

Бирич Т.А., Марченко Л.Н., Завадский П.Ч.
БГМУ, Минск

Биомеханические компоненты закрытия угла передней камеры глаза по данным оптической когерентной томографии

Поступила в редакцию 14.05.2010

Резюме

В статье проведен анализ томограмм переднего отрезка глаза здоровых лиц и больных глаукомой. Авторами предложен протокол обследования пациентов с закрытоугольной глаукомой (ЗУГ) с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) (область, меридиан и уровень каждого из сканов). Выделены основные биомеханические составляющие, которые влияют на размеры зоны угла передней камеры глаза (УПК). Проанализированы факторы, которые их определяют.

Авторы считают, что разработка параметров, характеризующих предложенные биомеханические компоненты, и изучение их вклада в закрытие УПК может помочь в определении патогенетической формы ЗУГ и выборе тактики ведения пациента.

Ключевые слова: закрытоугольная глаукома, оптическая когерентная томография, объективная оценка переднего отрезка глаза.

■ ВВЕДЕНИЕ

Появление и внедрение в практику ОКТ представляет новый этап развития офтальмологического диагностического оборудования. Это новый бесконтактный метод, который позволяет получать двухмерные изображения переднего отрезка глаза высокого разрешения [8, 9]. Отсутствие компрессии роговицы во время обследования не изменяет анатомической картины, а точное позиционирование глаза дает возможность повторно изучать передний отрезок в идентичном меридиане [2-5]. ОКТ имеет высокую согласованность полученных результатов, проведенных разными операторами [9].

Учитывая то, что при закрытоугольной глаукоме повышение внутриглазного давления связано с закрытием трабекулярной сети прикорневой частью радужки, использование ОКТ может стать эффективной диагностической опцией в руках глаукоматолога [7]. Решение вопроса о патогенетическом типе закрытия угла является принципиально важным в определении тактики ведения пациента с глаукомой [1].

■ АКТУАЛЬНОСТЬ

Анализ двумерных изображений переднего отрезка глаза впервые стал доступен с появлением ультразвуковой биомикроскопии. С помощью этого метода рядом авторов изучались такие параметры, как: центральная толщина роговицы (ЦТР), толщина склеры на уровне склеральной шпоры (ТС), центральная глубина передней камеры (ГПК), диаметр зрачка (ДЗр), длина линии плоскости склеральной шпоры (ЛПСШ), величина угла передней камеры (УПК), дистанция открытия угла в 500 и 750 мкм от склеральной шпоры (ДОУ500 и ДОУ750), площадь закрытия угла (ПЗУ500 и ПЗУ750), трабекуло-радужковая площадь (ТРП500 и ТРП750), длина контакта трабекула-радужка (ТРК), величина изгиба радужки (ИР) [9]. Однако большинство из этих параметров рассматривались изолированно, что приводило к недостаточному пониманию причин закрытия УПК.

В связи с этим, разработка системы, комплексно оценивающей передний отрезок глаза и отображающей в динамике все его анатомические взаимосвязи, является актуальной проблемой.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен анализ томограмм переднего отрезка глаза 53 пациентов (106 глаз). Среди них мужчин было 11, женщин – 42. Средний возраст больных составил $64,9 \pm 13,2$ года. Диагностировано закрытоугольной глаукомы – 24 случая, смешанной глаукомы – 21, открытоугольной глаукомы – 18, подозрений на глаукому – 11, катаракт – 81, артефакты – 7. За период наблюдения 19 пациентам (37 глаз) была выполнена периферическая лазерная иридэктомия, 16 пациентам (16 глаз) – факоэмульсификация катаракты с имплантацией интраокулярной линзы.

Всем пациентам было проведено стандартное офтальмологическое и дополнительное обследование, включающее оптическую когерентную томографию переднего отрезка глаза (Visante OCT, Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA). Период наблюдения составил от 2 до 12 месяцев.

При проведении ОКТ переднего отрезка использовались протоколы: Anterior Segment Single ($0-180^\circ$, $90-270^\circ$) через анатомическую ось глаза, High Resolution Corneal ($0-180^\circ$) зоны УПК на уровне анатомической оси глаза в носовом и височном сегментах, Pachymetry map, Anterior Segment Single ($0-180^\circ$) на уровне анатомической оси глаза и смещением зоны исследования до задней капсулы хрусталика. Особое внимание уделялось точному позиционированию глаза (совмещению его анатомической и зрительной оси), которое изменяется с помощью параметра Angle Fixation. Во всех случаях при измерении параметров зон вне оси глаза с использованием протокола High Resolution Corneal проводилась Surface настройка линий передней и задней поверхности роговицы, что устраняло программное искажение изображения.

Цель работы

Выявить основные биомеханические компоненты закрытия угла передней камеры глаза у больных закрытоугольной глаукомой по данным оптической когерентной томографии.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью ОКТ переднего отрезка глаза томограммы удалось получить у всех пациентов. Краткое описание используемых протоколов и анатомических структур, доступных для анализа, представлено в табл. 1.

Двухмерная ОКТ-биометрия является полуобъективным методом диагностики. Например, в программном модуле Irido-Corneal Tools Software Module необходимо отметить расположение склеральной шпоры, после чего автоматически будут рассчитаны параметры ДОУ500 и ДОУ750, ПЗУ500 и ПЗУ750, ТРП500 и ТРП750, ТРК. Приведенные параметры достаточно хорошо характеризуют степень закрытия угла, однако не определяют причин, которые к этому приводят. Патогенетический тип закрытоугольной глаукомы остается нераскрытым, что приводит в ряде случаев к неправильному выбору тактики ведения пациента.

Комплексная оценка переднего отрезка глаза с учетом других биометрических и функциональных параметров может помочь решить эту проблему. Для этого необходимо:

1. определить систему координат (линия базисной плоскости – ось абсцисс, положение базисной плоскости – ось ординат) для анализа двухмерных ОКТ-изображений;
2. выделить биомеханические компоненты, изменение которых приводит к закрытию УПК;

Таблица 1
Краткое описание протоколов и зоны ОКТ-исследования

| Протокол ОКТ | Характеристики получаемой томограммы | Исследуемые анатомические структуры |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anterior Segment Single (0-180°) | Томограмма переднего отрезка 16*6 мм из 256 А-сканов в линии с оптическим разрешением 18 мкм (аксиальное) на 60 мкм (поперечное). Меридиан 0-180°. | Роговица, лимб, часть склеры, передняя камера, строма и пигментный листок радужки, плоская часть цилиарного тела, передняя часть хрусталика в области зрачка. |
| Anterior Segment Single (0-180°) | Томограмма переднего отрезка 16*6 мм из 256 А-сканов в линии с оптическим разрешением 18 мкм (аксиальное) на 60 мкм (поперечное). Меридиан 0-180°. Задней границей области сканирования служит задняя капсула хрусталика. | Лимб, радужка и пигментный листок радужки, плоская часть цилиарного тела, хрусталик в области зрачка. |
| High Resolution Corneal (0-180°) | Томограмма переднего отрезка 10*3 мм из 512 А-сканов в линии с оптическим разрешением 18 мкм (аксиальное) на 60 мкм (поперечное). Меридиан 0-180°. Носовой и височный сегменты. | Периферия роговицы, лимб, часть склеры, строма и пигментный листок радужки, склеральная шпора, угол передней камеры. |
| Pachymetry map | Пахиметрическое картирование по данным 8 томограмм 10*3 мм из 128 А-сканов с оптическим разрешением 18 мкм (аксиальное) на 60 мкм (поперечное). | Роговица. |

3. определить параметры, описывающие каждый из биомеханических компонентов, а также факторы, которые на них влияют;
4. определить вклад каждого из биомеханических компонентов в закрытие УПК.

В качестве базисной нами выбрана плоскость склеральной шпоры. Линия плоскости склеральной шпоры и ее положение на ОКТ-изображениях обладают хорошей ревоспроизводимостью. Параметры линии плоскости склеральной шпоры и факторы, оказывающие влияние на нее, изучены нами ранее [10].

Обратимся к биомеханике закрытия угла передней камеры глаза. УПК ограничен передней поверхностью радужки и корнеосклеральной стенкой, на которую на отрезке до 500 мкм от склеральной шпоры проецируется Шлеммов канал. Наружная оболочка глаза имеет относительно стабильную форму и размеры, в то время как у радужки они изменчивы. Таким образом, определив причины изменения координат, размеров и конфигурации радужной оболочки, можно предположить каков патогенетический механизм закрытия УПК.

Размеры радужки определяются ее длиной (расстояние от периферии до центра) и шириной (соответствует толщине). Положение радужной оболочки изменяется в двух случаях: при смещении только зрачковой части с фиксированной периферией или одновременным смещением центральной и периферической части.

На основании этого нами выделены 4 биомеханических компонента сужения и закрытия угла передней камеры глаза:

1. положение зрачкового края радужки относительно ее периферии, или наклон радужки;
2. положение периферической части радужки относительно линии плоскости склеральной шпоры, или положение плоскости периферии радужки;
3. положение передней поверхности радужки в зоне УПК относительно ее задней поверхности, или толщина периферии радужки;
4. положение центра радужки относительно линии, соединяющей ее зрачковый край и периферическую часть, или конфигурация радужки.

Безусловно, каждый из приведенных компонентов не встречается изолированно, однако их вклад при разных патогенетических механизмах закрытия угла – отличается.

Наклон радужки определяется разницей между координатами зрачковой и периферической частями радужки по оси ординат. В первую очередь, он зависит от размера и положения хрусталика. При увеличении толщины хрусталика или смещении его в сторону роговицы наклон радужки становится больше, что приводит к уменьшению УПК.

Одновременно на наклон радужки влияют диаметр зрачка и положение плоскости периферии радужки. При увеличении диаметра зрачка наклон радужки уменьшается из-за кривизны передней поверхности хрусталика, которая служит опорой для ее зрачковой части. Смещение плоскости периферии радужной оболочки кпереди также приводит к уменьшению ее наклона. Этот компонент больше выражен при закрытоугольной глаукоме с функциональным зрачковым блоком.

Конфигурация радужки определяется ее изгибом кпереди (например, в случае классического функционального зрачкового блока) или кзади.

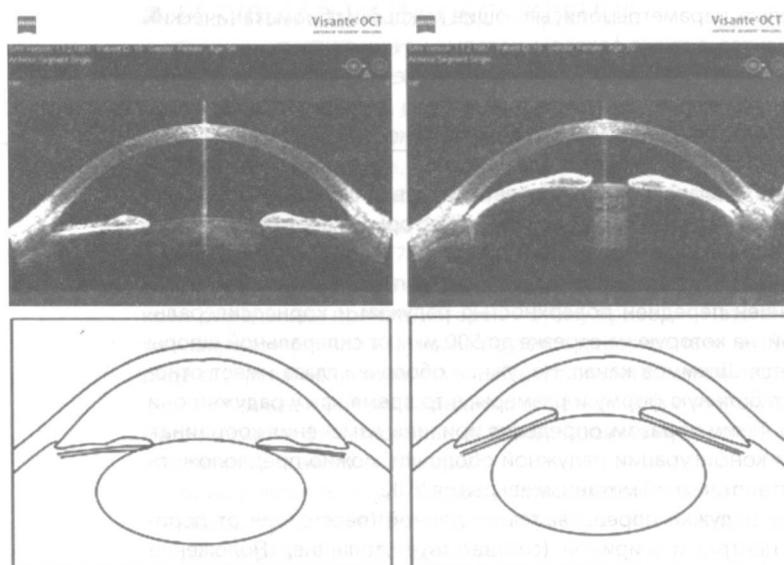


Рисунок 1

Наклон радужки и размеры УПК

1а – томограмма переднего отрезка глаза (компонент не выражен); 1б – схематическое изображение переднего отрезка глаза (компонент не выражен); 2а – томограмма переднего отрезка глаза (компонент выражен); 2б – схематическое изображение переднего отрезка глаза (компонент выражен)

На рис. 1 показано изменение размеров УПК при увеличении наклона радужки.

Положение линии плоскости периферии радужки определяется разницей с положением линии плоскости склеральной шпоры. Компонент зависит от размеров и положения цилиарного тела, смещения кпереди только радужки или в целом иридохрусталиковой диафрагмы. С другой стороны, положение линии плоскости периферии радужки зависит от положения линии плоскости склеральной шпоры. Относительное положение плоскости периферии радужки больше выражено у пациентов с витреохрусталиковым блоком.

На рис. 2 показано изменение размеров УПК при смещении кпереди линии плоскости периферии радужки.

Толщина периферии радужки зависит от состояния радужки в целом и от диаметра зрачка. При увеличении последнего толщина периферии радужки увеличивается, также могут образовываться складки. Закрытие угла складкой радужки при миопии чаще встречается у пациентов с закрытоугольной глаукомой и плоской радужкой.

Изменение размеров УПК, связанное с изменением толщины периферии радужки, показано на рис. 3.

Изгиб радужки (конфигурация радужки) определяется положением ее центральной части относительно зрачкового и периферического краев. Компонент зависит от наличия градиента давления между перед-

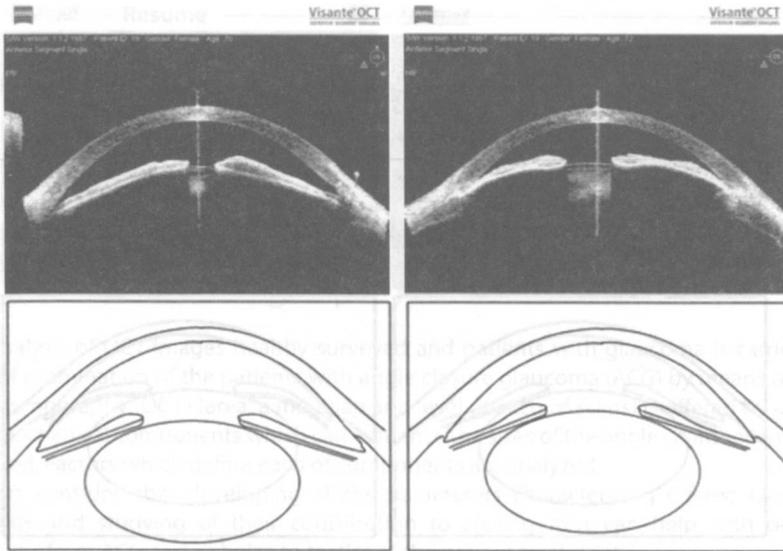


Рисунок 2

Относительное положение периферии радужки и размеры УПК

1а – томограмма переднего отрезка глаза (компонент не выражен); 1б – схематическое изображение переднего отрезка глаза (компонент не выражен); 2а – томограмма переднего отрезка глаза (компонент выражен); 2б – схематическое изображение переднего отрезка глаза (компонент выражен)

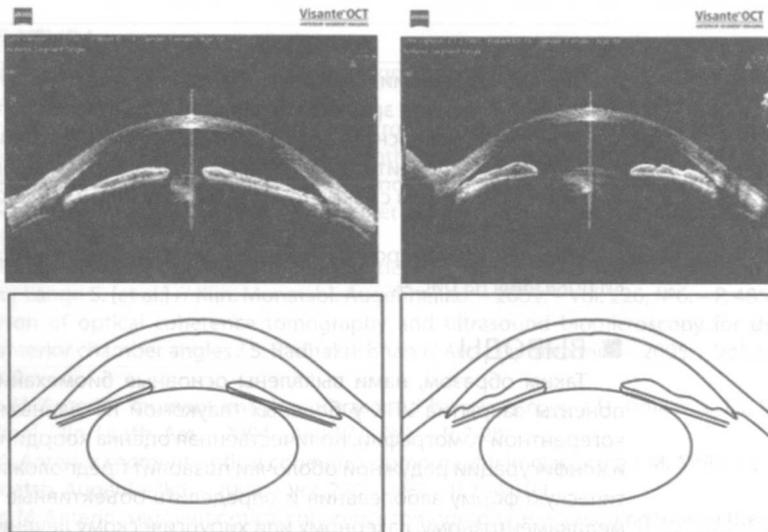


Рисунок 3

Толщина периферии радужки и размеры УПК

1а – томограмма переднего отрезка глаза (компонент не выражен); 1б – схематическое изображение переднего отрезка глаза (компонент не выражен); 2а – томограмма переднего отрезка глаза (компонент выражен); 2б – схематическое изображение переднего отрезка глаза (компонент выражен)