

Новая номенклатура оптической когерентной томографии

А.А. Шпак

ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России, Москва

РЕФЕРАТ

В обзоре обсуждается эволюция взглядов на трактовку результатов оптической когерентной томографии. Приведены сведения о некоторых противоречиях гистологических и томографических данных, послуживших причиной пересмотра существующей терминологии. Подробно рассмотрена новая номенклатура оптической когерентной томографии, вы-

работанная консенсусом и утвержденная Панелью экспертов Международной номенклатуры оптической когерентной томографии.

Ключевые слова: спектральная оптическая когерентная томография, сетчатка, фоторецепторы, хориоидея. ■

Автор не имеет финансовых или имущественных интересов в отношении содержания настоящего обзора.

Офтальмохирургия. – 2015. – № 3. – С. 80–82.

ABSTRACT

A new nomenclature of the optical coherence tomography

A.A. Shpak

The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Moscow

Evolution of views on interpretation of the results of optical coherence tomography is discussed in the review. Information is presented on some contradictions of histological and tomographic data that caused a revision of existing terminology. A new consensus nomenclature suggested by the International Nomenclature

for Optical Coherence Tomography Panel is discussed in detail.

Key words: spectral-domain optical coherence tomography, nomenclature, retina, photoreceptors, choroid. ■

The author has no financial or proprietary interest in the contents of the present review.

Ophthalmosurgery. – 2015. – No. 3. – P. 80–82.

Развитие метода оптической когерентной томографии (ОКТ), создание и внедрение в практику новых его модификаций – спектральной ОКТ (СОКТ), СОКТ высокого разрешения и др. – способствовало постоянному расширению наших знаний о структурах заднего отрезка глаза, совершенствованию трактовки данных ОКТ [3, 4]. Так, «классическая» (time-domain) ОКТ регистрировала в наружных слоях сетчатки одну широкую высокореклефтивную полосу, которая рассматривалась как комплекс пигментного эпителия и хориокапилляров [9]. Создание метода СОКТ позволило четко визуализировать наружную пограничную мембрану, а в указанной высокореклефтивной по-

лосе выделить два слоя – пигментный эпителий и слой, соответствующий «сочленению» наружных и внутренних сегментов фоторецепторов [4]. На сканах, полученных методом СОКТ, пигментный эпителий выглядел двухслойным, и вскоре внутренний из двух слоев (линия между пигментным эпителием и сочленением внутренних и наружных сегментов фоторецепторов) был идентифицирован как мембрана Верхофа (Verhoeff) – слой, образуемый вершинами наружных сегментов колбочек и ворсинками пигментного эпителия (другое название – линия вершин колбочек, Cones outer segment tips line) [5, 7]. При использовании СОКТ ультравысокого разрешения удавалось выявить и линию вершин палочек [13], однако данная моди-

фикация метода пока остается недоступной для практического использования.

Несмотря на столь высокую детализацию картины СОКТ оставались существенные, в том числе терминологические расхождения между данными СОКТ и гистологических исследований, что служило предметом серьезных разногласий. Например, по данным СОКТ наружный ядерный слой в несколько раз шире наружного плексиформного слоя, в то время как гистологически оба эти слоя имеют примерно одинаковую ширину [8]. Объяснением такого расхождения могли служить особенности слоя волокон Генле. Гистологически его рассматривают как часть наружного плексиформного слоя. Однако по оптической плотности слой во-

локон Генле и наружный ядерный слой очень близки между собой и поэтому практически сливаются на сканах СОКТ [8].

Другим примером могло служить так называемое сочленение внутренних и наружных сегментов фоторецепторов. На сканах СОКТ оно представлено хорошо выраженной оптически плотной линией. Однако на гистологических препаратах сочленение сегментов имеет вид нежной реснитчатой структуры существенно меньших размеров. В связи с этим был предпринят ряд работ по выяснению истинной природы линий, регистрируемых методом СОКТ в области наружных слоев сетчатки. Так, Spaide R.F., Curcio C.A. на основе теоретических расчетов [12], учитывающих данные о размерах различных элементов фоторецепторов, показали, что линия, рассматривавшаяся ранее как сочленение внутренних и наружных сегментов фоторецепторов, соответствует так называемому эллипсоиду – наружной части внутреннего сегмента фоторецепторной клетки, содержащей большое число митохондрий. По мнению авторов, именно митохондрии обеспечивают высокую оптическую плотность данного участка фоторецептора.

В связи с получением этих и других данных, была создана международная группа (панель) экспертов для актуализации номенклатуры ОКТ и приведения ее в соответствие с данными гистологических исследований, названная Панелью Международной номенклатуры ОКТ (International Nomenclature for Optical Coherence Tomography (IN•OCT) Panel). Результатом работы Панели явилась выработка консенсуса по номенклатуре ОКТ с учетом имеющегося в настоящее время объема знаний [14]. Всего в картине СОКТ заднего отрезка глаза было выделено 18 слоев от стекловидного тела до склеры. Большинство слоев сохранили прежние названия, однако некоторые названия, в первую

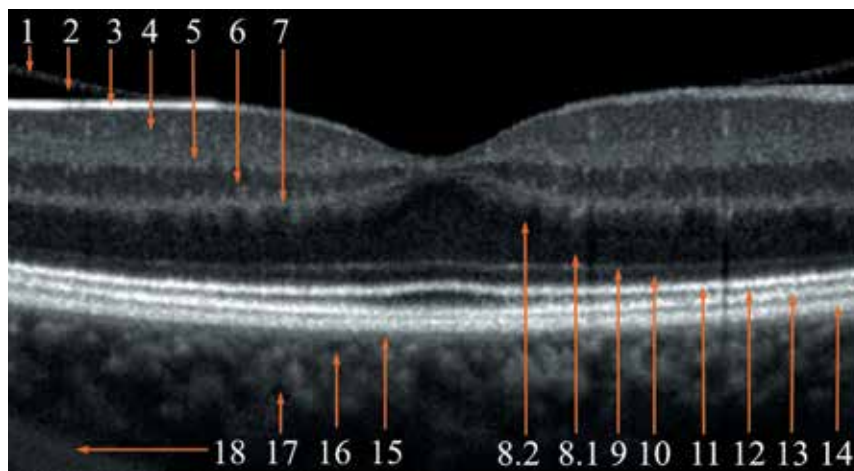


Рис. Структуры заднего отрезка глаза согласно новой номенклатуре ОКТ [14] на скане макулярной области здорового испытуемого (СОКТ высокого разрешения; центральная часть скана диаметром 3 мм). Условные обозначения: (+) – гиперрефлективная зона; (–) – гипорефлективная зона; 1 – (+) – задняя гиалоидная мембрана; 2 – (–) – преретинальное пространство; 3 – (+) – слой нервных волокон сетчатки; 4 – (–) – слой ганглиозных клеток; 5 – (+) – внутренний плексиформный слой; 6 – (–) – внутренний ядерный слой; 7 – (+) – наружный плексиформный слой; 8 – (–) – наружная часть: 8.1 – наружный ядерный слой; – внутренняя часть: 8.2 – слой волокон Генле; 9 – (+) – наружная пограничная мембрана; 10 – (–) – миоидная зона фоторецепторов; 11 – (+) – эллипсоидная зона фоторецепторов; 12 – (–) – наружные сегменты фоторецепторов; 13 – (+) – зона сочленения (сочленение колбочек с пигментным эпителием); 14 – (+) – комплекс «пигментный эпителий – мембрана Бруха». Иногда может быть представлен двумя линиями; 15 – * – хориокапилляры; 16 – * – слой Заттлера; 17 – * – слой Галлера; 18 – * – склеро-хориоидальное сочленение. * Пояснения в тексте

очередь наружных слоев сетчатки, претерпели существенные, иногда принципиальные изменения (табл., рис.). Именно слои, внесенные в табл., вызывали наибольшие разногласия экспертов, однако, в конечном итоге, консенсус был достигнут, хотя оговаривается его возможный временный характер, не исключающий будущих изменений по мере поступления новой информации.

Следует отметить, что определить наружную границу слоя волокон Генле, выделенного согласно новой номенклатуре в наружном ядерном слое, весьма затруднительно. Даже на сканах СОКТ высокого разрешения (рис.) эта граница намечается относительно слабо. Обеспечить визуализацию слоя волокон Генле возможно с помощью несложных манипуляций (сканирование через периферические отделы зрачка) [10]. Однако подобные приемы не нашли широкого распро-

странения, вероятно, ввиду небольшой клинической значимости дифференциации данного слоя.

С учетом неоднородной оптической плотности и отсутствия четких разделительных границ особые определения в номенклатуре получили слои хориоидеи. Слой хориокапилляров определен как узкая полоска умеренной рефлективности во внутренних отделах хориоидеи. Слой Заттлера – широкий слой круглых или овальных гиперрефлективных контуров с гипорефлективным центром в средних отделах хориоидеи. Слой Галлера – широкий слой овальных гиперрефлективных контуров с гипорефлективным центром в наружных отделах хориоидеи. Склеро-хориоидальное сочленение – зона по наружной границе хориоидеи, с выраженным изменением структуры, где крупные круглые или овальные контуры примыкают к гомогенной области различной рефлективности.

Для корреспонденции:

Шпак Александр Анатольевич, докт. мед. наук, профессор, зав. отделом клинично-функциональной диагностики
ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава России
Адрес: 127486, Москва, Бескудниковский бульвар, 59а

Таблица

Важнейшие изменения названий визуализируемых методом СОКТ структур заднего отрезка глаза, внесенные новой номенклатурой [14]

Старое название	Новое название
Внутренние сегменты фоторецепторов	Миеидная зона фоторецепторов
Сочленение внутренних и наружных сегментов фоторецепторов	Эллипсоидная зона фоторецепторов
Мембрана Верхофа = Линия вершин колбочек	Зона сочленения (Сочленение колбочек с пигментным эпителием)*
Пигментный эпителий	Комплекс «пигментный эпителий – мембрана Бруха»
(+ выделен во внутренних отделах наружного ядерного слоя)	Слой волокон Генле
Хориоидея	Хориокапилляры / Слой Заттлера / Слой Галлера

* Английское название: Interdigitation zone (Cone interdigitation with retinal pigment epithelium).

Термины «миеид» и «эллипсоид» ранее не использовались при описании картины СОКТ, однако являются общепринятыми в биологической литературе, характеризующей строение фоторецепторов человека и животных [1, 2, 11]. Миеидом называется часть внутреннего сегмента фоторецептора, непосредственно прилегающая к его ядру. У амфибий в этой области содержится скопление сократительных фибрилл, которые обеспечивают ориентационные движения колбочек к свету [11]. У человека подобные структуры отсутствуют, однако название сохраняется. Эллипсоид – другая часть внутреннего сегмента, расположенная дальше от ядра. Свое название она получила, вероятно, благодаря соответствующей (эллипсоидной) форме у некоторых классов позвоночных, что хорошо видно, например, на изолированных фоторецепторах саламандры [6]. Эллипсоид содержит скопление многочисленных плотно «упакованных» митохондрий, что, по-видимому, и придает ему высокую оптическую плотность. В отличие от эллипсоида миеид содержит оптически менее плотные структуры (эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи) и поэтому имеет гораздо более низкую рефлективность. Соответственно на сканах СОКТ, эллипсоидная зона хорошо выражена, подобно комплексу пигментного эпителия/мембраны Бруха, а миеидная зона имеет такую же низкую оптическую плотность, как ядерные слои.

Определенные сложности представляет перевод с английского названия Interdigitation zone (Cone in-

terdigitation with retinal pigment epithelium (RPE)). Здесь «interdigitation» переведено как «сочленение» (табл.), хотя это не совсем точно передает значение оригинала, подразумевающего, что вершины колбочек не просто смыкаются с отростками пигментного эпителия, а и охватываются ими, погружаются в них. Как варианты могут рассматриваться «переплетение», «сплетение», «взаимопроникновение» и др., однако приведенный перевод все-таки представляется наилучшим из возможных.

В целом новая номенклатура ОКТ максимально приближена к гистологической структуре органа зрения и обеспечивает наиболее правильное понимание нормального строения заднего отрезка глаза и изменений, наблюдающихся в условиях патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С. Гилярова. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.
2. Максимова Е.М. Сетчатка позвоночных животных: механизмы клеточного взаимодействия // Клиническая физиология зрения: очерки / Под ред. А.М. Шамшиновой. – М., 2006. – С. 77-108.
3. Штак А.А. Спектральная оптическая когерентная томография высокого разрешения: Атлас. – М., 2014. – 170 с.
4. Штак А.А., Огородникова С.Н. Трехмерная оптическая когерентная томография высокого разрешения // Офтальмохирургия. – 2007. – № 3. – С. 61-65.
5. Alam S., Zawadzki R.J., Choi S. et al. Clinical application of rapid serial fourier-domain optical coherence tomography

for macular imaging // Ophthalmology. – 2006. – Vol. 113, № 8. – P. 1425-1431.

6. Boyer N.P., Chen C., Koutalos Y. Preparation of living isolated vertebrate photoreceptor cells for fluorescence imaging // J. Vis. Exp. – 2011. – № 52. – P. 2789.

7. Byeon S.H., Kang S.Y. Interpretation of outer retina appearance in high-resolution optical coherence tomography // Am. J. Ophthalmol. – 2009. – Vol. 147, № 1. – P. 185-186.

8. Curcio C.A., Messinger J.D., Sloan K.R. et al. Human chorioretinal layer thicknesses measured in macula-wide, high-resolution histologic sections // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2011. – Vol. 52, № 7. – P. 3943-3954.

9. Gupta V., Gupta A., Dogra M.R. Atlas Optical coherence tomography of macular diseases. – London, New York: Taylor & Francis, 2005. – 313 p.

10. Lujan B.J., Roorda A., Knighton R.W., Carroll J. Revealing Henle's fiber layer using spectral domain optical coherence tomography // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2011. – Vol. 52, № 3. – P. 1486-1492.

11. Remington L.A. Clinical anatomy and physiology of the visual system. 3 ed. – St. Louis, MO, USA: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2012. – 292 p.

12. Spaide R.F., Curcio C.A. Anatomical correlates to the bands seen in the outer retina by optical coherence tomography: literature review and model // Retina. – 2011. – Vol. 31, № 8. – P. 1609-1619.

13. Srinivasan V.J., Monson B.K., Wojtkowski M. et al. Characterization of outer retinal morphology with high-speed, ultrahigh-resolution optical coherence tomography // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2008. – Vol. 49, № 4. – P. 1571-1579.

14. Staurengi G., Sadda S., Chakravarthy U., Spaide R.F. International Nomenclature for Optical Coherence Tomography (IN•OCT) Panel. Proposed lexicon for anatomic landmarks in normal posterior segment spectral-domain optical coherence tomography: the IN•OCT consensus // Ophthalmology. – 2014. – Vol. 121, № 8. – P. 1572-1578.

Поступила 05.11.2014