

А.И. Толмачев

ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО И АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛОВ В ГЛАЗНОМ ТОНОМЕТРЕ

В последнее время получили развитие оптические и акустические методы биомедицинских исследований. В новых неинвазивных приборах для измерения внутриглазного давления используются акустический принцип механического влияния на роговицу (импульс воздуха) и оптические методы детектирования ответной реакции, которая зависит от внутриглазного давления. В данной работе мы рассматриваем традиционные офтальмотонометры используемые для измерения глазного давления и новые подходы, в которых применяются акустический и оптический принципы.

Офтальмотонометры, используемые в РФ: 1) тонометр Маклакова; 2) эласотометр Филатова-Кальфа; 3) аппланационный тонометр Гольдмана; 3) аппланационные тонометры Перкинса и Дрегерса; 4) бесконтактный аппланационный тонометр; 5) импрессионный тонометр Шиотца; 6) транспальпебральный тонометр ТГДц-01 "ПРА" (индикатор ИГД-02 "ПРА").

Все перечисленные выше офтальмотонометры (кроме ТГДц-01, ИГД-02) измеряют внутриглазное давление (ВГД) через роговицу. Можно отметить следующие достоинства роговичной тонометрии: 1) на открытом глазу роговица более доступна для тонометрии, чем склера; 2) между тонометром и полостью глаза нет интерпозиции других структур (конъюнктивы, веко, цилиарное тело) кроме роговицы;

3) индивидуальные размеры, толщина и кривизна роговицы различаются в меньшей степени, по сравнению с другими отделами фиброзной оболочки глаза.

Вместе с тем роговичной тонометрии присущи и серьезные недостатки. Роговица обладает высокой болевой чувствительностью, и тонометрию нельзя производить без анестетиков, которые у некоторых больных вызывают раздражение конъюнктивы, отек эпителия роговицы, кратковременное повышение ВГД, аллергический конъюнктивит. Роговица имеет правильную сферическую форму только в центральной зоне и уплощается к периферии, ее толщина увеличивается от 0,5...0,6 мм в центре до 0,8 мм на периферии. Кроме этого, существующие индивидуальные различия как в кривизне, так и в толщине роговицы, значительно влияют на результаты тонометрии [1].

При роговичной тонометрии трудно предупредить увеличение тонуса орбикулярной и пальпебральной мышц, что приводит к повышению ВГД. Увеличение офтальмотонуса может быть связано также и с повышением артериального давления при приближении к открытому глазу тонометра [2].

Известно, что слеза может содержать бактерии и опасные вирусы (вирус гепатита В, герпеса, аденовирусы, ВИЧ). Однако, проблема стерилизации стандартных тонометров далека от разрешения. Роговичная тонометрия противопоказана при отеке век или роговицы, нистагме, конъюнктивите, роговичных эрозиях, язвах, кератитах, бельмах и рубцах.

Отличие индикатора от тонометра состоит лишь в том, что его цифровые показания соответствуют значениям тонометрического давления для тонометра Маклакова массой 10 г. Этот индикатор предназначен для использования в тех странах, где тонометр Маклакова имеет широкое распространение (страны СНГ, КНР, некоторые восточно-европейские страны). Особенность нового подхода заключается в том, что измерение ВГД производится через веко, что исключает контакт с конъюнктивой и роговицей и не требует применения анестезирующих препаратов. При этом воздействие на глаз осуществляется через веко на склере.

Исследования показали, что при применении маскирующих колебаний, близких по спектральному составу информационному сигналу, необходимо рассматривать соотношение сигнал/шум (С/Ш). Акустический сигнал со случайной амплитудной и частотной модуляцией можно легко смоделировать на компьютере. Добавление белого или розового шума позволяет смоделировать реальный процесс активного акустического влияния на роговицу.

С другой стороны, испытания по оценке шумовых помех, не являются полностью объективными. Поэтому для проверки эффективности различных видов акустических помех, с нашей точки зрения, целесообразней использовать методы математического (цифрового) моделирования.

Шумы оптического излучения характерны и для нелинейных источников: светодиодов с торцевым излучением и усилителем. В этом случае статистика шумов отличается от аналогичной статистики для лазеров. Кроме этого, в источниках излучения с ASE шумы оптического излучения генерируются биениями между различными частотами.

Наряду с отношением С/Ш, часто используют понятие относительная интенсивность шума (RIN), которая определяется, как

$$RIN = \frac{(\Delta P)^2}{(P_0)^2},$$

где $\Delta(P)^2$ – интенсивность спектральной плотности оптического сигнала, а P_0 – средняя оптическая мощность.

Из этого выражения следует, что на практике необходимо добиваться минимизации значения RIN , которое может быть использовано для определения максимально достижимого С/Ш в системах передачи, где основным источником шума является интенсивность шума лазера. Следующее выражение показывает теоретическое соотношение между значениями С/Ш и RIN :

$$\frac{C}{Ш} = \frac{m^2}{2BRIN},$$

где m – глубина оптической модуляции; B – полоса частот.

При измерениях RIN необходимо предварительно определить параметры частотной модуляции фотодиода, усилителя системы, а также потери рассогласования между ними.

Бесконтактный компьютерный пневматический тонометр СТ-80/СТ-80А позволяет проводить полуавтоматическое (СТ-80) или полностью автоматическое (СТ-80А) измерение внутриглазного давления. Отличается высочайшей точностью и стабильностью получаемых результатов, которые не зависят от внешних факторов (атмосферного давления, высоты над уровнем моря и неустойчивого положения прибора).

В тонометре используются два режима измерения:

1) 0...30 мм рт. ст. – для пациентов, у которых внутриглазное давление находится в пределах нормы;

2) 0...60 мм рт. ст. – для давлением > 30 мм рт. ст.

СТ-80 оснащен тройной стопор безопасности движения сообщение о слишком малом отображаемое на мониторе в И, в-третьих, это звуковой слишком малом расстоянии

В СТ-80 используется специалистами компании

помощи двух сенсоров: светового сенсора и сенсора давления. Световой сенсор определяет момент взаимодействия воздушного потока с роговицей глаза, в то время как датчик давления учитывает давление в воздушной камере (см. рис. 1).

Эта новая система измерения позволяет оператору получать высокоточные и достоверные данные, которые не зависят от атмосферного давления, высоты и других внешних факторов.

Результаты нашего исследования показали, что ВГТ «Торсон СТ-80» наиболее современный и удобный прибор из исследованных нами. Прибор обладает высокой скоростью измерений – около 3 м/с; использует бесконтактность измерения с помощью мягкой воздушной струи; имеет инфракрасную систему слежения за местоположением глаза; имеет высокую степень достоверности получаемых результатов; измерения абсолютно не зависят от атмосферного давления; имеет функцию тройной защиты от травматизма пациента; фиксация лба и подбородка во время исследования очень удобна; имеет расширенный диапазон измерений при глаукоме; имеет функцию самоконтроля и самотестирования.

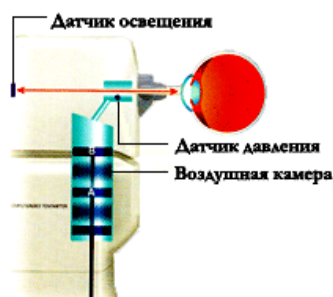


Рис. 1

пациентов с высоким внутриглазным

системой безопасности. Во-первых, это корпус инструмента. Во-вторых, расстоянии до глаза пациента, процессе позиционирования инструмента. сигнал, предупреждающий оператора о между инструментом и глазом пациента. двойная сенсорная система, разработанная Торсон. Это система измерения при

помощи двух сенсоров: светового сенсора и сенсора давления. Световой сенсор определяет момент взаимодействия воздушного потока с роговицей глаза, в то время как датчик давления учитывает давление в воздушной камере (см. рис. 1).

Эта новая система измерения позволяет оператору получать высокоточные и достоверные данные, которые не зависят от атмосферного давления, высоты и других внешних факторов.

Результаты нашего исследования показали, что ВГТ «Торсон СТ-80» наиболее современный и удобный прибор из исследованных нами. Прибор обладает высокой скоростью измерений – около 3 м/с; использует бесконтактность измерения с помощью мягкой воздушной струи; имеет инфракрасную систему слежения за местоположением глаза; имеет высокую степень достоверности получаемых результатов; измерения абсолютно не зависят от атмосферного давления; имеет функцию тройной защиты от травматизма пациента; фиксация лба и подбородка во время исследования очень удобна; имеет расширенный диапазон измерений при глаукоме; имеет функцию самоконтроля и самотестирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппова, О.М. Транспальпебральная тонометрия: новые возможности регистрации внутриглазного давления / О.М. Филиппова // Глаукома. – 2004. – № 1. – С. 54 – 56.
2. Нестеров, А.П. Транспальпебральный тонометр для измерения внутриглазного давления / А.П. Нестеров, Г.К. Пилецкий, Н.Г. Пилецкий // Вестник офтальмологии. – 2003. – № 1. – С. 3 – 5.

Кафедра «Биомедицинская техника»