



Ю.И. Фещенко,
академик НАМН Украины,
доктор медицинских наук,
профессор



Л.А. Яшина,
доктор медицинских наук,
профессор

УДК 616.24-007.272-036.12-07-085

Ю.И. ФЕЩЕНКО, Л.А. ЯШИНА, С.Г. ОПИМАХ

Государственное учреждение «Национальный институт фтизиатрии и пульмонологии им. Ф.Г. Яновского НАМН Украины» (НИФП НАМН), г. Киев, Украина

МЕСТО КАПНОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ ГИПЕРИНФЛЯЦИИ ЛЕГКИХ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ОБСТРУКТИВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЕМ ЛЕГКИХ

Обоснование. Для диагностики гиперинфляции легких применяется бодиплетизмография, однако это сложная и дорогостоящая методика. Нас заинтересовала возможность применения дополнительных методов диагностики, в частности капнометрии, для оценки гиперинфляции легких у больных ХОЗЛ.

Данная работа выполняется с целью разработать новый способ диагностики гиперинфляции легких у больных ХОЗЛ путем применения методики капнометрии.

Результаты. Обследовано 100 больных ХОЗЛ (II, III и IV) стадий, а также 35 здоровых лиц. Только у (86,0±3,5% больных бодиплетизмография соответствовала критериям правильного ее выполнения, а капнометрия – у всех (100,0±3,8)% больных. При уровне фракционной концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе на протяжении выдоха менее 3% и значении объема «мертвого» пространства на единицу массы тела больше 2,5 мл/кг диагностируют гиперинфляцию легких с чувствительностью 82,5% и специфичностью 86,7%. Риск выявления гиперинфляции легких у здоровых лиц при выполнении бодиплетизмографии составляет 0,0596, а по данным капнометрии – 0,0625. Диапазон ДИ для этого показателя при проведении капнометрии – 0,2982, а для бодиплетизмографии – 0,4931.

Выводы. Капнометрия – дополнительная диагностическая методика для наблюдения за больными ХОЗЛ, правильность выполнения которой превосходит бодиплетизмографию на 14%. Капнометрия позволяет диагностировать гиперинфляцию легких с уменьшением риска гипердиагностики на 39,5% и разграничить эмфизематозный фенотип ХОЗЛ при уровне $FECO_2$ менее 3%, бронхитический фенотип при $FECO_2$ выше 3,3% и смешанный фенотип ХОЗЛ при значении $FECO_2$ от 3 до 3,3%.

Ключевые слова: хроническое обструктивное заболевание легких, гиперинфляция легких, капнометрия.

Одышка и снижение толерантности к физическим нагрузкам являются основными симптомами хронического обструктивного заболевания легких (ХОЗЛ), значительно ухудшающими качество жизни больных. Эти клинические признаки напрямую не связаны со степенью обструкции дыхательных путей, так как зависят от избыточной воздушности или гиперинфляции легких. Гиперинфляция – это патологическое увеличение объема воздуха, который остается в легких в конце спокойного выдоха [25]. Вследствие хронического воспаления и обструкции периферических дыхательных путей затрудняется и укорачивается выдох, происходит недостаточное освобождение альвеол от воздуха. Во время короткого неэффективного выдоха в них задерживается избыток воздуха («воздушные ловушки»), вследствие чего последующий вдох также не может быть полноценным. Физическая выносливость резко снижается, так как больной не может глубже дышать во время нагрузки, минутный объем дыхания увеличивается только за счет увеличения частоты дыхательных движений [6, 8]. При увеличении частоты дыхания уменьшается время выдоха, что еще больше затрудняет опорожнение легких. Воздушные ловушки увеличивают функциональную остаточную емкость с каждым дыхательным циклом. Это продолжается до тех пор, пока функциональная остаточная емкость не приблизится к общей емкости легких – при такой позиции продолжение физической нагрузки невозможно. Этот феномен называется динамическая гиперинфляция и ответствен за ограничение физической активности [29]. Динамическая гиперинфляция может присутствовать у

любого больного независимо от стадии ХОЗЛ [16]. Высокий остаточный объем увеличивает работу дыхания за счет двух механизмов. Во-первых, дыхательные мышцы укорачиваются и находятся в механически невыгодных условиях, вследствие чего для формирования градиента давления для вдоха требуется чрезмерная мышечная активность. Во-вторых, при высоких объемах снижается compliance легких, поэтому для формирования потока воздуха во время вдоха затрачивается больше усилий [14, 29]. Одышка и низкая физическая выносливость ведут к малоподвижному образу жизни, детренированности дыхательной и скелетной мускулатуры, что замыкает круг патогенеза [12].

Острая динамическая гиперинфляция легких во время обострений ХОЗЛ приводит к деструктивным изменениям легочной паренхимы, что является необратимым шагом к стабильной гиперинфляции [24]. Гиперинфляция легких нарушает гемодинамику путем уменьшения венозного возврата и снижения преднагрузки правого желудочка, а большое внутригрудное давление обуславливает дисфункцию левого желудочка сердца [28].

Объективная и своевременная диагностика гиперинфляции легких, ее контроль в динамике являются актуальной клинической задачей, так как в настоящее время существуют терапевтические возможности, позволяющие помочь этим больным. И хотя в диагностике эмфиземы легких на первый план вышла методика компьютерной томографии, при оценке гиперинфляции легких, особенно в контексте ее динамической составляющей, в настоящее время широко используют бодиплетизмографию [23].

Принцип бодиплетизмографии основан на законе Бойля, согласно которому произведение давления газа на его объем остается постоянным при постоянной температуре окружающей среды [30]. Критериями гиперинфляции легких являются увеличение функциональной остаточной емкости (ФОЕ), остаточного объема (ОО), общей емкости легких (ОЕЛ) и снижение емкости вдоха ($E_{вд}$) [1]. Однако бодиплетизмография имеет ряд недостатков. Это высокая стоимость, сложность и большие габариты оборудования, неудобство для больных с гипсовыми повязками или в инвалидных креслах, а также присоединенных к системам внутривенного введения лекарств. Больные с парезами мышц лица не могут выполнить маневр «заслонки», а неправильная техника маневра может привести к повышению внутригрудного давления. Относительными противопоказаниями к проведению бодиплетизмографии являются ментальные расстройства у больного, мышечная дискоординация, клаустрофобия, постоянная оксигенотерапия, которую нельзя прервать, кровохарканье, пневмоторакс, аневризма аорты и сосудов головного мозга. Методика не может выполняться при следующих состояниях с нарушением герметичности измерения: перфорация барабанной перепонки, транстрахеальный катетер, трахеостома, дренаж в плевральной полости [31]. Точность определения легочных объемов зависит от правильности маневра «заслонки» – движения нужно выполнять с частотой 1 раз в секунду. Это сложная методика, которая требует калибровки нескольких параметров, результаты которой зависят от температурной стабильности и стабильности давления в помещении. Бодиплетизмография имеет особые требования к воспроизводимости маневров, а качество измерения зависит от понимания инструкций, усилий, мотивации и сотрудничества пациента с исследователем [9].

Данная работа выполняется с целью разработать новый способ диагностики гиперинфляции легких у больных ХОЗЛ путем применения методики капнометрии.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- оценить, насколько правильно пациенты выполняют маневры обеих методик: бодиплетизмографии и капнометрии;
- рассчитать диагностические критерии и риск гипердиагностики гиперинфляции легких по данным капнометрии;
- определить характеристики капнометрии как диагностического теста гиперинфляции легких;
- ранжировать результаты капнометрии у больных ХОЗЛ с целью разграничения фенотипов этого заболевания.

Капнометрия – это измерение и цифровое отображение концентрации или парциального давления углекислого газа (CO_2) в воздухе, который вдыхает или выдыхает пациент во время дыхательного цикла [15]. Разработка нового диагностического метода проводится с целью обеспечения определенных преимуществ перед уже применяемыми методами. Это такие преимущества как, например, более ранняя, простая для больного, экономная диагностика, способствующие улучшению результатов лечения. Капнометрия имеет ряд преимуществ [17]:

- не имеет противопоказаний;
- неинвазивное выполнение;
- получение результатов в режиме реального времени;
- применение инфракрасного датчика не требует расходных материалов;
- простая, физиологичная процедура, не требует от пациентов

выполнения сложных маневров, не зависит от физических возможностей больного и понимания ним инструкций;

- визуализация графических трендов;
- может применяться во время сна.

Методика капнометрии не требует оборудования высокой стоимости. Капнометры являются составными модулями многих современных спирометрических, кардиореспираторных, полисомнографических комплексов и систем мониторинга в палатах интенсивной терапии.

Материал и методы

Работа выполнена за счет средств государственного бюджета Украины.

Исследование было согласовано с локальным Комитетом по медицинской этике НИФП НАМН, участники были ознакомлены с протоколом исследования и подписали форму информированного согласия на участие в исследовании.

Капнометрия проводилась на комплексе для исследования кардиореспираторной системы «Oxycor Pro» фирмы «Cardinal Health» (Германия). Нами оценивались такие показатели:

- фракционная концентрация углекислого газа в выдыхаемом воздухе на протяжении выдоха, % ($FECO_2\%$);
- объем «мертвого» пространства (доля воздуха, который не принимает участия в газообмене) на единицу массы тела, мл/кг (Vde/w).

Капнометрия является точной методикой. Точность обеспечивается калибровкой прибора стандартной газовой смесью, которую предоставляет производитель оборудования. Согласно ранее опубликованной работе [4], капнометрия характеризуется стабильным коэффициентом вариации при оценке повторяемости результатов методики и демонстрирует высокую воспроизводимость результатов, что позволяет применять этот диагностический метод в клинической практике.

Изучение вентиляционной функции легких проводилось всем пациентам по данным бодиплетизмографии и спирометрии на аппарате «Master Screen PFT» фирмы «Cardinal Health» (Германия) по методике фирмы-производителя [19]. Изучались следующие показатели функции внешнего дыхания:

- объем форсированного выдоха за первую секунду ($ОФВ_1$),
- общая емкость легких (ОЕЛ),
- остаточный объем (ОО),
- функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ),
- емкость вдоха ($E_{вд}$).

Все показатели оценивались в процентном отношении к должным величинам, разработанным Европейским сообществом угля и стали [22].

Накопление данных и их математическая обработка проводилась с помощью лицензионных программных продуктов, входящих в пакет Microsoft Office Professional 2007, лицензия Russian Academic OPEN No Level №43437596. Статистическая обработка выполнялась с помощью математических и статистических возможностей MS Excel. Параметры, изучаемые в данной работе, представлены в виде средней величины (M) и ошибки средней (m) по формуле ($M \pm m$) с последующим сравнением результатов с использованием t-критерия Стьюдента и U-критерия

Таблица 1 – Соотношение результатов диагностического теста и наличия заболевания

Тест	Заболевание			
	есть		нет	
Положительный	Истинно положительный	a	b	Ложноположительный
Отрицательный	Ложноотрицательный	c	d	Истинно отрицательный

Манна–Уитни в зависимости от вида распределения полученных данных. Для оценки риска наличия отдельных признаков среди групп наблюдения рассчитывалось отношение шансов и его 95% доверительный интервал [2], а также оценка частоты явления (нечисловых данных) методом хи-квадрат [7].

Оценка диагностического теста проводилась путем построения «латинского квадрата» или четырехпольной таблицы (табл. 1) [5].

Точность теста (accuracy, A) отображает долю истинных результатов теста в общем их количестве. $A=(a+d)/(a+b+c+d)$.

Чувствительность теста (sensitivity, Se) – это доля истинных положительных результатов у пациентов с определенным заболеванием. $Se=a/(a+c)$.

Специфичность (specificity, Sp) – это доля истинных отрицательных результатов у лиц без заболевания. $Sp=d/(b+d)$.

Прогностическая ценность положительного результата (positive predictive value, +PV) – это вероятность того, что пациент болен, если получен положительный результат диагностического теста, $+PV=a/(a+b)$. Прогностическая ценность отрицательного результата (negative predictive value, -PV) – это вероятность отсутствия заболевания при нормальном результате теста. $-PV=d/(c+d)$.

Отношение правдоподобия (likelihood ratio, LR) – это отношение вероятности данного результата теста у лиц с заболеванием к вероятности такого самого результат у лиц без заболевания. Есть два варианта параметра – для положительного и отрицательного результата.

$$LR+=a/(a+c)/b/(b+d)$$

$$LR-=c/(a+c)/d/(b+d)$$

Для оценки эффективности диагностического теста в классификации субъектов на две категории, например, с положительным или отрицательным результатом, использовался анализ ROC-кривых (Receiver operating characteristic) [21].

Результаты и обсуждение

Диагностика гиперинфляции легких

В исследовании приняли участие 100 больных ХОЗЛ (II, III и IV) стадий [18], а также 35 здоровых лиц (контрольная группа). Всем участникам исследования проведены бодиплетизмография и капнометрия. На первом этапе работы мы оценили, насколько правильно пациенты выполняют маневры обеих методик. Что касается бодиплетизмографии, 14 больных ХОЗЛ не справились с задачей правильно выполнить необходимые маневры, только у 86 больных 86,0±3,5% бодиплетизмография соответствовала критериям правильного ее выполнения. Среди здоровых лиц только 30 из 35 обследованных правильно выполнили маневры бодиплетизмографии, что составляет 85,7±5,9%. Таким образом, у 14% обследованных не удалось получить корректных данных относительно повышенной воздушности легких по данным бодиплетизмографии, независимо от того, присутствуют ли у них заболевания органов дыхания. При проведении капнометрии результаты всех обследований могут приниматься во внимание, так как измерение проводится во время спокойного, привычного для пациента дыхания, не зависит от физических возможностей больного, понимания инструкций, усилий, мотивации и сотрудничества пациента с исследователем. Таким образом, правильность выполнения капнометрии составляет 100,0±3,8%

среди больных ХОЗЛ и 100,0±10,5% среди здоровых лиц, что статистически достоверно ($p<0,05$) превышает этот показатель для бодиплетизмографии.

При оценке результатов обследования каждого отдельного пациента нами выведены определяемые с помощью капнометрии критерии повышенной воздушности легких. Это уровень фракционной концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе на протяжении выдоха менее 3% и значение объема «мертвого» пространства на единицу массы тела больше 2,5 мл/кг.

Для диагностики гиперинфляции легких по данным капнометрии обследовано 30 больных III стадией ХОЗЛ и 30 здоровых лиц. Для анализа отбирались участники, которые правильно выполнили маневры бодиплетизмографии (табл. 2).

Нами было установлено, что при III стадии ХОЗЛ имеют место убедительные признаки гиперинфляции легких – достоверное по сравнению со здоровыми лицами увеличение ОО, ФОЕ, ОЕЛ, снижение $E_{вд}$ при проведении бодиплетизмографии. В то же время показатели капнометрии, которые также характеризуют повышение воздушности легких, достоверно отличались между группами, а их средние показатели соответствовали указанным выше критериям диагностики гиперинфляции легких.

Установление диагностического порога или точки разделения для оценки количественных результатов обследования возможно двумя методами – путем расчета 95% доверительный интервала (ДИ) для полученных данных или с построением ROC-кривой (Receiver operating characteristic) [8]. По результатам нашей работы ДИ для $FECO_2$ составляет 3,3–3,7% у здоровых лиц и 2,7–3,0% у больных. Для Vde/w ДИ составляет 2,0–2,5 мл/кг у здоровых лиц и 2,9–3,4 мл/кг у больных. Таким образом, выбранные нами критерии диагностики гиперинфляции легких соответствуют крайним значениям ДИ у больных ХОЗЛ и здоровых лиц.

Далее нами была построена ROC-кривая для комбинаций интервалов $FECO_2$ (до 2,5%, 3%, 3,5%) и Vde/w (2 мл/кг, 2,5 мл/кг, 3 мл/кг), чтобы выбрать наилучшую точку разделения нормальных и патологических показателей капнометрии в плане диагностики гиперинфляции легких (рис. 1).

Стрелкой указан маркер, наиболее приближенный к левому верхнему углу квадрата, то есть к идеальным параметрам диагностического теста. Эта точка с координатами (0,825; 0,133) соответствует именно тем параметрам, которые положены в основу способа диагностики гиперинфляции легких ($FECO_2$ менее 3% и Vde/w больше 2,5 мл/кг).

Площадь под ROC-кривой (AUC – area under ROC

Таблица 2 – Результаты бодиплетизмографии и капнометрии у обследованных больных

Показатель	Контрольная группа (n = 30)	Больные с III стадией ХОЗЛ (n = 30)	t-критерий	p-значение
ОФV ₁ , %	99,6±1,7	40,3±1,0	30,39	<0,0001*
$E_{вд}$, %	115,7±3,5	80,9±3,5	7,02	<0,0001*
ОО, %	102,9±4,5	196,4±6,7	11,52	<0,0001*
ФОЕ, %	91,6±3,9	151,9±5,6	8,82	<0,0001*
ОЕЛ, %	100,8±2,4	117,0±2,9	4,25	0,0001*
$FECO_2$, %	3,5±0,1	2,8±0,1	5,65	<0,0001*
Vde/w , мл/кг	2,2±0,1	3,2±0,1	5,16	<0,0001*
Примечание. * – статистически достоверная разница между показателями контрольной группы и больных ХОЗЛ				

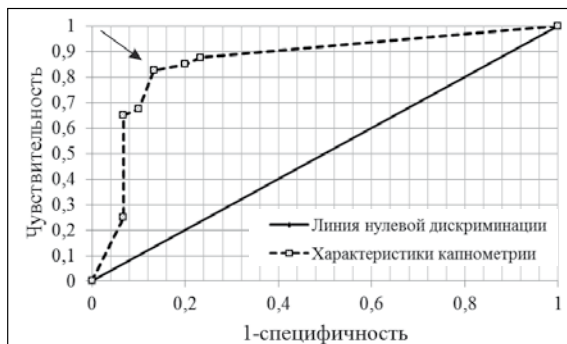


Рисунок 1 – ROC-кривая для показателей капнометрии как метода диагностики гиперинфляции легких

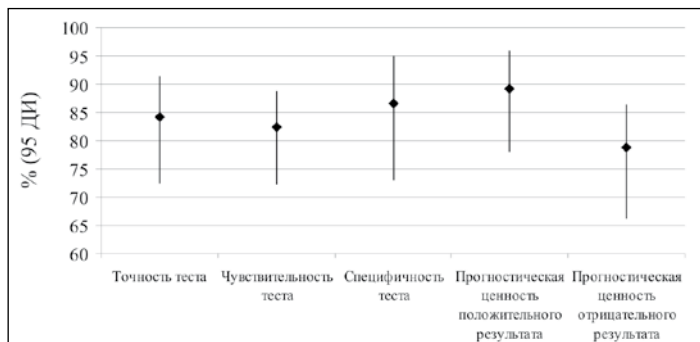


Рисунок 2 – Характеристика капнометрии как диагностического теста гиперинфляции легких

curve) отображает качество диагностического теста, при этом значения 0,9-1,0 соответствуют отличному качеству, 0,8-0,9 – хорошему, 0,7-0,8 – среднему, 0,6-0,7 – неудовлетворительному качеству [33]. По показателю AUC, который в нашей работе составляет 0,868, капнометрия является хорошим тестом для диагностики гиперинфляции легких.

Далее мы провели оценку характеристик диагностического теста для выявления гиперинфляции легких путем построения «латинского квадрата» (табл. 3) [5]. Для этого нами были отобраны результаты обследования больных ХОЗЛ, у которых по данным бодиплетизмографии имели место признаки гиперинфляции легких (увеличение ОО, ФОЕ, ОЕЛ) и здоровых лиц, которые, наоборот, имели нормальные результаты определения легочных объемов. В анализе учтены данные 40 больных ХОЗЛ и 30 здоровых лиц.

В результате нами установлено, что точность теста составляет 84,3%, чувствительность – 82,5%, специфичность – 86,7% (рис. 2).

Таблица 3 – Четырехпольная таблица диагностики гиперинфляции легких по данным капнометрии

Тест (FECO ₂ менее 3% и Vde/w больше 2,5 мл/кг)	Гиперинфляция легких			
	есть		нет	
Положительный	33	a	b	4
Отрицательный	7	c	d	26

Таблица 4 – Интерпретация отношения правдоподобия

LR	Интерпретация
>10	Большое и часто убедительное увеличение вероятности заболевания
5-10	Умеренное увеличение вероятности заболевания
2-5	Малое увеличение вероятности заболевания
1-2	Минимальное увеличение вероятности заболевания
1	Никаких изменений с точки зрения вероятности заболевания
0,5-1,0	Минимальное снижение вероятности заболевания
0,2-0,5	Малое снижение вероятности заболевания
0,1-0,2	Умеренное снижение вероятности заболевания
<0,1	Большое и часто убедительное снижение вероятности заболевания

Для диагностических тестов не существует минимально необходимой величины чувствительности или специфичности [3]. Однако тесты, чувствительности и специфичности которых не достигают 50%, не приемлемы в клинической практике [33]. По высказыванию A.G. Lalkhen в таком случае ценность теста не лучше, чем подбрасывание монеты [21]. В нашем случае чувствительность и специфичность высокие – 82,5 и 86,7%, соответственно. Вся диагностическая деятельность направлена на получение прогностической ценности теста 80% [3]. Для диагностики гиперинфляции легких по данным капнометрии она высока как для положительного результата – 89,2%, так и отрицательного – 78,8%.

Отношение правдоподобия положительного результата у нашего теста составляет 6,19, а отрицательного – 0,2. Интерпретация отношения правдоподобия приведена в таблице 4 [20].

Таким образом, отношение правдоподобия разработанного нами способа диагностики гиперинфляции легких является удовлетворительным для клинического применения.

Мы проанализировали риск выявления признаков гиперинфляции легких у обследованных здоровых лиц по методике вычисления отношения шансов (ОШ) и их доверительных интервалов (ДИ) в пределах 95% (табл. 5).

Для всех показателей (как по данным бодиплетизмографии, так и по данным капнометрии) отношение шансов статистически достоверно, так как их доверительные интервалы не пересекают значения 1,0. Риск выявления признаков гиперинфляции легких у обследованных здоровых лиц с учетом 4 показателей бодиплетизмографии математически обчислить невозможно, так как доверительный интервал риска находится в пределах бесконечности. Риск выявления увеличения легочных объемов у здоровых лиц без учета снижения емкости вдоха составляет 0,0596, а риск выявления признаков гиперинфляции легких у обследованных здоровых лиц по данным капнометрии (0,0625) практически не отличается от такого при применении трех из четырех критериев бодиплетизмографии – (0,0596). Диапазон ДИ для этого показателя при проведении капнометрии (0,2982) на 39,5% меньше, чем для бодиплетизмографии (0,4931), то есть результаты капнометрии являются более стабильными.

Таким образом, способ диагностики гиперинфляции легких у больных ХОЗЛ по данным капнометрии по своей эффективности не уступает бодиплетизмографии и имеет следующие преимущества: повышение точности диагностики за счет более высокой (на 14%) правильности выполнения методики пациентами, меньший риск ложноположительных результатов, отсутствие необходи-

Таблица 5 – Риск наличия признаков гиперинфляции легких у здоровых лиц

Показатель	ОШ	95% ДИ	Диапазон ДИ
Е _{вд} , %	0,0394	0,0047 – 0,3278	0,3231
ОО, %	0,0125	0,0015 – 0,1075	0,1060
ФОЕ, %	0,0222	0,0048 – 0,1027	0,0979
ОЕЛ, %	0,1234	0,0245 – 0,6207	0,5962
FECO ₂ , %	0,0891	0,0246 – 0,3231	0,2985
Vde/w, мл/кг	0,1	0,0294 – 0,3401	0,3107
FECO ₂ , % + Vde/w, мл/кг	0,0625	0,0126 – 0,3108	0,2982
ОО, % + ФОЕ, % + ОЕЛ, %	0,0596	0,0071 – 0,5002	0,4931
ОО, % + ФОЕ, % + ОЕЛ, % + Е _{вд} , %	0	0 – ∞	∞

Таблица 6 – Результаты бодиплетизмографии и капнометрии у обследованных больных в зависимости от фенотипа ХОЗЛ

Показатель	Эмфизематозный фенотип (n = 46)	Смешанный фенотип (n = 17)	Бронхитический фенотип (n = 37)
ОФВ ₁ , %	37,2±1,8	45,3±3,5*	52,8±2,7&
Е _{вд} , %	77,0±2,8	79,2±7,1	86,5±4,9
ОО, %	204,1±8,9	187,8±12,0	152,6±7,2&#
ФОЕ, %	158,7±6,1	149,8±10,6	113,0±6,1&#
ОЕЛ, %	118,9±3,6	117,2±4,6	101,1±2,4&#
Минимальная FECO ₂ , %	2,11	3,01	3,31
Максимальная FECO ₂ , %	2,95	3,25	5,07
FECO ₂ , %	2,6±0,1	3,1±0,1*	3,8±0,1&#
FETCO ₂ , %	4,4±0,1	5,0±0,1*	5,6±0,1&#

Примечания: * – статистически достоверная разница между показателями эмфизематозного и смешанного фенотипов, p<0,05; & – статистически достоверная разница между показателями эмфизематозного и бронхитического фенотипов, p<0,01; # – статистически достоверная разница между показателями смешанного и бронхитического фенотипов, p<0,01

мости в проведении длительных, методически сложных и дорогостоящих исследований.

Диагностика фенотипов ХОЗЛ

На следующем этапе работы мы рассмотрели, как можно ранжировать результаты капнометрии у больных ХОЗЛ с целью разграничения фенотипов этого заболевания. При ХОЗЛ имеет место значительное разнообразие клинических симптомов, при этом значение ОФВ₁ не может адекватно объяснить эту гетерогенность, что привело к разграничению фенотипов ХОЗЛ [26]. По классическому определению фенотип – это видимые структурные и функциональные признаки организма, обусловленные генотипом и сформировавшиеся под влиянием окружающей среды. С точки зрения клинической перспективы фенотип ХОЗЛ – это выделение групп похожих больных с целью выбора индивидуального подхода к терапии, формирования прогнозов, оценки клинических последствий [13].

Около 50-ти лет назад были выделены эмфизематозная и бронхитическая формы ХОЗЛ. Эмфизема – это постоянное увеличение дыхательных пространств периферически от терминальных бронхиол, которое сопровождается деструкцией их стенок без выраженного фиброза [11]. Больные на эмфизематозную форму жалуются на

одышку в покое и при физической нагрузке, сухой кашель. Течение заболевания сопровождается потерей массы тела, легочной гиперинфляцией, нарушением диффузионной способности легких, дыхательной недостаточностью, снижением переносимости физических нагрузок.

Под хроническим бронхитом понимают наличие кашля с продукцией мокроты на протяжении большинства дней месяца минимум в течение 3 месяцев в году за предыдущие 2 года [27]. При бронхитической форме ХОЗЛ имеет место постоянная гиперсекреция мокроты, это тучные больные с диффузным цианозом, отеками. Заболевание осложняется развитием легочного сердца, полицитемией, гиперкапнией и характеризуется более высокой смертностью. Для больных с гиперкапнией присуще нарушение функции почек [10].

Больные с эмфиземой и хроническим бронхитом по-разному отвечают на проведение стандартной бронхолитической терапии и требуют дифференцированного подхода при необходимости коррекции лечения, вот почему мы поставили задачу ранжировать результаты капнометрии у больных ХОЗЛ с целью разграничения фенотипов этого заболевания.

В вышеизложенном материале было показано, что уровень фракционной концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе на протяжении выдоха менее 3% является критерием гиперинфляции легких, следовательно, это значение применимо для характеристики эмфизематозного фенотипа заболевания. Далее нами было установлено, что уровень данного показателя выше 3,3% соответствует бронхитическому фенотипу ХОЗЛ, а при значении FECO₂ от 3 до 3,3% имеет место смешанный фенотип ХОЗЛ.

Для разграничения фенотипов ХОЗЛ по данным капнометрии обследовано 100 больных ХОЗЛ (табл. 6).

Нами было установлено, что больные с эмфизематозным фенотипом ХОЗЛ имеют убедительные признаки гиперинфляции легких – достоверное (p<0,01) по сравнению с больными с бронхитическим фенотипом

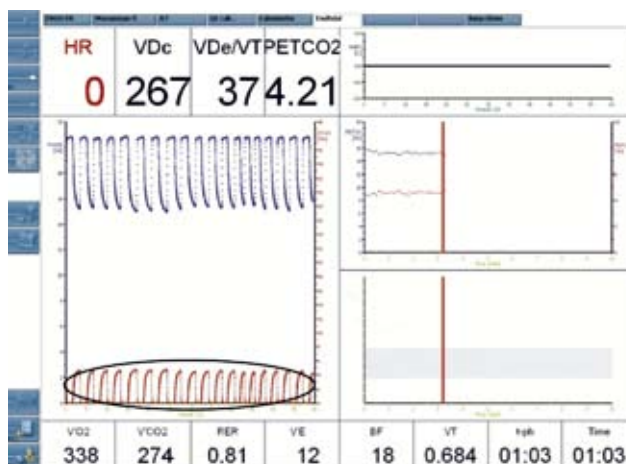


Рисунок 3 – Кривая капнометрии больного с эмфизематозным фенотипом ХОЗЛ

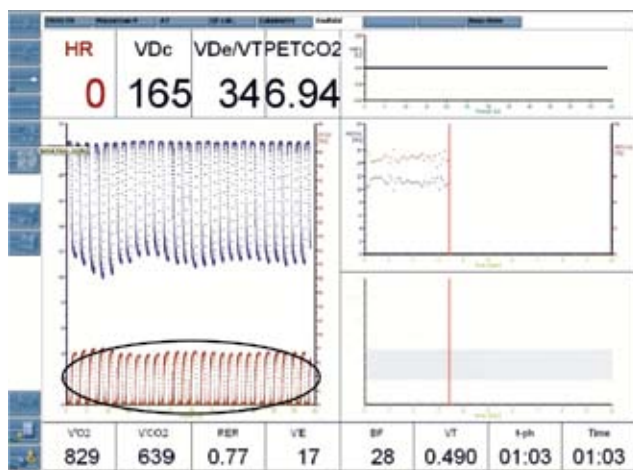


Рисунок 4 – Кривая капнометрии больного с бронхитическим фенотипом ХОЗЛ

увеличение OO – ($204,1 \pm 8,9$)%, $ФОЕ$ – ($158,7 \pm 6,1$)%, $ОЕЛ$ – ($118,9 \pm 3,6$)% при проведении бодиплетизмографии и снижение $E_{вд}$ – ($77,0 \pm 2,8$)%. В то же время показатели капнометрии, которые также характеризуют увеличение воздушности легких, достоверно отличались между группами, а их средние показатели соответствовали критериям, положенным в основу способа дифференциальной диагностики фенотипов ХОЗЛ по данным капнометрии.

На рисунке 3 проиллюстрированы графические тренды капнометрии больного с эмфизематозным фенотипом ХОЗЛ. Кривая капнометрии при этом имеет низкую амплитуду колебаний.

На рисунке 4 представлено изображение монитора при обследовании больного с бронхитическим фенотипом ХОЗЛ. Кривая капнометрии при этом имеет высокую амплитуду колебаний, практически вдвое превышающую такую в предыдущем примере. Кроме того, у этого больного имеет место гиперкапния с парциальным давлением углекислого газа в выдыхаемом воздухе в конце выдоха 6,94 кПа и тахипноэ – 28 дыхательных движений в минуту.

Таким образом, во время выполнения диагностической процедуры врач-исследователь буквально видит на мониторе не только признаки гиперинфляции легких, но и получает ценную информацию о возможном грозном осложнении ХОЗЛ – гиперкапнии, которая является фактором риска смерти больных [32].

Выводы

- правильность выполнения капнометрии пациентами на 14% превышает этот показатель для бодиплетизмографии;

- при уровне фракционной концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе на протяжении выдоха менее 3% и значении объема «мертвого» пространства на единицу массы тела больше 2,5 мл/кг диагностируют гиперинфляцию легких по данным капнометрии. При этом риск гипердиагностики на 39,5% меньше, чем для методики бодиплетизмографии;

- точность диагностики гиперинфляции легких по данным капнометрии составляет 84,3%, чувствительность – 82,5%, специфичность – 86,7%;

- при уровне FE_{CO_2} менее 3% диагностируют эмфизематозный фенотип ХОЗЛ, уровень данного показателя выше 3,3% соответствует бронхитическому фенотипу ХОЗЛ, а при значении FE_{CO_2} от 3 до 3,3% имеет место смешанный фенотип ХОЗЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Авдеев, С. Н. Легочная гиперинфляция у больных ХОЗЛ / С.Н. Авдеев // *Consil. Med.* – 2006. – Т.8, №3. – С. 21–28
- 2 Бабич, П.Н. Применение современных статистических методов в практике клинических исследований. Сообщение третье. Отношение шансов, понятие, вычисление, интерпретация / П.Н. Бабич, А.В. Чубенко, С.Н. Лапач // *Укр. мед. часопис.* – 2005. – №2(40). – С. 113–119
- 3 Власов В.В. Изучение методов диагностики / В.В. Власов // *Международный журнал медицинской практики.* – 2006. – №4. – С. 7–17
- 4 Ішук С.Г. Характеристика капнометрії як методу діагностики порушень газообміну у хворих на ХОЗЛ / С.Г. Ішук // *Астма та алергія.* – 2012. – №3. – С. 28–33
- 5 Москаленко В.Ф. Методологія діагностики та доказовий підхід, або доказова діагностика / В.Ф. Москаленко, О.Г. Пузанова // *Therapia. Український медичний вісник.* – 2011. – №6. – С. 20–26
- 6 Покровский В.М. Физиология человека: учебное пособие для студентов медицинских вузов / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2007. – 656 с.
- 7 Применение современных статистических методов в практике клинических исследований. Сообщение первое. Сравнение двух пропорций / А.В. Чубенко [и др.] // *Укр. мед. часопис.* – 2003. – №4(36). – С. 139–143
- 8 Яшина Л.А. Как сохранить функцию легких и избавить больных от одышки при ХОЗЛ? / Л.А. Яшина // *Здоров'я України.* – 2007. – №18. – С. 30–31
- 9 Bodyplethysmography: 2001 Revision & Update / AARC Clinical Practice Guideline // *Respiratory care.* – 2001. – Vol. 46(5). – P. 506–513
- 10 Calverley, P.M.A. Chronic obstructive pulmonary disease: symptoms and signs / P.M.A. Calverley, D. Georgopoulos // *Eur. Respir. Mon.* – 2006. – Vol. 38. – P. 7–23
- 11 Celli B.R. Chronic obstructive pulmonary disease phenotypes and their clinical relevance / B.R. Celli // *Proc. Am. Thorac. Soc.* – 2006. – Vol. 3. – P. 461–466
- 12 Ceriana P. Hypoxic and hypercapnic respiratory failure / P. Ceriana, S. Nava // *Eur. Respir. Mon.* – 2006. – Vol. 36. – P. 1–15
- 13 Chronic obstructive pulmonary disease phenotypes the future of COPD / M. K. Han [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2010. – Vol. 182. – P. 598–604
- 14 Daily physical activity in patients with chronic obstructive pulmonary disease is mainly associated with dynamic hyperinflation / F. Garcia-Rio [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2009. – Vol. 180. – P. 506–512
- 15 D'Mello, J. Capnography / J. D'Mello, M. Butani // *Indian. J. Anaest.* – 2002. – Vol. 46(4). – P. 269–278
- 16 Dynamic hyperinflation during daily activities: does COPD Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease stage matter? / J. D. C. Hannink [et al.] // *Chest.* – 2010. – Vol. 137(5). – P. 1116–1121
- 17 Expiratory capnography in asthma: evaluation of various shape indices / B. You [et al.] // *Eur. Respir. J.* – 1994. – Vol. 7. – P. 318–323
- 18 Global initiative for chronic obstructive pulmonary disease revised 2011 / GOLD executive committee, GOLD science committee. – 2011. – 90 p.
- 19 Goldman M.D. Whole-body plethysmography / M.D. Goldman, H.J. Smith, W.T. Ulmer // *Eur. Respir. Mon.* – 2005. – Vol. 31. – P. 15–43
- 20 Hayden S.R. Likelihood ratio: a powerful tool for incorporating the results of a diagnostic test into clinical decision making / S.R. Hayden, M.D. Brown // *Ann. Emerg. Med.* – 1999. – Vol. 33. – P. 575–80

21 Lalkhen A.G. Clinical tests: sensitivity and specificity / A.G. Lalkhen, A. McCluskey // Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain. – 2008. – Vol. 8(6). – P. 221–223

22 Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society / P.H. Quanjer [et al.] // Eur. Respir. J. Suppl. – 1993. – Vol. 16. – P. 5–40

23 Mostafa MMS. Role of the chest radiography, spirometry, and high resolution computed tomography in the early diagnosis of the emphysema / MMS Mostafa // Egypt J. Radiol. Nucl. Med. – 2010. – Vol. 41(4). – P. 509–515

24 O'Donnell D. E. Dynamic lung hyperinflation and its clinical implication in COPD / D. E. O'Donnell // Rev. Mal. Respir. – 2009. – Vol. 26. – P. e19–29

25 O'Donnell D.E. Hyperinflation, dyspnea, and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease / D.E. O'Donnell // Proc. Am. Thorac. Soc. – 2006. – Vol. 3. – P. 180–184

26 Postma D.S. The natural history of chronic obstructive pulmonary disease / D.S. Postma, H.M. Boezen // Eur. Respir. Mon. – 2006. – Vol. 38. – P. 71–83

27 Predominant emphysema phenotype in chronic obstructive pulmonary disease patients / P. Boschetto [et al.] // Eur. Respir. J. – 2003. – Vol. 21. – P. 450–454

28 Puente-Maestu, L. Hyperinflation and its management in COPD / L. Puente-Maestu, W. W. Stringer // International Journal of COPD. – 2006. – Vol. 1(4). – P. 381–400

29 Pulmonary Function Tests in Clinical Practice / A. Altalag [et al.] // DOI: 10.1007/978-1-84882-231-3_1, © Springer-Verlag London Limited. – 2009. – P. 285

30 Standardisation of the measurement of lung volumes / J. Wanger [et al.] // Eur. Respir. J. – 2005. – Vol. 26. – P. 511–522

31 Static Lung Volumes: 2001 Revision & Update / AARC Clinical Practice Guideline // Respiratory care. – 2001. – Vol. 46(5). – P. 531–539

32 Survival of chronic hypercapnic COPD patients is predicted by smoking habits, comorbidity, and hypoxemia / T.A.C. Nizet [et al.] // Chest. – 2005. – Vol. 127. – P. 1904–1910

33 Wang N. Sensitivity, Specificity, Accuracy, Associated Confidence Interval And ROC Analysis With Practical SAS Implementations / N. Wang, N. N. Zeng, W. Zhu // Health Care and Life Sciences. – 2010. – Vol. 14. – P. 32–39

ТҰЖЫРЫМ

Ю.И. ФЕЩЕНКО, Л.А. ЯШИНА, С.Г. ОПИМАХ

«Украинаның НАМН Ф.Г. Яновскийдің атындағы ұлттық фтизиатрия және пульмонология институты» Мемлекеттік мекеме (НИФП НАМН), Киев қ., Украина

СОЗЫЛМАЛЫ ОБСТРУКТИВТІ ӨКПЕ АУРУЫ-МЕН СЫРҚАТТАНУШЫЛАРДЫҢ ӨКПЕСІНІҢ ГИПЕРИНФЛЯЦИЯСЫН ДИАГНОСТИКАЛАУДАҒЫ КАПНОМЕТРИЯНЫҢ РӨЛІ

Негіздемесі. Өкпенің гиперинфляциясын диагностикалау үшін бодиплетизмография қолданылады, алайда бұл күрделі әрі қымбат әдістеме. Біз ХОЗЛ сырқаттанушылардың өкпе гиперинфляциясын бағалау үшін қосымша диагностика әдістерінің, атап айтқанда капнометрияның қолданылу мүмкіндігіне қызығушылық таныттық.

Бұл жұмыстың мақсаты капнометрия әдістемесін қолдану арқылы ХОЗЛ сырқаттанушылардың өкпе гиперинфляциясын диагностикалаудағы жаңа тәсілді жасап шығару болып табылады.

Нәтижелері. (II, III және IV) дәрежедегі 100 ХОЗЛ сырқаттанушы, сонымен қатар 35 дені сау тұлға зерттелді.

Тек (86,0±3,5% сырқаттанушының бодиплетизмографиясы дұрыс орындау критерийіне сәйкес келді, ал капнометрия – барлық (100,0±3,8)% сырқаттанушыда сәйкес келді. Дем шығарған уақыттағы шығатын ауаның құрамындағы көмірқышқыл газының бөлшектік концентрациясының деңгейі 3%-дан кем болғанда және бір бірлік дене салмағынша «өлі» кеңістік көлемінің мәні 2,5 мл/кг артық болғанда сезімталдығы 82,5% және айрықшылығы 86,7% өкпе гиперинфляциясы диагностикаланады. Бодиплетизмографияны орындау кезіндегі дені сау тұлғалардың өкпесіндегі гиперинфляцияны анықтау қауіп-қатері 0,0596 құрайды, ал капнометрия деректері бойынша – 0,0625 құрайды. Капнометрияны жүргізген кездегі осы көрсеткіш үшін ДИ диапазоны – 0,2982, ал бодиплетизмография үшін – 0,4931.

Қорытынды. Капнометрия – ХОЗЛ сырқаттанушыларды бақылауға арналған қосымша диагностикалық әдістеме, оның дұрыс орындалуы бодиплетизмографиядан 14%-ға артық. Капнометрия гипердиагностика қауіп-қатерін 39,5%-ға төмендете отырып өкпе гиперинфляциясын диагностикалау мүмкіндігін және FECO₂ деңгейі кемінде 3% болғанда ХОЗЛ эмфизематозды фенотипін, FECO₂ мәні 3 – 3,3% аралығында болғандағы ХОЗЛ аралас фенотипін және FECO₂ 3,3%-дан артық болған кезде бронхтық фенотипті шектеу мүмкіндігін береді.

Негізгі сөздер: созылмалы обструктивті өкпе ауруы, капнометрия.

SUMMARY

Y.I. FESHCHENKO, L.A. YASHIN, S.G. OPIMAKH

State organization "National institute of phthysiology and pulmonology named after F.G. Yanovsky National Academy of medical sciences of Ukraine" (NIPhP NAMS)

THE ROLE OF CAPNOMETRY IN LUNG HYPERINFLATION DIAGNOSIS IN CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE PATIENTS

Background: Bodyplethysmography is used for lung hyperinflation diagnosis, but it is a difficult and expensive procedure. We are interested in the possibility of using additional methods of diagnosis, in particular capnometry to assess lung hyperinflation in COPD patients.

The purpose of the study: This study aimed to develop a new way the lung hyperinflation diagnosis in COPD patients with the use of capnometry.

Methods: Bodyplethysmography, capnometry.

Results: A total of 100 COPD patients (stage GOLD II, III, IV) and 35 healthy persons were enrolled. The bodyplethysmography meet the criteria of proper its implementation only at (86,0±3,5)% of patients, but capnometry – for all (100,0±3,8)% of patients. At the level of the fractional concentration of carbon dioxide in exhaled air during exhalation less than 3% and the value of the amount of "dead" space per unit of body weight greater than 2,5 ml/kg diagnose lung hyperinflation with a sensitivity of 82,5% and specificity of 86,7%. The risk of lung hyperinflation detection in healthy individuals by bodyplethysmography is 0,0596, and according to capnometry – 0,0625. CI range for this indicator during capnometry – 0,2982, and for the bodyplethysmography – 0,4931.

Conclusions: Capnometry – an additional diagnostic tool for monitoring COPD patients, accuracy of which 14 % higher than bodyplethysmography. Capnometry allow to lung hyperinflation diagnose with a reduced risk of overdiagnosis by 39,5% and to differentiate emphysema phenotype of COPD in FECO₂ level of less than 3%, bronchitis phenotype in FECO₂ above 3,3%, and a mixed phenotype of COPD at the value FECO₂ from 3 to 3,3%.

Key words: chronic obstructive pulmonary disease, lung hyperinflation, capnometry.