalmol.* 2017;2017:9632647. DOI: 10.1155/2017/9632647

12. Augstburger E, Zeboulon P, Keilani C, et al. Retinal and Choroidal Microvasculature in Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy: An Optical Coherence Tomography Angiography Study. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2018;59:870–877. DOI: 10.1167/iov.17-22996

13. Kwapong WR, Peng C, He Z, et al. Altered Macular Microvasculature in Neuromyelitis Optica Spectrum Disorders. *Am J Ophthalmol.* 2018;192:47–55. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.04.026

14. Rogaczewska M, Michalak S, Stopa M. Macular vessel density differs in multiple sclerosis and neuromyelitis optica spectrum disorder: An optical coherence tomography angiography study. *PLoS One.* 2021;16(6): e0253417. DOI: 10.1371/journal.pone.0253417

15. Mammo Z, Heisler M, Balaratnasingam C, et al. Quantitative Optical Coherence Tomography Angiography of Radial Peripapillary Capillaries in Glaucoma, Glaucoma Suspect, and Normal Eyes. *Am J Ophthalmol.* 2016;170:41–49. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.07.015

16. Monteiro MLR, Hokazono K, Fernandes DB, et al. Evaluation of inner retinal layers in eyes with temporal hemianopic visual loss from chiasm compression using optical coherence tomography. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55:3328–3336. DOI: 10.1167/iov.14-14118

17. De Araujo RB, Oyamada MK, Zacharias LC, et al. Morphological and functional inner and outer retinal layer abnormalities in eyes with permanent temporal hemianopia from chiasm compression. *Front Neurol.* 2017;8:619. DOI: 10.3389/fneur.2017.00619

18. Dinkin M. Trans-synaptic retrograde degeneration in the human visual system: Slow, silent, and real. *Curr Neurol Neurosci.* 2017;17:16. DOI: 10.1007/s11910-017-0725-2

19. Cennamo G, Solari D, Montorio D, et al. The role of OCT-angiography in predicting anatomical and functional recovery after endoscopic endonasal pituitary surgery: A 1-year longitudinal study. *PLoS One.* 2021;16(12): e0260029. DOI: 10.1371/journal.pone.0260029

20. Ohkubo S, Higashide T, Takeda H, et al. Relationship between macular ganglion cell complex parameters and visual field parameters after tumor resection in chiasm compression. *Jpn J Ophthalmol.* 2012;56:68–75. DOI: 10.1007/s10384-011-0093-4

21. Danesh-Meyer HV, Carroll SC, Foroozan R, et al. Relationship between retinal nerve fiber layer and visual field sensitivity

- as measured by optical coherence tomography in chiasmal compression. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:4827–4835. DOI: 10.1167/iovs.06-0327
22. Garcia T, Sanchez S, Litre CF, et al. Prognostic value of retinal nerve fiber layer thickness for postoperative peripheral visual field recovery in optic chiasm compression. *J Neurosurg.* 2014;121(1):165–169. DOI: 10.3171/2014.2.JNS131767
23. Moon CH, Hwang SC, Ohn YH, Park TK. The time course of visual field recovery and changes of retinal ganglion cells after optic chiasmal decompression. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52:7966–7973. DOI: 10.1167/iovs.11-7450
24. Kim KH, Kim US. Optical coherence tomography angiography in pituitary tumor. *Neurology.* 2017;89(12):1307–1308. DOI: 10.1212/WNL.0000000000004397
25. Chen JJ, AbouChehade JE, Iezzi R Jr, et al. Optical Coherence Angiographic Demonstration of Retinal Changes From Chronic Optic Neuropathies. *Neuro-Ophthalmology.* 2017;41(2):76–83. DOI: 10.1080/01658107.2016.1275703
26. Higashiyama T, Ichiyama Y, Muraki S, et al. Optical Coherence Tomography Angiography of Retinal Perfusion in Chiasmal Compression. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2016;47(8):724–729. DOI: 10.3928/23258160-20160808-05
27. Lee G-I, Park K-A, Oh S-Y, Kong D-S. Analysis of Optic Chiasmal Compression Caused by Brain Tumors Using Optical Coherence Tomography Angiography. *Sci Rep.* 2020;10:2088. DOI: 10.1038/s41598-020-59158-1
28. Lee EJ, Kim J-A, Kim T-W, et al. Glaucoma-like Parapapillary Choroidal Microvasculature Dropout in Patients with Compressive Optic Neuropathy. *Ophthalmology.* 2020;127(12):1652–1662. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.06.001
29. Lee S, Kim S-J, Yu YS, et al. Prognostic factors for visual recovery after transphenoidal pituitary adenectomy. *Br J Neurosurg.* 2013;27(4):425–429. DOI: 10.3109/02688697.2013.767316
30. Al-Louzi O, Prasad S, Mallery RM. Utility of optical coherence tomography in the evaluation of sellar and parasellar mass lesions. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2018;25(4):274–284. DOI: 10.1097/MED.0000000000000415
31. Jia Y, Simonett JM, Wang J, et al. Wide-field OCT angiography investigation of the relationship between radial peripapillary capillary plexus density and nerve fiber layer thickness. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58(12):5188–5194. DOI: 10.1167/iovs.17-22593
32. Mansoori T, Sivaswamy J, Gamalapati JS, et al. Measurement of Radial Peripapillary Capillary Density in the Normal Human Retina Using Optical Coherence Tomography Angiography. *J Glaucoma.* 2017;26(3):241–246. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000594
33. Yu PK, Balaratnasingam C, Xu J, et al. Label-Free Density Measurements of Radial Peripapillary Capillaries in the Human Retina. *PLoS One.* 2015;10: e0135151. DOI: 10.1371/journal.pone.0135151
34. Yu PK, Cringle SJ, Yu D-Y. Correlation between the radial peripapillary capillaries and the retinal nerve fibre layer in the normal human retina. *Exp Eye Res.* 2014;129:83–92. DOI: 10.1016/j.exer.2014.10.020
35. Zhang L, Xu L, Zhang J-S, et al. Cotton-wool spot and optical coherence tomography of a retinal nerve fiber layer defect. *Arch Ophthalmol.* 2012;130(7):913. DOI: 10.1001/archophthalmol.2011.1567
36. Zabel P, Kaluzny JJ, Wilkosc-Debczynska M, et al. Comparison of Retinal Microvasculature in Patients With Alzheimer's Disease and Primary Open-Angle Glaucoma by Optical Coherence Tomography Angiography. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60(10):3447–3455. DOI: 10.1167/iovs.19-27028
37. Lee G-I, Park K-A, Oh SY, Kong D-S. Changes in parafoveal and peripapillary perfusion after decompression surgery in chiasmal compression due to pituitary tumors. *Sci Rep.* 2021;11:3464. DOI: 10.1038/s41598-021-82151-1
38. Ben Ghezala I, Haddad D, Blanc J, et al. Peripapillary Microvascularization Analysis Using Swept-Source Optical Coherence Tomography Angiography in Optic Chiasmal Compression. *J Ophthalmol.* 2021;2021:5531959. DOI: 10.1155/2021/5531959
39. Parrozzani R, Leonardi F, Frizziero L, et al. Retinal vascular and neural remodeling secondary to optic nerve axonal degeneration. *Ophthalmology Retina.* 2018;2(8):827–835. DOI: 10.1016/j.oret.2017.12.001
40. Akashi A, Kanamori A, Ueda K, et al. The detection of macular analysis by SD-OCT for optic chiasmal compression neuropathy and nasotemporal overlap. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(7):4667–4672. DOI: 10.1167/iovs.14-14766
41. Moon CH, Lee SH, Kim B-T, et al. Diagnostic ability of retinal nerve fiber layer thickness measurements and neurologic hemifield test to detect chiasmal compression. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(9):5410–5415. DOI: 10.1167/iovs.12-9905
42. Fard MA, Jalili J, Sahraiyani A, et al. Optical coherence tomography angiography in optic disc swelling. *Am J Ophthalmol.* 2018;191:116–123. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.04.017
43. Tuntas Bilen F, Atilla H. Peripapillary vessel density measured by optical coherence tomography angiography in idiopathic intracranial hypertension. *J Neuroophthalmol.* 2019;39(3):319–323. DOI: 10.1097/WNO.0000000000000745
44. Wang G, Gao J, Yu W, et al. Changes of Peripapillary Region Perfusion in Patients with Chiasmal Compression Caused by Sellar Region Mass. *J Ophthalmol.* 2021;2021:5588077. DOI: 10.1155/2021/5588077
45. Dallorto L, Lavia C, Jeannerot A-L, et al. Retinal microvasculature in pituitary adenoma patients: is optical coherence tomography angiography useful? *Acta Ophthalmol.* 2019;98(5):585–592. DOI: 10.1111/aos.14322
46. Suzuki ACF, Zacharias LC, Preti RC, et al. Circumpapillary and macular vessel density assessment by optical coherence tomography angiography in eyes with temporal hemianopia from chiasmal compression. Correlation with retinal neural and visual field loss. *Eye.* 2020;34:695–703. DOI: 10.1038/s41433-019-0564-2
47. Wang X, Chou Y, Zhu H, et al. Retinal Microvascular Alterations Detected by Optical Coherence Tomography Angiography in Non-functioning Pituitary Adenomas. *Transl Vis Sci Technol.* 2022;11(1):5. DOI: 10.1167/tvst.11.1.5
48. Melmed S. Pathogenesis of pituitary tumors. *Nat Rev Endocrinol.* 2011;7:257–266. DOI: 10.1038/nrendo.2011.40
49. Greenman Y, Stern N. Non-functioning pituitary adenomas. *Best PRACT Res Clin Endocrinol Metab.* 2009;23(5):625–638. DOI: 10.1016/j.beem.2009.05.005
50. Di Somma C, Scarano E, de Alteriis G, et al. Is there any gender difference in epidemiology, clinical presentation and co-morbidities of non-functioning pituitary adenomas? A prospective survey of a national referral center and review of the literature. *J Endocrinol Invest.* 2021;44:957–968. DOI: 10.1007/s40618-020-01379-2
51. Wons J, Pfau M, Wirth MA, et al. Optical coherence tomography angiography of the foveal avascular zone in retinal vein occlusion. *Ophthalmologica.* 2016;235(4):195–202. DOI: 10.1159/000445482
52. Ragkousis A, Kozobolis V, Kabanarou S, et al. Vessel density around foveal avascular zone as a potential imaging biomarker

for detecting preclinical diabetic retinopathy: an optical coherence tomography angiography study. *Semin Ophthalmol.* 2020;35(5–6): 316–323. DOI: 10.1080/08820538.2020.1845386

53. Krawitz BD, Mo S, Geyman LS, et al. Acircularity index and axis ratio of the foveal avascular zone in diabetic eyes and healthy controls measured by optical coherence tomography angiography. *Vision Res.* 2017;139:177–186. DOI: 10.1016/j.visres.2016.09.019

54. Neroev VV, Okhotsimskaya TD, Fadeeva VA. An account of retinal microvascular changes in diabetes acquired by OCT-angiography. *Russian Ophthalmological Journal.* 2017;10(2):40–45. (In Russ.) DOI: 10.21516/2072-0076-2017-10-2-40-45

55. Burnasheva MA, Kulikov AN, Maltsev DS. Personalized analysis of foveal avascular zone with optical coherence tomography angiography. *Ophthalmology Journal.* 2017;10(4):32–40. (In Russ.) DOI: 10.17816/OV10432-40

ОБ АВТОРАХ

Наталья Александровна Гаврилова, д-р мед. наук, профессор, заведующая кафедрой глазных болезней; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0368-296X>; e-mail: n.gavrilova@mail.ru

***Анастасия Владимировна Кузьмина**, аспирант кафедры глазных болезней; адрес: Россия, 127473, Москва, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3065-1563>; e-mail: vi_ola92@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

Natalia A. Gavrilova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Eye Diseases; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0368-296X>; e-mail: n.gavrilova@mail.ru

***Anastasiia V. Kuzmina**, Postgraduate Student; address: 20, Delegatskaya st., Moscow, 127473, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3065-1563>; e-mail: vi_ola92@mail.ru