



С.Э. АВETISOB, А.Р. АМБАРЦУМЯН
НИИ глазных болезней РАМН, г. Москва

УДК 617.71-07

Ультразвуковая визуализация анатомических структур век при высокочастотной биомикроскопии

Амбарцумян Асмик Робертовна

кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения факохирургии и интраокулярной коррекции
119021, г. Москва, ул. Россолимо д. 11а, тел. (499) 248-43-57, e-mail: hasmik_@mail.ru

*Проведен детальный анализ сканограмм, полученных в ходе ультразвуковой биомикроскопии (УБМ) век 22 пациентов (22 глаза) в возрасте от 18 до 67 лет. В результате исследования были определены параметры «ультразвуковой нормы» для кожи с круговой мышцей глаза верхнего и нижнего века (*m. orbicularis palpebrarum*), тарзальных пластинок век, апоневроза мышцы, поднимающей верхнее веко (*m. levator palpebrae superioris*), комплекса «мышца Мюллера — конъюнктив»», а также визуализированы протоки дополнительных слезных желез Краузе, орбитальная жировая ткань. Авторы предлагают использовать УБМ для объективизации прижизненного динамического наблюдения за состоянием анатомических структур век в норме, при патологических состояниях, а также для оценки результатов различных лечебных (в том числе хирургических) мероприятий.*

Ключевые слова: ультразвуковая биомикроскопия, круговая мышца глаза, тарзальная пластинка, апоневроз леватора верхнего века, мышца Мюллера.

S.E. AVETISOV, A.R. AMBARTSUMYAN
Institute of Eye Diseases of RAMS, Moscow

Ultrasound visualization of the eyelids anatomical structures using high-frequency biomicroscopy

Normal eyelid anatomical structures were evaluated in consequence of detailed analysis of scans obtained during ultrasound biomicroscopy (UBM) of 22 patients' eyelids aged from 18 to 67 years. In the study «ultrasound norm» parameters were identified for the skin with orbicularis oculi muscle, tarsal plate of eyelid, levator palpebrae superioris muscle's aponeurosis, Muller's muscle — conjunctival complex, and were visualized the ducts of accessory lacrimal glands of Krauss, orbital fat pad. The algorithm of eyelid scanning designated as a dynamic UBM includes the study of anatomical structures of eyelids, both in the primary gaze and in upgaze. The authors propose to use it to make the most objective in vivo dynamic monitoring of state of anatomical structures of eyelids within the norm, under pathological conditions and also for appraisal of results of different treatment interventions including surgical procedures.

Keywords: ultrasound biomicroscopy, eyelid, orbicularis oculi, tarsal plate, levator palpebrae superioris, Muller's muscle.

Развитие офтальмологии тесно связано и в какой-то степени зависит от совершенствования методов диагностики, позволяющих детально и адекватно исследовать анатомическое и функциональное состояние как органа зрения в целом, так и отдельных его структур. В 1990 году канадскими исследователями во главе с Charles Pavlin впервые был разработан и предложен один из современных методов ультразвукового сканирования — ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) [1]. Метод основан на применении высокочастотных датчиков с частотой излучения в диапазоне от 35 до 100 МГц. УБМ обе-

спечивает высокое качество сканирования с микроскопическим разрешением и в офтальмологии преимущественно применяется для прижизненной визуализации переднего отдела глазного яблока (роговицы, склеры, радужки, хрусталика, цилиарного тела и т.д.) в норме и при патологических изменениях [1-4]. Метод позволяет проводить точную и надежную визуализацию анатомических структур, качественная и количественная оценка которых коррелирует с данными гистологических исследований. Возможности визуализации, открывшиеся с появлением УБМ, значительно расширили диагностические воз-

возможности в области медицины. Изначально предложенный для применения в области офтальмологии, метод УБМ стал использоваться и в других отраслях медицинской науки, в частности, в дерматологии для визуализации кожи, как в норме, так и при патологических изменениях [5-8]. В клинической практике мы также используем УБМ в диагностике различных новообразований кожи в периорбитальной зоне. Преимущество прижизненной визуализации, предоставляемое методом УБМ, на наш взгляд, может быть использовано в диагностике состояния нормальных анатомических структур век. В доступной литературе мы не обнаружили каких-либо детальных исследований на эту тему. Представления об анатомическом строении век и их изменениях при различных патологических состояниях до недавнего времени складывались на основании гистологических исследований кадаверного материала [9-13], либо на основе опыта хирургических вмешательств [14-16].

Цель настоящего исследования — изучение возможностей ультразвуковой биомикроскопии в прижизненной визуализации анатомических структур век.

Материал и методы исследования

УБМ верхних и нижних век была проведена 22 пациентам в возрасте от 18 до 67 лет, у которых при детальном клиническом обследовании патологических изменений не было выявлено. Среди обследованных пациентов 10 были моложе 40 лет, 12 — старше. Из 22 пациентов 8 были мужчины и 14 — женщины.

Для получения случайной выборки у каждого пациента обследовали веки одного (левого) глаза. УБМ проводили с применением ультразвукового биомикроскопа OTI HF 35-50 Ultrasound System (UBM) — OTI, Канада. На кожу сомкнутых век помещали воронкообразный силиконовый векорасширитель, который заполняли иммерсионной средой, в качестве последней применяли офтагель или корнерегель. Погружая ультразвуковой датчик в раствор для иммерсии, сканировали подлежащие ткани в заданной плоскости.

УБМ исследование проводили в горизонтальном положении пациента (лежа на спине), как при прямом направлении взгляда, так и при переводе взгляда вверх. Силиконовый векорасширитель с иммерсионной средой перемещали по поверхности кожи, располагая его на коже верхнего или нижнего века, для получения доступа к желаемым анатомическим структурам. Датчик располагали перпендикулярно поверхности зоны интереса. При проведении исследования применяли вертикальный и горизонтальный алгоритмы сканирования. Использование датчика с частотой 35 МГц обеспечивало визуализацию зоны шириной 18,5 мм, глубиной 14 мм (величина угла сектора сканирования 38 градусов, скорость сканирования 12,5 кадра в секунду). При частоте 50 МГц достигалось более высокое разрешение сканирования меньшей по площади зоны — ширина поля 12 мм, глубина 14 мм (величина угла сектора сканирования 20 градусов, скорость сканирования 25 кадров в секунду).

Результаты и обсуждение

Качественная ультразвуковая оценка анатомических структур предполагает наличие у врача не только опыта сканирования, но и четких представлений об анатомии исследуемых структур, в данном случае век. Прежде чем перейти к описанию полученных результатов исследования, совершим краткий экскурс в анатомию.

Несколько слов о строении век. Каждое веко состоит из двух пластин: наружной (кожно-мышечной) и внутренней (тарзально-конъюнктивальной). Это разделение имеет как анатомическое, так и клиническое значение [9-11]. В сформированном зри-

тельном аппарате веки состоят из расположенных спереди назад слоев: 1 — кожи с подкожной клетчаткой, 2 — мышечного слоя, сформированного из двух поперечнополосатых мышц — круговой мышцы глаза (*m.orbicularis oculi*) и мышцы, поднимающей веко (*m.levator palpebrae superioris*), и двух гладких мышц — тарзальных, или мышц Мюллера, 3 — плотной фиброзной пластинки (хряща века), 4 — слизистой оболочки (конъюнктивы) [9].

Подвижность век обеспечивается двумя антагонистическими по направленности действия группами мышц: круговой мышцей глаза (*m.orbicularis oculi*) и поднимателями век (*m.levator palpebrae superioris* и *m.tarsalis inferior*). Верхнее веко поднимается с помощью мышцы *m.levator palpebrae superioris*, которая начинается от надкостницы зрительного отверстия орбиты, идет вдоль ее верхней стенки вперед и недалеко от верхнего края орбиты превращается в широкое сухожилие. Одна часть сухожилия вплетается под кожу и в круговую мышцу века, другая — в соединительнотканную пластинку века (хрящ), третья прикрепляется к конъюнктиве переходной складки. Такое распределение сухожилия мышцы обеспечивает одновременное поднятие всех частей века. *M.levator palpebrae superioris* иннервируется веточкой глазодвигательного нерва.

На задней поверхности поднимателя верхнего века, приблизительно на 2 мм кзади от места его перехода в сухожилие, начинается мышца Мюллера, иннервируемая симпатическим нервом. Она состоит из гладких волокон и прикрепляется к верхнему краю хряща. Изолированное действие мышцы Мюллера вызывает небольшое расширение глазной щели, поэтому при параличе симпатического нерва наблюдается небольшой птоз, тогда как при параличе леватора птоз выражен значительно и может быть полным. На нижнем веке нет мышцы, аналогичной леватору верхнего века, но имеется мышца Мюллера, которая располагается под конъюнктивой от свода до края хряща [10].

Стандартный алгоритм сканирования осуществлялся следующим образом. Разместив иммерсионную канюлю на верхнем веке с захватом ресничного края, в зону обзора включали кожу с претарзальной долей пальпебральной части круговой мышцы глаза, верхнюю тарзальную пластинку и конъюнктиву. На сканограммах, полученных с вертикальной ориентацией датчика, визуализировали профиль поперечного сечения хряща целиком. Применяя горизонтальный алгоритм сканирования, датчик постепенно перемещали от ресничного края века в направлении вверх. Иммерсионную канюлю плавно перемещали вверх для того, чтобы при визуализации верхних отделов века исключить давление опорной части канюли на область осмотра. Выше границы хрящевой пластинки (непосредственно над ней) в толще верхнего века визуализировали пресептальную долю пальпебральной части круговой мышцы глаза, апоневроз мышцы, поднимающей верхнее веко (aponевроз леватора), мышцу Мюллера с конъюнктивой. Эти структуры оценивали с применением как вертикального, так и горизонтального алгоритмов сканирования.

Для визуализации структур нижнего века иммерсионную канюлю размещали на нижнем веке с захватом ресничного края нижнего века. В анатомическом и гистологическом смысле мышцы, опускающей ниже веко, нет. Функцию движения обеспечивает нижняя прямая мышца глаза, от которой отделяются фиброзные тяжи капсуло-пальпебральной связки, вплетающиеся в нижнее веко. Сокращение нижней прямой мышцы приводит к натяжению фиброзных тяжей и опущению века. Отделяющаяся от нижней прямой мышцы фиброзная капсуло-пальпебральная связка расщепляется вблизи нижней косой мышцы и окружает ее. Перед нижней косой мышцей слои связки вновь срастаются и участвуют в образовании подвешивающей связки

Локвада. Распространяясь кпереди, капсуло-пальпебральная связка разделяется на три части. Наиболее внутренний ее слой представляет собой тенонову капсулу. Центральное расположенный слой направляется к хрящевой пластинке нижнего века и тарзальной части круговой мышцы глаза. В этих местах она с ними срастается. Наружный слой соединяется с нижней частью глазничной перегородки (на 5,5 мм ниже ее). Благодаря подобному соотношению тканей конъюнктивы нижнего свода жестко фиксируется в «расщелине» между теноновой капсулой и нижней тарзальной мышцей [17].

При сканировании нижнего века визуализировали кожу с пальпебральной частью круговой мышцы глаза, нижнюю тарзальную пластинку с конъюнктивой и орбитальную жировую ткань.

Кожа век выглядела на сканограммах как акустически плотная полоса (линия) на границе иммерсионный раствор — веко. Круговая мышца глаза, располагающаяся под кожей, на ультразвуковых срезах имела вид гиперрефлективной структуры. Тонкую прослойку соединительной ткани, отделяющую их друг от друга, на сканограммах не дифференцировали. Таким образом, кожа с круговой мышцей выглядела как один гиперрефлективный пласт. Средняя толщина кожи с круговой мышцей глаза на верхнем веке в области срединной линии составила $0,68 \pm 0,24$ мм (от 0,54 до 0,98 мм), на нижнем — $0,71 \pm 0,22$ мм (от 0,58 до 1,2 мм).

Апоневроз леватора верхнего века и тарзальные пластинки на сканограммах выглядели как гипорефлективные структуры, что отражает их органически гомогенную структуру, состоящую из параллельно ориентированных коллагеновых волокон с гладкой поверхностью. Средняя толщина апоневроза леватора верхнего века по нашим данным составила $0,42 \pm 0,38$ мм (диапазон от 0,25 до 0,58 мм).

Гистологическое строение «хрящей» век, как известно, сходится с их названием, так как тарзальная пластинка века состоит из очень плотной соединительной фиброзной ткани, напоминающей так называемые волокнистые истинные хрящи. Хрящи верхнего и нижнего век представляют собой полупушной формы пластинки с заостренными концами. На сканограммах, полученных с вертикальной ориентацией датчика, было отчетливо видно, что толщина тарзальных пластинок плавно уменьшается в направлении от свободных краев век (верхнего века кверху, нижнего — книзу). Средняя максимальная высота хрящевой пластинки верхнего века в центральных участках составила $11,7 \pm 1,7$ мм (от 9,9 до 13,2 мм), нижнего века — $3,9 \pm 1,8$ мм (от 3,3 до 5,1 мм). Максимальную толщину тарзальных пластинок измеряли у свободных краев век. По нашим данным средняя толщина хрящевой пластинки верхнего века составила $0,98 \pm 0,17$ мм (диапазон от 0,72 до 1,3 мм). Согласно данным гистологических исследований толщина тарзальной пластинки верхнего века составляет около 1 мм [9, 11]. Полученные нами результаты близки к этим значениям. Средняя толщина хряща нижнего века составила $1,2 \pm 0,23$ мм (диапазон от 0,78 до 1,3 мм).

Мышца Мюллера является самостоятельной гладкой мышцей, расположенной в толще века непосредственно позади средней ножки леватора, прикрепленной к хрящу, и берет свое начало от нижней части леватора. Волокна мышцы Мюллера проникают между волокнами леватора, сопровождая их местами до верхнего края хряща, а также идут в косом и в поперечном направлении, вплетаясь в апоневроз леватора. Такой тесный контакт мышцы с апоневрозом леватора способствует при сокращении последнего лучшему осуществлению поднятия века с сохранением его формы: сокращение гладких мышц Мюллера противостоит тенденции века к деформации при его поднятии [9]. Мышца Мюллера, также как и круговая

мышца глаза, на сканограммах выглядела как гиперрефлективная структура. Это объясняется морфологической структурой, образованной множеством мелких мышечных клеток с упорядоченным внутренним строением, которые при прохождении ультразвуковых волн гиперрефлектируют. Так как рефлективность конъюнктивы также была повышенной и ее акустические характеристики не отличались от характеристик мышцы Мюллера, при ультразвуковом исследовании эти две структуры не дифференцировали друг от друга, и поэтому при анализе сканограмм комплекс «мышца Мюллера — конъюнктив» оценивали как единый блок. Средняя толщина комплекса «мышца Мюллера — конъюнктив» на верхнем веке составила $0,58 \pm 0,32$ мм (от 0,64 до 0,94 мм), на нижнем веке — $0,39 \pm 0,37$ мм (от 0,32 до 0,57 мм).

При переходе к верхнему конъюнктивальному своду визуализировали протоки добавочных слезных желез Краузе в виде групп (по 3-6 на одном ультразвуковом срезе) округлых (на поперечных ультразвуковых срезах) или отдельных вытянутых в виде фрагментов трубочек (на косых и продольных срезах) четко очерченных включений с арефлективным содержимым. Известно, что большая часть желез Краузе (приблизительно около 42) лежит в глубокой субконъюнктивальной ткани верхнего свода между пальпебральной частью слезной железы и хрящевой пластинкой. В нижнем своде их значительно меньше (6-8), и они реже попадали в ультразвуковой срез. Протоки желез объединяются и открываются в свод конъюнктивы [9, 11]. Диаметр протоков желез Краузе по нашим данным в среднем составил $0,21 \pm 0,11$ мм. О железах Краузе необходимо помнить при проведении оперативных вмешательств в области верхней границы хрящевой пластинки (операции по поводу птоза), поскольку неосторожное иссечение добавочных слезных желез может завершиться развитием сухого кератоконъюнктивита [17].

Выше верхнего края хрящевой пластинки верхнего века и ниже тарзальной пластинки нижнего века мы обнаруживали внутриорбитальную жировую ткань. Несмотря на то, что применение силиконовых канюль в ходе ультразвукового исследования для создания иммерсионной среды, может вызвать смещение преапоневротического жира, на сканограммах он визуализировался достаточно отчетливо в виде гиперрефлективной однородной структуры, четко отграниченной от окружающих тканей. Определить принадлежность жировой ткани преапоневротической или ретроорбитальной порции практически невозможно, так как глазничная перегородка (*septum orbitale*) на сканограммах не выделялась как отдельная структура. Позади круговой мышцы глаза находятся как посторбитальная фасция, так и глазничная перегородка, гистологическая структура которых схожа с апоневрозом леватора верхнего века и на сканограммах они выглядят как гипорефлективная прослойка, отграничивающая жировую гиперрефлективную ткань.

Проведенное исследование было интересным не только с позиции расширения наших представлений об «ультразвуковой анатомии» век, оно, как нам представляется, может иметь важное клиническое значение и применение. Оценка линейных параметров структур век может пригодиться при диагностике различных аномалий развития и положения века, заболеваний нейромышечного аппарата век. Например, при апоневротическом птозе это часто встречающаяся форма приобретенного птоза, развивающегося вследствие избыточного растяжения волокон апоневроза леватора верхнего века, либо их отрыва от тарзальной пластинки верхнего века. По данным литературы [18] в 90% случаев инволюционного или сенильного птоза имеет место недостаточность апоневроза (вследствие растяжения или отрыва), а в 10% случаев — значительная патология передней порции мышцы леватора при сохранном апоневрозе.

Исследование вышеуказанных анатомических структур с помощью УБМ может помочь в диагностике подобных патологических состояний.

Особое клиническое значение и применение может иметь исследование мышечного аппарата век «в действии». В метрологии существует понятие «динамическое измерение», которое подразумевает определение физической величины, претерпевающей в процессе измерений те или иные изменения, а именно изменение размеров. При ультразвуковом сканировании исследовали две мышечные структуры век (апоневроз леватора верхнего века и комплекс «мышца Мюллера — конъюнктив»), величина которых изменяется при переводе взгляда от прямого в направлении вверх. Предлагаемый алгоритм сканирования век мы обозначили как динамическая УБМ. Результат достигли благодаря тому, что сканирование при исследовании верхних век проводили как при прямом направлении взгляда пациента, так и при максимальном отведении взгляда вверх. Направление взгляда контролировали при помощи фиксации объекта парным глазом.

Анализ параметров, измеренных у пациентов при отведении взгляда вверх, показал, что средняя толщина апоневроза леватора верхнего века увеличивалась до $0,64 \pm 0,39$ мм в сравнении с исходной $0,42 \pm 0,38$ мм. Таким образом, толщина апоневроза леватора верхнего века увеличивалась в среднем на 52% от исходной. Средняя толщина комплекса «мышца Мюллера — конъюнктив» увеличивалась с $0,58 \pm 0,32$ до $0,74 \pm 0,29$ мм, что составило 28% от исходных значений.

При статистическом анализе измеренных структур век (толщина круговой мышцы глаза, тарзальных пластинок, апоневроза леватора верхнего века, комплекса «мышца Мюллера — конъюнктив»), как при прямом взгляде, так и при отведении взгляда вверх) корреляционной связи с демографическими данными, включая пол и возраст пациентов, не обнаружили.

В клинической практике для оценки состояния анатомических структур век применяются различные методы качественной и количественной оценки максимальной подвижности век [18]. Известно об использовании метода А-сканирования [19] для определения толщины век. Некоторые клиницисты отдадут предпочтение магнитно-резонансной томографии (МРТ), в том числе с применением специальной радиочастотной поверхностной катушки или с внутривенным введением контрастного вещества [20, 21]. В 1980 году был предложен метод динамометрии для оценки силы леватора верхнего века путем измерения активного сокращения и пассивного расслабления мышцы с применением специального устройства на пружине, которое подвешивали на верхнем веке, подшивая под местной анестезией [22]. В дальнейшем методика динамометрии была усовершенствована (устройство подвешивали на ресницах) и проводилась без применения анестетиков. Некоторые клиницисты [23–25] описывают свой опыт применения динамометрии для оценки таких параметров, как сила для нормопозиции верхнего века, сократительная способность и эластичность леватора в норме и при различных видах блефароптоза (до и в ходе хирургического вмешательства). Тем не менее методы диагностики для определения функционального состояния мышечного аппарата век являются довольно непростыми и достаточно трудоемкими.

Предлагаемый нами алгоритм сканирования при динамической УБМ, предоставляет сведения, косвенно указывающие на сократительную способность, т.е. качество функционирования апоневроза леватора верхнего и мышцы Мюллера, т.е. будучи визуализирующим методом, в каком-то смысле метод УБМ приобретает свойство функциональной диагностики.

Динамическая УБМ не относится к числу технически простых методов, особенно для неопытного исследователя, и не пре-

тендует на то, чтобы заменить собой другие диагностические пособия, однако, на наш взгляд, она может в некоторой степени помочь расширить представления о мышечных структурах век.

Таким образом, среди небольшого выбора диагностических пособий для визуализации анатомических структур век на сегодняшний день ультразвуковая биомикроскопия является адекватным методом неинвазивной диагностики. Метод УБМ достаточно четко качественно и количественно отражает анатомическую структуру век. На наш взгляд, в сравнении с МРТ проведение УБМ относительно проще и доступнее, исследование является более щадящим для пациента и, при наличии у исследователя опыта сканирования и четких представлений об анатомии век, может предоставить дополнительную ценную информацию для оценки состояния структур верхнего и нижнего века. Результаты нашего исследования продемонстрировали, что точность измерений при проведении УБМ век коррелирует с прецизионностью метода при оценке структур переднего отдела глаза.

Выводы

1. Анализ сканограмм, полученных при исследовании век 22 пациентов, показал, что метод ультразвуковой биомикроскопии позволяет визуализировать кожу с круговой мышцей глаза верхнего и нижнего века (*m. orbicularis palpebrarum*), тарзальные пластинки век, апоневроз мышцы, поднимающей верхнее веко (*m. levator palpebrae superioris*), комплекс «мышца Мюллера — конъюнктив», протоки желез Краузе, орбитальную жировую ткань.

2. В алгоритм сканирования век, обозначенный нами как динамическая УБМ, включено исследование анатомических структур век, как при прямом взгляде, так и при переводе взгляда вверх.

3. В ходе динамической УБМ определены параметры «ультразвуковой нормы». Исследования показали, что при переводе взгляда вверх толщина апоневроза леватора верхнего века увеличивалась на 52% от исходной величины, а толщина комплекса «мышца Мюллера — конъюнктив» — на 28%.

4. УБМ рекомендуется нами как неинвазивный, относительно доступный метод визуализации, предназначенный для объективизации динамического наблюдения за состоянием анатомических структур век в норме, при патологических состояниях, а также для оценки результатов различных лечебных (в том числе хирургических) мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pavlin C.J., Harasiewicz K., Sherar M.D. et al. Clinical use of ultrasound biomicroscopy // *Ophthalmology*. — 1991. — Vol. 98. — P. 287-295.
2. Аветисов С.Э., Амбарцумян А.Р., Разумова И.Ю. Возможности высокочастотной ультразвуковой биомикроскопии в диагностике воспалительных заболеваний склеры // *Вестн. офтальмол.* — 2009. — Т. 125, № 2. — С. 26-30.
3. Аветисов С.Э., Амбарцумян А.Р. Ультразвуковая биомикроскопия в мониторинге иридокорнеального эндотелиального синдрома // *Вестн. офтальмол.* — 2009. — № 3. — Т. 125. — С. 27-31.
4. Амбарцумян А.Р. Ультразвуковая биомикроскопия в диагностике вторичной глаукомы в артефактивных глазах // *Глаукома*. — 2012. — № 1. — С. 26-30.
5. Jemec G.B.E., Gniadecka M., Ulrich J. Ultrasound in dermatology // *Europ. J. of Dermatol.* — 2000. — Vol. 10, №6. — P. 492-497.

**Полный список литературы на сайтах
www.mfv.ru, www.parchive.ru**