

АНАЛИЗ МЕТОДА КАПНОМЕТРИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

Чайка Екатерина Дмитриевна

студент Волгоградского государственного медицинского университета, РФ, г. Волгоград

Коробкова Светлана Александровна

научный руководитель, канд. пед. наук, доц., зав. каф физики Волгоградского государственного медицинского университета, РФ, г. Волгоград

Капнометрия, являясь одним из современных методов цифрового отображения концентрации или измерения парциального давления углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом газе за время одного дыхательного цикла пациента, позволяет в режиме реального времени получать информацию в динамике о состоянии легких и дыхательных путей пациента.

К сожалению, в практической медицине в России по данным [5] существует неоднозначное отношение медицинских специалистов к данному виду диагностики из-за недостаточного материального оснащения медицинских учреждений необходимым для осуществления мероприятий данным методом, а также с недостаточной осведомленностью врачей-практиков о возможностях капнометрии.

Вместе с тем полезную динамическую и своевременную информацию с помощью капнометров самой разнообразной модификации могут получать специалисты различных медицинских направлений [1; 2].

Капнометр, состоящий из системы забора газа для анализа и самого анализатора, применяется по двум системам для забора газа и двум методам его анализа: 1) забор газа непосредственно из дыхательных путей пациента и 2) забор по методике, когда датчик располагается в непосредственной близости к дыхательным путям [5]. И тот и другой метод позволяют контролировать минутный сердечный выброс [1]. Анализируя параметры кривой капнограммы, врач способен определить сопротивление дыхательных путей на выдохе, а по факту присутствия и длительности плато кривой капнограммы сделать вывод о величине различия уровней CO_2 .

Концентрация углекислого газа в газовой смеси определяется различными способами. Однако для целей клинического мониторинга пригодны лишь те из них, которые отвечают следующим требованиям:

- обеспечивают длительное измерение с немедленным отображением текущего значения;
- гарантируют достаточную для клиники точность измерения;
- реализуются в надежных, компактных и нетрудоемких в обслуживании мониторах;
- не нуждаются в частых калибровках (при этом сама процедура калибровки должна быть простой и недорогостоящей);
- не представляют даже потенциальной опасности для пациентов и не имеют вредных факторов: шума, электромагнитного излучения, инкубации инфекции и пр.

Несмотря на медицинское назначение капнометр позволяет проводить диагностику неполадок в наркозных аппаратах и респираторах. Например, при помощи капнометра можно определить точность срабатывания клапана вдоха, благодаря этому обеспечивается контроль примерного объема заброса показателя CO_2 на выдохе [6]. Данный прибор также используется и для мониторинга дыхательных движений. При перегибах интубационной

трубки, разгерметизации магистрали, неисправности респиратора, капнометр подает сигнал остановки дыхания [1].

В настоящее время медицинская промышленность выпускает капнографы, функционирование которых основано на использовании одного из четырех способов определения CO_2 : 1) масс-спектрометрии; 2) рамановской спектрометрии; 3) инфракрасного оптико-акустического анализа; 4) инфракрасного оптического анализа.

В основе последнего метода капнометрии лежит способность поглощения инфракрасного излучения несимметричными молекулами газа CO_2 , N_2O и другими летучими анестетиками. Газы, состоящие из симметричных молекул (O_2 , N_2 , He) не абсорбируют инфракрасное излучение, поэтому их наличие в смеси и концентрация определяются другими методами газоанализа. С другой стороны, каждый «несимметричный» газ может поглощать (абсорбировать) только определенную, специфичную для данного газа, часть спектра инфракрасного излучения, например, CO_2 абсорбирует инфракрасное излучение только с длиной волны 4,25 мкм [4], что и является основой метода оптической капнометрии.

Суть принципа определения CO_2 способом инфракрасного оптико-акустического анализа заключается в том, что переход молекул газа в возбужденное состояние под воздействием инфракрасных волн сопровождается появлением звука. Звук улавливается микрофоном. Специальные фильтры, попеременно пропускают инфракрасные лучи с длинами волн, соответствующими линиям спектров поглощения исследуемых газов. Амплитуда звука определяется концентрацией газа. Встроенная программа анализирует фонограмму и выделяет из нее сигналы, соответствующие каждому компоненту газовой смеси. Данный метод также отличается высокой точностью и стабильностью.

Метод определения CO_2 способом рамановской спектрометрии, названный в честь имени индийского физика Ч.В. Рамана (1928) основывается на исследовании газовой смеси, которая поступает в измерительную камеру, где она облучается потоком света, продуцируемом аргоновым лазером. Под действием облучения молекулы газа переходят в возбужденное состояние, а затем, возвращаясь в исходное состояние, излучают свет более низкой энергии и большей длины волны. Величина волнового сдвига, известного в физике как «рамановский сдвиг», специфична для каждого газа, а интенсивность вторичного излучения зависит от концентрации газа. Таким способом можно одновременно определить концентрацию всех компонентов газовой смеси, включая кислород и азот.

Способ определения CO_2 с использованием масс-спектрографов является на сегодняшний день одним из самых точных и недоступных для медицинской практики в России. Суть метода капнометрии, основанном на данном способе определения CO_2 состоит в том, что небольшая часть вдыхаемого и выдыхаемого газа специальной помпой постоянно доставляется от пациента по тонкой трубке-магистрали в вакуумную камеру прибора, где разреженный газ подвергается бомбардировке пучком электронов, превращающих молекулы газовой смеси в заряженные частицы — ионы. Далее газовые ионы фокусируются электромагнитным полем в пучок, разгоняются и попадают в мощное постоянное магнитное поле, которое изменяет траекторию их полета. При этом отклонения каждого иона зависит от его массы и заряда: тяжелые ионы отклоняются меньше, чем легкие. Так, смесь ионизированных газов разделяется на потоки, состоящие из отдельных компонентов газовой смеси. На пути каждого потока устанавливается счетчик ионов, что позволяет определить общее количество ионов, достигших коллектора. Принимая за 100 % общее число ионов, по количеству разрядов отдельных счетчиков вычисляют процентное соотношение компонентов исследуемой газовой смеси, включающей азот, кислород, углекислый газ, закись азота и др. [4]. Результаты измерения на основе данного способа могут искажаться за счет появления в дыхательной смеси какого-либо другого газа (гелия, ксенона и др.).

Методом капнометрии вне зависимости от способа определения CO_2 решается ряд медицинских проблем: с одной стороны, проблемы функциональной диагностики, например, измерение объема мертвого пространства и объема альвеолярной вентиляции [3; 4; 5]; с другой — проблемы частного функционального лечения, например, при проведении наружного массажа сердца в комплексе с реанимационными мероприятиями [1]. Во втором случае концентрация CO_2 в выдыхаемом воздухе является мерой эффективности массажа

сердца. Причем, чем выше концентрация CO_2 , тем больше углекислого газа приносит кровь в малый круг кровообращения и тем больше объем этой крови и, соответственно, тем эффективнее массаж сердца и благоприятнее прогноз реанимации.

Анализ метода капнометрии различными способами и его применения в медицинской практике в России позволил выявить следующие его недостатки:

- необходимость в обезвоживании анализируемого газа;
- высокую скорость забора пробы газа (порядка 150—200 мл/мин);
- поломку встроенных фильтров и ловушек для воды и недостаточное качество фильтров и датчиков;
- блокирование магистралей каплями конденсата и мокроты, приводящее к турбулентности потока и искажению формы капнограммы с артефактными значениями получаемых показателей;
- частые поломки газовой помпы;
- систематические траты на приобретение расходных материалов (адаптеров, магистралей, фильтров, калибровочного газа) и др.

Несмотря на технические и экономические недостатки метод канометрии имеет значительное количество достоинств. К ним относятся:

- сокращение количества врачебных ошибок за счет информационной динамики о показателе уровня CO_2 ;
- обеспечение контроля объема заброса показателя CO_2 на выдохе пациента;
- мониторинг дыхательных движений с одновременным отслеживанием остановки дыхания пациента;
- исчерпывающая информация о состоянии дыхательных путей;
- возможность определения причины апноэ (отсутствия дыхания), в том числе и во время сна пациента;
- возможность оценки и принятия решения об адекватности самостоятельного дыхания и о выборе времени для безопасной экстубации пациента (извлечения трубки из гортани или трахеи);
- осуществление эффективной функциональной диагностики.

Несмотря на это, метод капнометрии все еще рассматривается многими российскими врачами как «элитный», необходимый лишь для научных исследований.

Список литературы:

1. Консультант врача: кардиология. ГЭОТАР-медиа, 2008 — 504 с.
2. Нисвандер К., Эванс А., Акушерство. Справочник Калифорнийского университета. Практика, 1999. — 704 с.
3. Терехов В.А. Выбор первичного измерительного преобразователя для автоматизированной диагностической медицинской аппаратуры. Барнаул Изд-во АГТУ им. Ползунова И. И, 2010. — С. 12.
4. Филиппович Г.В. Эволюция в технологиях капнометрии. Микроструйная капнометрия (microstream technology) — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://okontur.narod.ru/art/monitor_2/monitor2.html (дата обращения 12.05.2014).
5. Царенко С.В., Вахницкая В.В., Белова Н.В., Давыдова Л.А. Капнометрия и капнография: «изгои» реанимационного мониторинга. МГУ, 2007. — С. 10.
6. Шурыгин И.А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. СПб.: «Невский Диалект», М.: «Издательство БИНОМ», 2000. — 301 с.